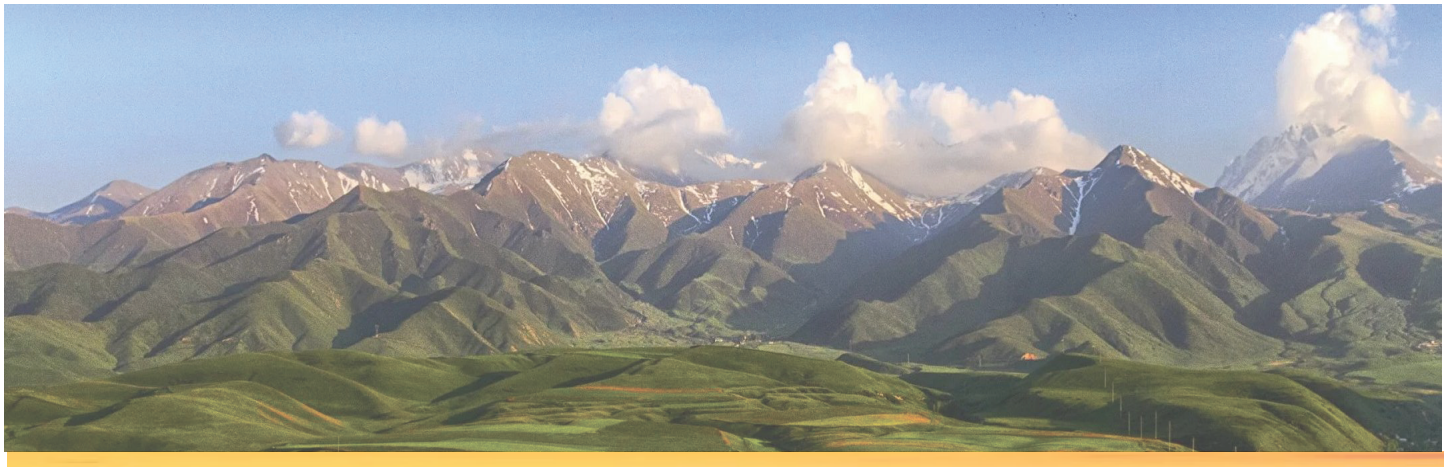


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК В Г. БИШКЕКЕ (НС РАН)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР -
ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН (МНИЦ - ГП)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

XI ЕЖЕГОДНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ
ТОМ 1

24 - 26 апреля 2019 года
г. Бишкек



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК В Г. БИШКЕКЕ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР –
ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН**

**XI МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ**

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

**Сборник материалов
XI Международной конференции молодых ученых и студентов**

Том 1

**24-26 апреля 2019 года
г. Бишкек**

УДК 001
ББК 30.6
С56

Ответственный редактор:
Забинякова О.Б.

Редакционная коллегия:
Баталева Е.А., Воронцова Е.В., Имашев С.А., Карабут Н.В., Кульков Д.С., Лашин О.А., Лисимов М.О., Матюков В.Е., Морозова Л.Е., Мухамадеева В.А., Саламатина Ю.М., Чешев М.Е.

С56 Современные техника и технологии в научных исследованиях: Сб. материалов XI Междунар. конф. молодых ученых и студентов. В 2 т. Т. 1. – Бишкек: НС РАН, 2019. – 417 с.

ISBN 978-9967-12-794-4

В данный сборник включены материалы XI Международной конференции молодых ученых и студентов «Современные техника и технологии в научных исследованиях», которая была проведена Научной станцией РАН и Международным научно-исследовательским центром – геодинамическим полигоном в г. Бишкеке. В сборнике представлены работы молодых ученых и студентов из России, Киргизии, Узбекистана, Казахстана, Таджикистана, Украины и США, охватывающие исследования в области мониторинга геосреды, физики и механики горных пород, оценки сейсмического и геологического риска, математического моделирования различных процессов и других научных направлений.

Сборник может быть полезен студентам, аспирантам и специалистам, занимающимся исследованиями в области наук о Земле, механики, прикладной математики и программной инженерии.

Утверждено к печати Ученым советом
ФГБУН НС РАН в г. Бишкеке

УДК 001
ББК 30.6

С 1401030000-19
ISBN 978-9967-12-794-4

©ФГБУН Научная станция РАН в г. Бишкеке

©Международный научно-исследовательский центр - геодинамический полигон в г. Бишкеке

© Коллектив авторов, 2019

Геофизический мониторинг и геоинформационные системы

УДК 550.343.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАДОНА В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Абдуллаев А.У., Сексенбаева И.Х.
indira_vs@mail.ru
Институт сейсмологии, г. Алматы, Республика Казахстан

Поиски связей между пространственно-временными вариациями радона в почвенном воздухе и подземных водах с изменениями напряженно-деформационного состояния геосреды имеет прямое отношение к пониманию динамики процесса подготовки сильных землетрясений и к вопросам их прогнозирования.

Ключевые слова: радон, радиоактивность, изотопы, мониторинг, предвестники, прогноз землетрясения.

Введение. Как известно [1], радон является наиболее распространенным и в то же время достаточно хорошо изученным элементом в цепочке радиоактивного распада. Радон – инертный радиоактивный одноатомный газ без цвета и запаха. Его наиболее стабильный изотоп ^{222}Rn имеет период полураспада 3,82 суток. Радон лучше других инертных газов растворяется в воде и обладает растворимостью 460 мл/л. Радон в 110 раз тяжелее водорода и в 7 с лишним раз тяжелее воздуха. Один литр этого газа весит около 9,9 г. При охлаждении до минус 62°С радон сгущается в жидкость, которая в 7 раз тяжелее воды. Температура замерзания радона составляет минус 71°С. Собственная радиоактивность радона вызывает его флюоресценцию. Газообразный и жидкий радон флюоресцирует голубым светом, при охлаждении у твердого радона цвет флюоресценции становится сперва желтым, затем красно-оранжевым [1–5].

Все изотопы радона радиоактивны. В настоящее время известно 35 изотопов радона с массовыми числами от 195 до 229 и периодами полураспада от 10^{-6} с до 3,82 суток. Четыре изотопа радона встречаются в природе, входя в природные радиоактивные ряды: ^{222}Rn и ^{218}Rn входят в ряд ^{238}U; ^{220}Rn – в ряд ^{232}Th; ^{219}Rn – в ряд ^{235}U. Эти природные изотопы являются дочерними продуктами альфа-распада изотопов радия. В этой цепи, как уже отмечалось, наиболее стабильным является изотоп ^{222}Rn, являющийся дочерним продуктом распада изотопа радия ^{226}Ra. В химии изотопы радона часто называют эманациями [1-5]. Надо сказать, что среди этих изотопов радона наиболее устойчивы три – актиний (^{219}Rn) , торон (^{220}Rn) и радон (^{222}Rn) с периодом полураспада ^{219}Rn $T_{1/2}$=3,96 с; ^{220}Rn $T_{1/2}$=55,6 с; ^{222}Rn $T_{1/2}$=3,82 суток. Именно с последним изотопом с периодом полураспада 3,82 суток связан его мониторинг для изучения процесса по активизации землетрясения, т.к. время его распада укладывается в стабильную регистрацию для отслеживания в различных фазах.

Земная кора содержит альфа-бета-активные уран (^{238}U) и торий (^{232}Th), которые являются родоначальниками радиоактивных семейств радионуклидов рядов урана и ряда тория. Радон распадается, испуская альфа-частицу с энергией 5,49 МэВ и образуя ряд дочерних продуктов распада (ДПР). ДПР отличаются от радона химической природой, массой, меньшим периодом полураспада и наличием электрического заряда. Если радон является инертным газом, то ДПР имеют положительный заряд и могут притягиваться и прилипать к пылинкам в воздухе, образуя радиоактивные аэрозоли. Эманации и продукты их распада поступают в атмосферу из почвы, горных пород, вод подземных источников и распространяются в атмосфере с воздушными течениями и путем диффузии. С высотой концентрация эманации уменьшается из-за распада.

Концентрация радона в воздухе зависит, в первую очередь, от геологической обстановки так, граниты, в которых много урана, являются активными источниками радона, в

то же время над поверхностью морей радона мало. Также концентрация радона зависит от погоды – во время дождя микротрещины, по которым радон поступает из почвы, заполняются водой; снежный покров также препятствует доступу радона в воздух [3,6-8].

Радон в подземных водах. Радон хорошо растворяется в воде, и поэтому он содержится во всех природных водах, причем в глубинных водах его, как правило, заметно больше, чем в поверхностных водостоках и водоемах. Например, в подземных водах его концентрация может изменяться от 4-5 Бк/л до 3-4 МБк/л, то есть в миллион раз. В водах озер и рек концентрация радона редко превышает 0,5 Бк/л, а в водах морей и океанов - не более 0,05 Бк/л. Радон попадает из вод в атмосферу за счет процессов эксхаляции – дегазации с выносом радона из воздушных пузырьков, содержащихся в воде, в атмосфере. Наиболее интенсивно этот процесс происходит при разбрызгивании, испарении и кипении воды [7-11].

Величины, которые характеризуют почвы как источник радона, являются плотность потока радона (ППР) из поверхности и объемная активность (ОА) радона в почвенном воздухе. ППР весьма существенно зависит от погодных условий – влажности и проницаемости почвы, потому измерить ППР удается не всегда (зима, дождь).

Радон в приземной атмосфере. Доступность почвенного радона определяется температурой атмосферного воздуха и атмосферным давлением. Объемная активность радона в почвенном воздухе наиболее характерна на глубине 0.8-1.0 метра. Среднее содержание радона в воздухе приземной атмосферы составляет приблизительно 3.7 Бк/м^3 [6,12-15].

Значение радона в изучении современных быстропротекающих геодинамических процессов. Поиски связи между содержанием радона в почвенном воздухе и изменениями напряженно-деформационного состояния геосреды на последней стадии подготовки сильных землетрясений усиленно исследуются в течение последних 40 лет во всех сейсмоактивных регионах Земли [6,11-17]. Многими исследователями было установлено, что перед землетрясениями наблюдалось повышение концентрации радона в воздухе, вероятно, благодаря более активному обмену воздуха в грунте ввиду роста микросейсмической активности.

Проблема прогноза сильных землетрясений, находясь в центре внимания наук о Земле, до сих пор остается нерешенной. Сегодня известны более двух сотен предвестников различной природы [17,18]. Исследователи между тем испытывают большие трудности в соотношении характеристик этих предвестников и определении параметров будущих землетрясений. Сложность исследования здесь состоит в том, что предвестники имеют самую различную природу, и они проявляются весьма непостоянно и не везде, и не перед каждым отдельным событием.

В настоящее время общепринято, что землетрясения имеют достаточно продолжительный период подготовки [18]. Это позволяет надеяться, что динамика процесса может быть отслежена во времени, чтобы определить заблаговременно его предвестники, которые проявляются неустойчиво и при этом могут варьировать в широких пределах - от проявления в самом начале процесса до проявления непосредственно перед событиями. Топология и амплитуда предвестников также может быть совершенно различной, что делает практически достаточно трудным их выявление и сопоставление с будущими землетрясениями.

Попытки прогнозирования землетрясений начались давно, при этом изучались различные методы наблюдений во многочисленных сейсмоактивных районах мира. Разрабатываются различные методы, создают специальные полигоны, виды и мультипараметры. Общепринято понимать, что прогноз должен выявлять три основных параметра будущего события: 1) место, 2) время, 3) энергия (магнитуда) ожидаемых землетрясений.

Для решения этих задач необходимо исследовать и отследить весь процесс его подготовки. При проведении достаточно длительного мониторинга по выявлению различных стадий процесса подготовки сейсмического события предполагается, что само событие можно

будет прогнозировать с некоторой точностью, с вероятностью до 0,7 (о чем говорят результаты мировых исследований).

Примеры аномалий радона в подземных водах, возникших перед землетрясениями показаны на рисунках 1 и 2.

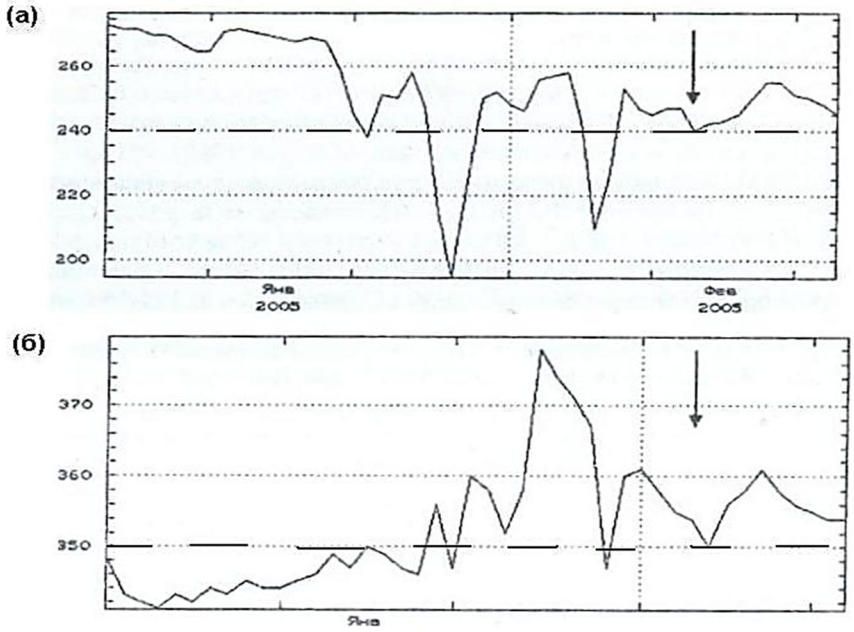


Рисунок 1 – Аномальные вариации объемной концентрации радона (ОКР) в воде ст.Горельник в зоне растворения (а) и ст.Калкан в зоне сжатия (б) накануне землетрясения 14.02.05 К=14.6, R=130 км (Казахстан)

Уникальные свойства радона для прогнозирования землетрясений. Выше мы неоднократно отметили, что естественный радиоактивный газ радон, из-за своих теоретических особенностей, является оптимальным индикатором при различных геодинамических исследованиях. Данное свойство заключается в следующем: радон как радиогенный газ непрерывно генерируется в горных породах, то есть всегда присутствует в любом горном массиве, и уменьшение его концентрации за счет миграции из массива в воздух постоянно компенсируется новой генерацией этого газа. Поэтому, среднее содержание радона в массиве всегда постоянно и определяется концентрацией урана (радия) в этом массиве. За счет проницаемости верхней части массива восходящими газовыми струями перенос радона может осуществляться с глубин до 200 м. Несмотря на то, что содержание радона в этих потоках составляет ничтожные доли, проблем с его регистрацией не возникает при наличии приблизительно 30–50 распадов в секунду в одном кубическом метре, ввиду его радиоактивности, то есть активность радона составляет 30-50 Бк/м^3. Это значит, что в одном кубическом метре содержится $(0,2\text{-}0,3)\cdot 10^7$ атомов радона.

Подготовка землетрясения, фиксируемая по динамике выделения радона (см. рис 1,2), начинается за 3-4 месяца до сейсмического события и особенно четко проявляется за 1-2 недели до землетрясения. Резкое увеличение содержания радона (в 8-10 раз), предшествующее горному удару, начинается за 1,5-3 дня до момента удара будущего эпицентра. Удар следует после прохождения максимума концентрации радона во времени. После сильного Ташкентского землетрясения (К=13), произошедшего в 1966 году [15,16], учеными Республики Узбекистан было сделано открытие №129 о том, что перед землетрясением в подземных водах концентрация радиоактивного газа Радон резко увеличивается. На материалах измерения радона в воде, в скважине ташкенских минеральных вод была составлена картина развития деформационной предвестниковой аномалии, отраженных в динамике радонового поля [16].

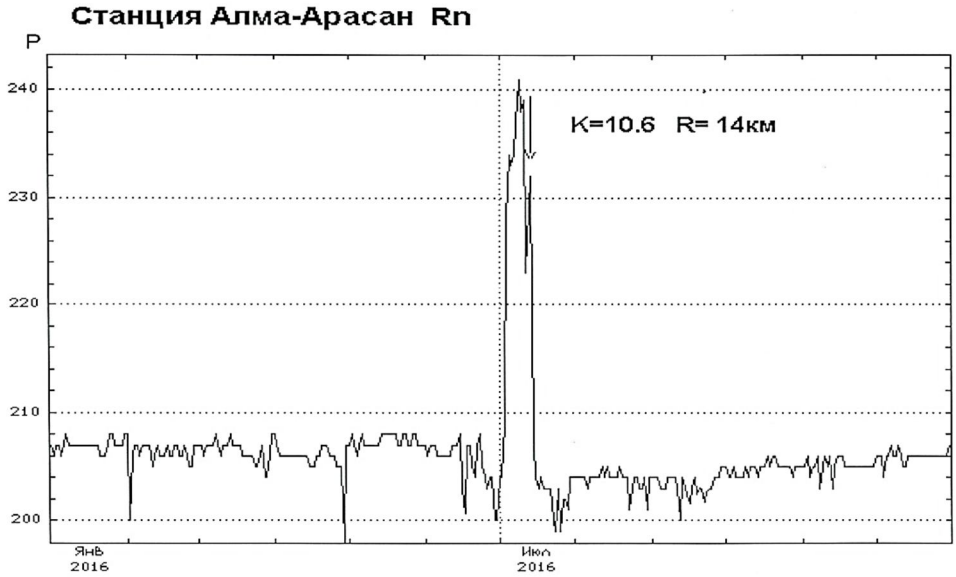


Рисунок 2 – Проявление импульсной радоновой аномалии в очаговой зоне землетрясения в июле 2016 г. в термальной воде на ст. Алма-Арасан (Казахстан)

Заключение. Использование данных гидрогеохимического, особенно радонового мониторинга, позволяет изучить процесс подготовки землетрясения более детально и разработать на этой основе методику его прогноза в средне- и особенно краткосрочном времени.

Результаты многочисленных экспериментальных наблюдений показали, что аномальные вариации радона Rn^{222} в воде и в почвенном воздухе возрастает с глубиной отбора и измерения пробы. Использование данного мониторинга в сейсмоактивных районах для прогнозирования землетрясения представляется наиболее перспективным направлением.

Литература

1. Химическая энциклопедия / Редкол.: Кнунянц И.Л. и др. Т. 4 (Пол-Три). М.: Сов. Энцикл. 1995. 639 с.
2. Баранов В.И. Радиометрия. М.: Изд-во АН СССР. 1965. 343 с.
3. Бабушкин В.Е., Жилин В.А. Радон, как радиационный и геофизический фактор // День Земли: экология и образование. Материалы III междунар. межвуз. конф. 1997. Бийск: НИЦ БиГПИ. 1998. С. 200-202.
4. Сисигина Т.И. Измерения эксхаляции радона с поверхности горных пород // Вопросы ядерной метеорологии. М.: Госатомиздат, 1962. С. 104-111.
5. Сисигина Т.И. Эксхаляция радона с поверхности нескольких типов почв европейской части СССР и Казахстана // Радиоактивные изотопы в атмосфере и их использование в метеорологии. М.: Атомиздат, 1965. С. 40-48.
6. Рудаков В.П. Мониторинг напряженно-деформированного состояния пород сейсмоактивного района эманационным методом // Геохимия. 1986. № 9. С. 1337-1342.
7. Новиков Г.Ф. Радиометрическая разведка. Л.: Наука. 1989. 407 с.
8. Шулейкин В.Н., Резниченко А.П., Пущина Л.В. О связях метана, водорода и радона почвенного воздуха // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы: Материалы Всерос. конф. М.: ГЕОС. 2008. С. 544-547.
9. Шулейкин В.Н. Радон почвенного и атмосферного воздуха и дегазация Земли. Георесурсы и геоэнергетика. Геополитика. М.: Институт проблем нефти и газа РАН (ИПНГ РАН). 2010. С. 4-7.
10. Уткин В.И. Газовое дыхание Земли // Соросовский Образовательный Журнал. 1997. №1. С. 57–64.

11. Уткин В.И., Юрков А.К. Динамика выделения радона из массива горных пород как краткосрочный предвестник землетрясения // Докл. РАН. 1998. Т. 358. № 5. С. 675–680.
12. Войтов Г.И., Попов Е.А. Геохимический прогноз землетрясений // Природа. 1989. № 12. С. 60-64.
13. Абдуллаев А.У. Флюидный режим земной коры как отражение современных геодинамических процессов. Алматы: Эверо. 2002. 352 с.
14. Абдуллаев А.У. Активный геохимический и гидрогеологический мониторинг сейсмической активности Алматинского мегаполиса // Снижение сейсмического риска зданий и сооружений г. Алматы при сильных землетрясениях. Сб. докл. Алматы. 2007. С. 41-46.
15. Мавашев Б.З. Аномалии радиоактивности (радона) в Ташкентской минеральной воде в 1965-1966 гг. и землетрясение // Докл. АН УзССР. 1967. № 5. С. 19-21.
16. Мавашев Б.З., Уломов В.И. Предвестник сильного тектонического землетрясения // Докл. АН СССР. 1967. Т. 176. № 2. С. 319-321.
17. Рикитаке Т. Предсказание землетрясений. М.: Мир. 1979. 388 с.
18. Соболев Г.А. Основы прогноза землетрясений. М.: Наука. 1989. 313 с.
19. Короновский Н.В., Абрамов В.А. Землетрясения: Причины, последствия, прогноз // Соросовский Образовательный Журнал. 1998. № 12. С. 71–78.

УДК 553.98:[550.834.05+550.822](575.172)

АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И БУРЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШЕГЕ ТАХТАКАИРСКОГО ВАЛА

Абзалов А.П.
spigo@ing.uz
Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

В данной статье рассмотрены результаты сейсморазведочных и буровых работ в пределах Тахтакаирского вала, Устюртского нефтегазоносного региона Республики Узбекистан. Выполненный анализ послужил основанием для проведения дальнейших геологоразведочных работ. Основной целью представленных исследований является разработка новых направлении геологоразведочных работ на участке Шеге для уточнения строения и получения прироста запасов УВ.

Ключевые слова: сейсморазведка, бурение, горизонт, скважина, месторождение, анализ, сейсмопрофилей, тектоника, пласт, терригенная, геофизические методы.

На сегодняшний день новые технологии сейсмических исследований и развитие вычислительных способностей современных компьютеров позволили осуществить качественный технологический скачок в понимании геологического строения целых регионов и строения залежей углеводородов (УВ). За счет возможности выявления и трассирования разрывных нарушений, определения границ отложений и их изменчивости различными методами сейсморазведки простые геологические модели преобразуются в сложные, учитывающие особенности тектонического строения региона и включающие зачастую уже не одно месторождение, а целые группы.

Постепенная консолидация, обобщение в форме огромных электронных баз данных материалов бурения, полевых и промысловых геофизических и геохимических исследований, с учетом все более глубокого анализа имеющихся общегеологических сведений, кардинально меняют представления о геологическом строении месторождения Шеге в пределах малоизученном Тахтакаирском вале (рис.1).

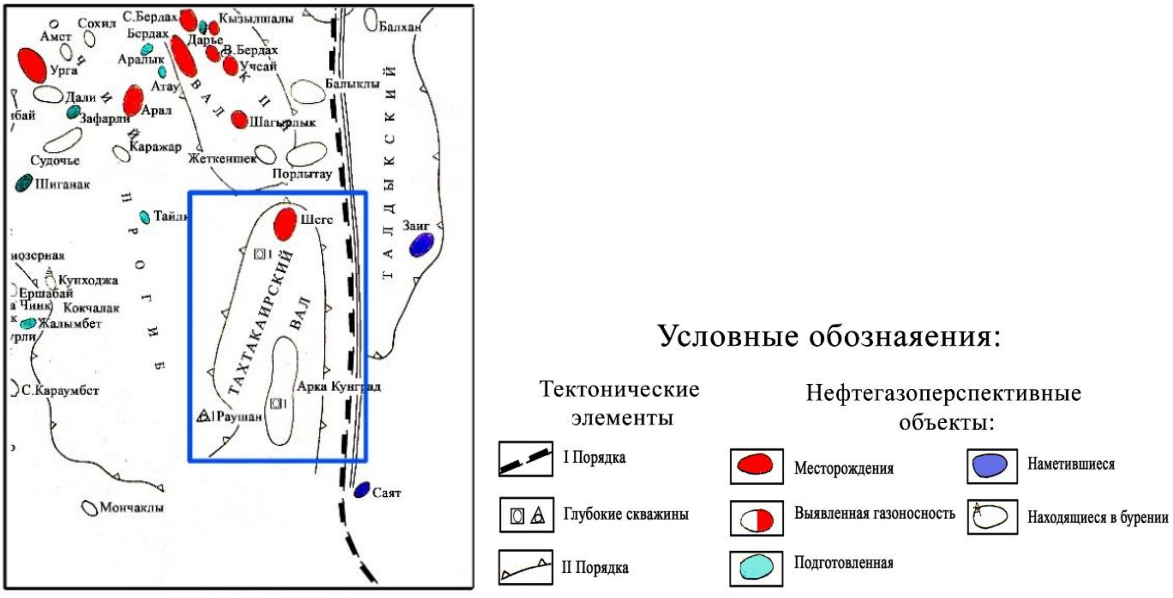


Рисунок 1 – Обзорная схема размещения месторождений и нефтегазоперспективных объектов в Устюртском регионе

Эволюция представлений о геологическом строении и формировании данного района, в свою очередь, меняет методические подходы к моделированию залежей нефти и газа и проведению дальнейших геологоразведочных работ (ГРР) в этой территории [1].

Анализ исходной информации по объекту Шегинского месторождения. Месторождение Шеге расположено на территории Муйнакского района Республики Каракалпакстан. С тектонической точки зрения месторождение расположено в пределах Тахтакаирского вала.

Эта часть территории Устюртского региона является слабо изученной. В настоящее время в пределах Тахтакаирского вала открыто одно небольшое по запасам газоконденсатное месторождение Шеге. Первоначальные размеры подготовленной структуры Шеге по изогипсе -1900 составляли: 15,0 х 7,0 км, амплитуда 170 м и площадь 86 км^2 (рис.2). Перспективные ресурсы по категории C_3 сухой газ 20,832 млрд.м^3 и извлекаемый конденсата 792 тыс.т.

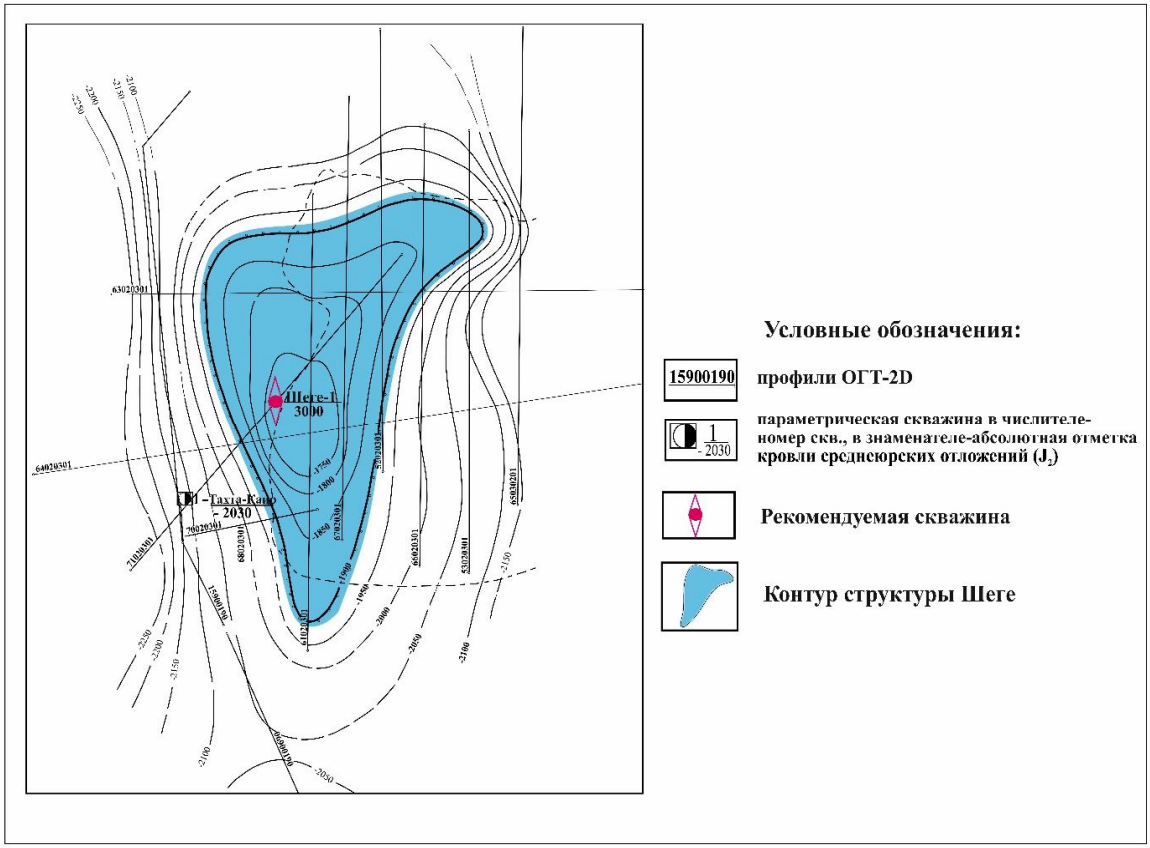


Рисунок 2 – Структурная карта по кровле средней юры (J_2) по паспортным данным

На месторождении Шеге пробурено три скважины.

Скважина № 1 пробурена в сводовой части структуры до глубины 2705м с забоем в нижнеюрских отложениях (рис.2). В скв.№1 Шеге были испытаны 13 объектов. Из них 2-объект испытан в нижнеюрских отложениях, в которых (интервал 2627-2624 м) получена пластовая вода и (интервал 2482-2478 м) слабый приток газа, факелом длиной 1,5 м с пластовой водой $Q_{B=}$3,06 м^3/сутки. В среднеюрских отложениях испытано 11 объектов. В нижних трех объектах получены притоки пластовой воды с газом (дебитом воды 29,61 м^3/с), три объекта дали притоки пластовой воды дебитами от 2,6 до 13,44 м^3/с, из интервала 2044-2036 м получен промышленный приток газа дебитом 129 т. м^3/с через 8 мм штуцер.

Скважина № 2 заложена на расстоянии 2,0 км к северо-востоку от скважины № 1 до глубины 3004 м с забоем в нижнеюрских отложениях. В скважине №2 Шеге были испытаны 12 объектов. Из них 1-объект в верхнеюрских отложениях, в которых из интервала 1176-1173 м получена пластовая вода $Q_{B=}$2,75 м^3/с. В среднеюрских отложениях испытаны 11 объектов, из всех интервалов получены притоки пластовой воды со средним дебитом 7,22 м^3/с.

Скважина № 3 пробурена на расстоянии 1,750 км к юго-востоку от скважины № 1 на глубины 3450 м в нижнеюрских отложениях. В скважине №3 испытано 10 объектов в нижне-среднеюрских отложениях, промышленные притоки УВ не получены. В нижней юре были испытаны четыре объекта, где получена пластовая вода со слабым газом. В среднеюрских отложениях испытаны 6 объектов, из которых получены притоки пластовой воды со средним дебитом Q=15 $м^3$/сут.

Таким образом, на месторождении подтвердилась региональная газоносность среднеюрских песчаных горизонтов.

В то же время нефтегазоносность палеозойских отложений Тахтакирского вала, несмотря на полувековую историю изучения, остается предметом периодически возникающих дискуссий. Осадочный чехол исследуемого участка включает неоген-четвертичные, меловые и юрские отложения. Основным объектом поисковых работ на данном участке являются антиклинальные складки. Большие надежды возлагаются на возможную продуктивность нижней части юрских отложений [2 и 3]. Однако юрские структурные этажи слабо изучены и, несмотря на значительные объемы буровых работ, поиски залежей нефти и газа в юрских отложениях пока не увенчались успехом [5].

В результате переинтерпретации данных сейсморазведки МОГТ-2Д, промысловой геофизики и бурения было уточнено строение месторождение Шеге (рис.3 и 4) и построена структурная карта по кровле нижней юры (J_1) приуроченной к верхней части Бердахского горизонта, который другими исследователями АО «ИГИРНИГМ» [4] принимается как горизонт средней юры (или Акчалак-4) на Куаныш-Коскалинском валу.

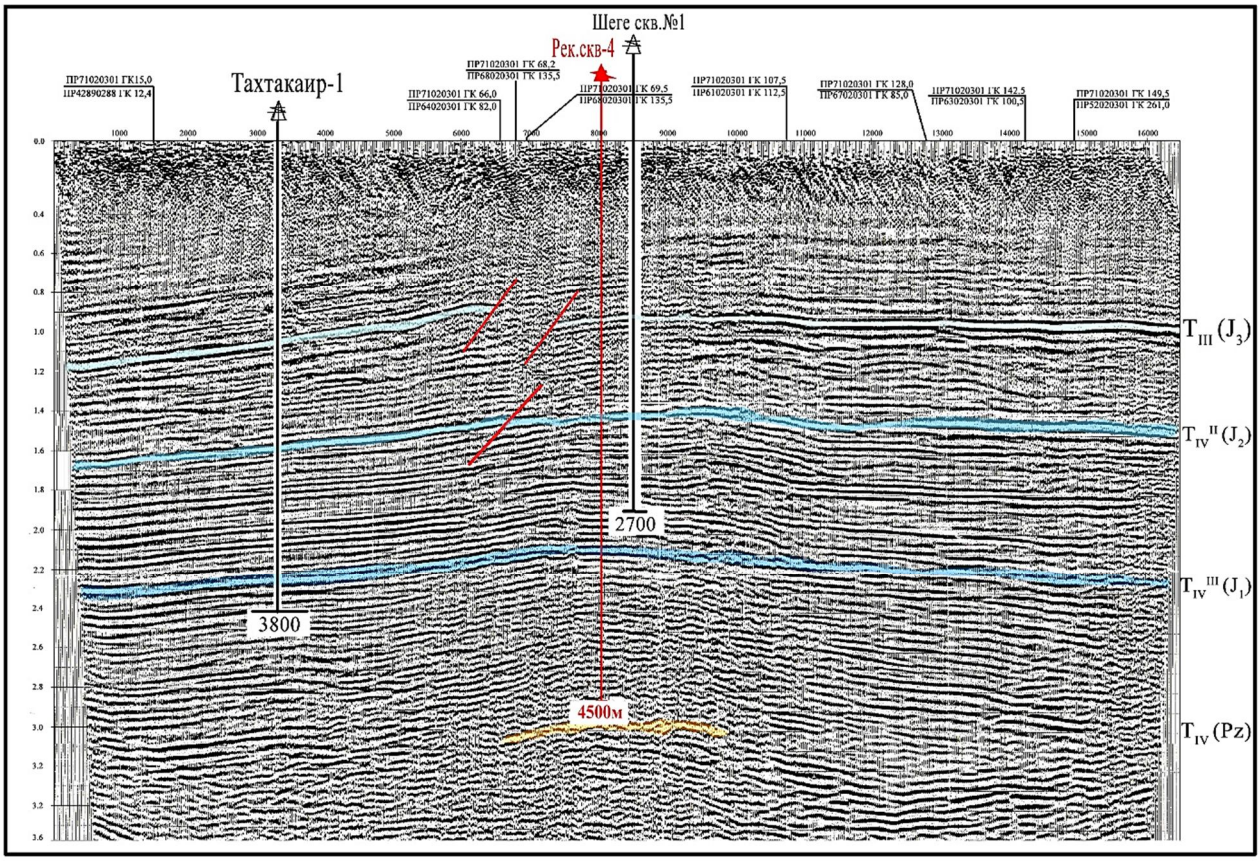


Рисунок 3 – Фрагмент временного разреза МОГТ-2Д СП -71020301

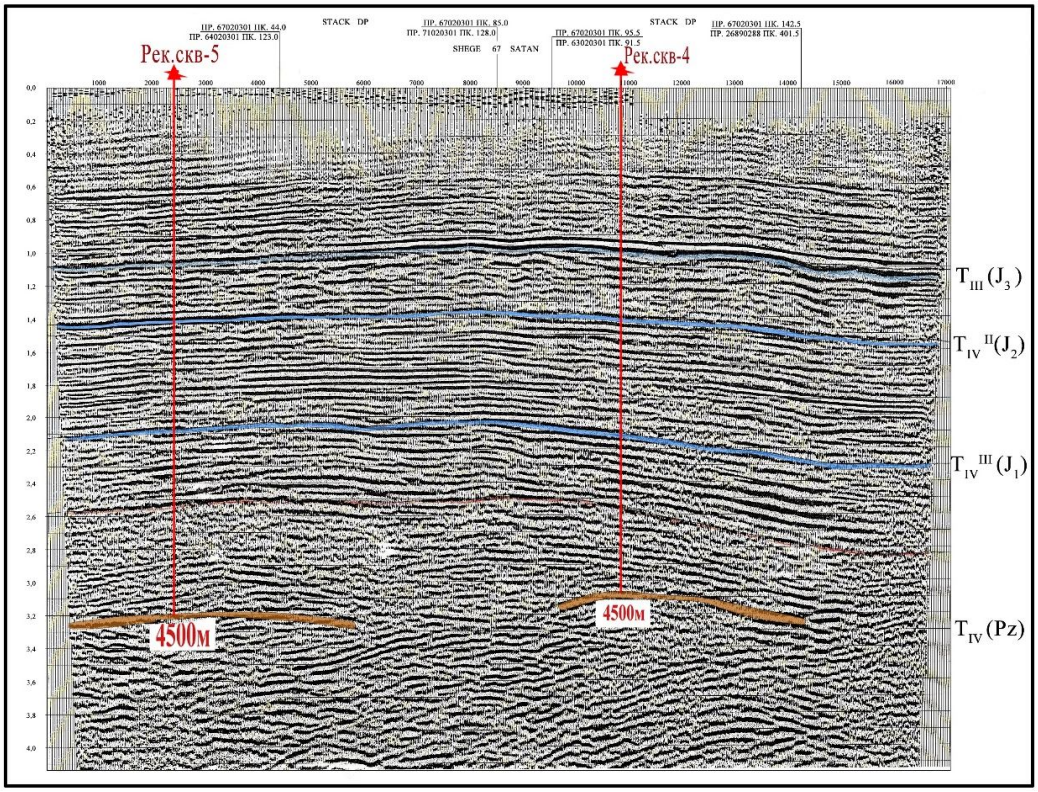


Рисунок 4 – Фрагмент временного разреза МОГТ-2Д СП -67020301

Согласно выполненных построений структура представляет собой брахиантиклинальную складку, осложненную тектоническим нарушением субмеридионального простирания. Размер структуры по изогипсе –3080 м составляет 14х8 км, площадь 78 км^2, амплитуда 140 м (рис.5).

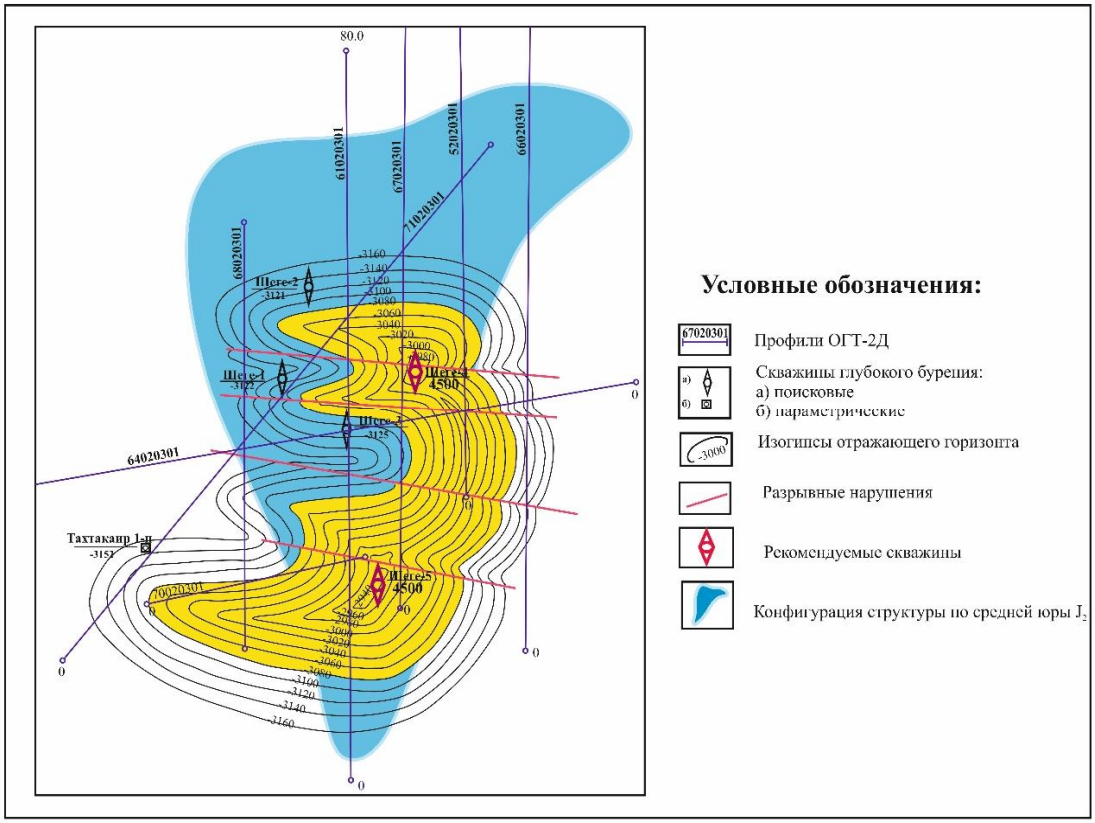


Рисунок 5 – Схематическая структурная карта по кровле нижней юрских отложений (J_1)

Кроме того, анализируя данные поискового бурения месторождения Шеге в межскважинном пространстве можно предположить наличие песчаные пропластков, которые контролируют наличие залежей УВ. Комплексный подход к оценке перспектив нефтегазоносности на основе интеграции геолого-геофизической информации позволяет спрогнозировать новые залежи углеводородов.

Выводы и рекомендации:

1. Интерпретация сейсмических данных для района Шеге Тахтакаирского вала позволила получить дополнительные новые представления о геологической истории территории в юрское время.
2. Установлено, что по результатам интерпретации данных сейсморазведки 2-D и бурения поисковых скважин №1-№3 Шеге и построенных геологических моделей не конформное залегание средне- и нижнеюрских отложений.
3. Морфологический анализ кровли продуктивного горизонта J_2^3 до бурения скважин №2 и №3 и после бурения, показал смещение свода структуры с юго-запада в северо-восточном направлении. Данный факт необходимо учесть при подсчёте запасов. При этом можно отметить, что низкая эффективность бурения связана со сложным геологическим строением месторождения и отсутствием надежных сейсмических данных, что требует дальнейшего его изучения.
4. Таким образом рекомендуется проведение сейсморазведочных работ 3Д для уточнения модели, на основе которых заложить две разведочные скважины с целью увеличения прироста запасов УВ (рис.3 и 4).

Литература

1. Тухтаев К.М., Абдуллаев Г.С., Сафаров З.Х., Юлдашев О.А., Хегай Д.Р., Юлдашева М.Г. и др. Перспективы нефтегазоносности нижнеюрского нефтегазоперспективного комплекса Бердахского вала // Узбекский журнал нефти и газа. 2017. № 1. С. 16-20.
2. Пономарева Е.А. Комплексный анализ ГИС и керна терригенных коллекторов верхнеюрских отложений восточной части ХМАО-ЮГРЫ // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2015. Вып. 3. С. 42-46.
3. Афанасенков А.П., Никишин А.М., Унгер А.В. Мезо-кайнозойская история развития севера Западной и Восточной Сибири на основе анализа сейсмических данных (Гыдан, Усть-Енисейский район) // Геология нефти и газа. 2017. Вып. 1. С. 34-40.
4. Гатаулина Э.Р., Бочкарев В.А. Прогноз коллекторов и УВ-содержания в терригенных и карбонатных отложениях по сейсмическим данным (на примере Каспийского региона, средней Азии и шельфа западной Африки) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2015. Вып. 10. С. 27-33.
5. Теоретические основы и методы поисков и разведки скоплений нефти и газа / Бакиров А.А., Бакиров Э.А., Мелик-Пашаев В.С. и др. М.: Высш. шк. 1987. 384 с.
6. Электронный ресурс: http: //vniioeng.mcn.ru/geolog/

УДК 551.1/.4

РАЗВИТИЕ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ И ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПОЗДНЕГО КАЙНОЗОЯ ТУРАНА

Алмордонов А.[1], Ахмедов Х.[2]
umrah@mail.ru, axmedov-x-68@mail.ru
[1]Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, Республика Узбекистан
[2]Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Республика Узбекистан

Работа посвящена проблеме палеогеографических и палеогеодинамических реконструкций истории развития территории Турана в новейшее время на основе данных литолого-стратиграфического расчленения разрезов, и анализа мощности отложений различных интервалов геологического времени.

Ключевые слова: осадочный бассейн, комплексы горных пород, неоген-четвертичный, мощность отложений.

Классическая геология основана на изучении горных пород в естественных условиях залегания. Изучение комплексов горных пород происходит с разной точки зрения – вещественный состав, условия залегания, структура, слоистость, химический состав, условия образования и др [1]. Это связано с тем, что горная порода является фактическим материалом– образцом части природной среды, которую надо изучать. Известны различные самостоятельные научные направления геологии – минералогия, литология, петрология, петрография. Они являются основой для разработки методов изучения геологической среды, разработки методов поисков полезных ископаемых. Особое значение в этом отношении имеет изучение осадочных комплексов и их распространения по площади [2]. Пространственное распределение горных пород в связи с условиями их образования является предметом фациального анализа, конечной целью которого является составление палеогеографических карт. Они дают представление о распределении различных регионов с разным типом осадконакопления, и режимах тектонических движений. Эти данные имеют фундаментальное значение для развития методов прикладной геологии.

В опубликованной литературе неоднократно отмечается приуроченность нефтегазовых месторождений к областям с мощной толщей осадочных отложений [3]. Обычно к ним относятся платформенные территории, в пределах которых действительно обнаружено множество нефтегазовых месторождений. В связи с этим, изучение особенностей развития осадочных бассейнов в различные этапы геологической истории регионов имеет актуальное значение. В настоящей работе нами рассмотрено развитие бассейнов осадкообразования в пределах западной части территории Узбекистана и прилегающих районов – восточной части Туранской плиты в позднем кайнозое, а именно в позднеолигоцен– четвертичное время.

Согласно опубликованным литолого-стратиграфическим описаниям отложения этого периода называются кайнозойскими молассами [4]. Они по цвету, составу и условиям образования резко отличаются от подстилающих их более древних морских эоценовых образований глинистого состава с зелёной окраской. Регрессия морского режима происходила в направлении с востока на запад. Поэтому морской режим в Кызылкумах завершился значительно позднее, чем в восточной части региона. Самые низы неогеновых отложений представлены кирпично-красной толщей масагетта, генезис которой связывался с лагунами, оставленными отступающим палеогеновым морем. Согласно схемы стратиграфического расчленения Б.Б.Ситдикова [4] отложения неогеновых отложений Центральных Кызыкумов подразделяются на агитминскую (верхний миоцен N_1^3), калканатинскую (нижний-средний

плиоцен N_2^{1-2}) и базильбекскую (верхний плиоцен N_2^3) свиты. Выше по разрезу выделяются 4 слоя четвертичных отложений: айтымский (Q_1) , каракольский (Q_2), кулкудукский (Q_3) и современный (Q_4) комплексы. Агитминская свита представлена красно-бурыми глинами. Они имеют мощность в Джаманкумской впадине 180 м, в Агитминской – 150, в Каракатинской – 80, на севере Зарафшанской впадины 140 м [4].

Калканатинская свита в нижней части представлена конгломератами с красно-бурым алевролитистым заполнением, в верхней части – красно-бурые алевролиты и глины. Общая мощность свиты колеблется от 70 до 140 м.

В Приташкентском районе неогеновые отложения представлены мергелями, песчаниками и конгломератами. Их окраска в нижней части бурая и красная, кверху становится более светлой. Количество конгломератов в верхней части увеличивается, отмечается также слабая окатанность гальки, что свидетельствует о близости источника сноса и активности поднятия. Четвертичные отложения здесь представлены лёссовидными суглинками, супесями, песками и галечниками, общей мощностью до 100 м. Естественно, что большей части территории этот разрез может меняться. Однако, в задачу наших исследований не входит детализация представленного чередования осадочного комплекса. Мы провели анализ общего изменения мощности неоген-четвертичных, позднеплиоценовых и четвертичных отложений описываемой территории с целью выявления некоторых особенностей изменения конфигурации и зон максимальных нисходящих движений в рассматриваемые временные интервалы геологической истории.

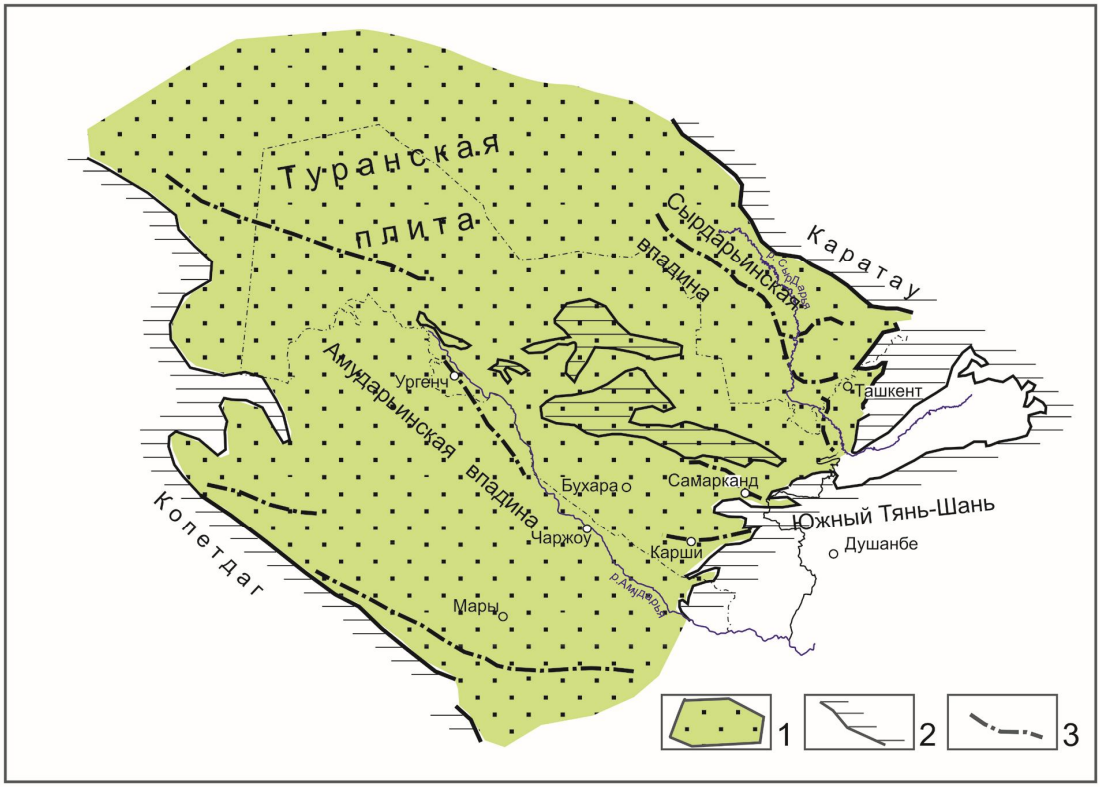


Рисунок 1 – Область распространения неоген-четвертичных отложений западной части Узбекистана и прилегающих районов

Анализ карт мощности неоген-четвертичных отложений показывает, что мощность отложений меняется в пределах от 10-15 м в прибортовых частях до 1500-1800 м в Приташкентском прогибе и до 2000 м в Кашкадарьинском. В северной части граница осадочного бассейна проходит вдоль Каратау, а в южной части границей служит Копетдаг. На рисунке 1 отмечены основные осевые линии утолщения, которые преимущественно ориентированы на северо-запад (юго-восток).

Область распространения верхнеплиоценовых отложений имеет примерно такие же границы. Однако, она характеризуется наличием «выступов» более ранних отложений (рис.2).

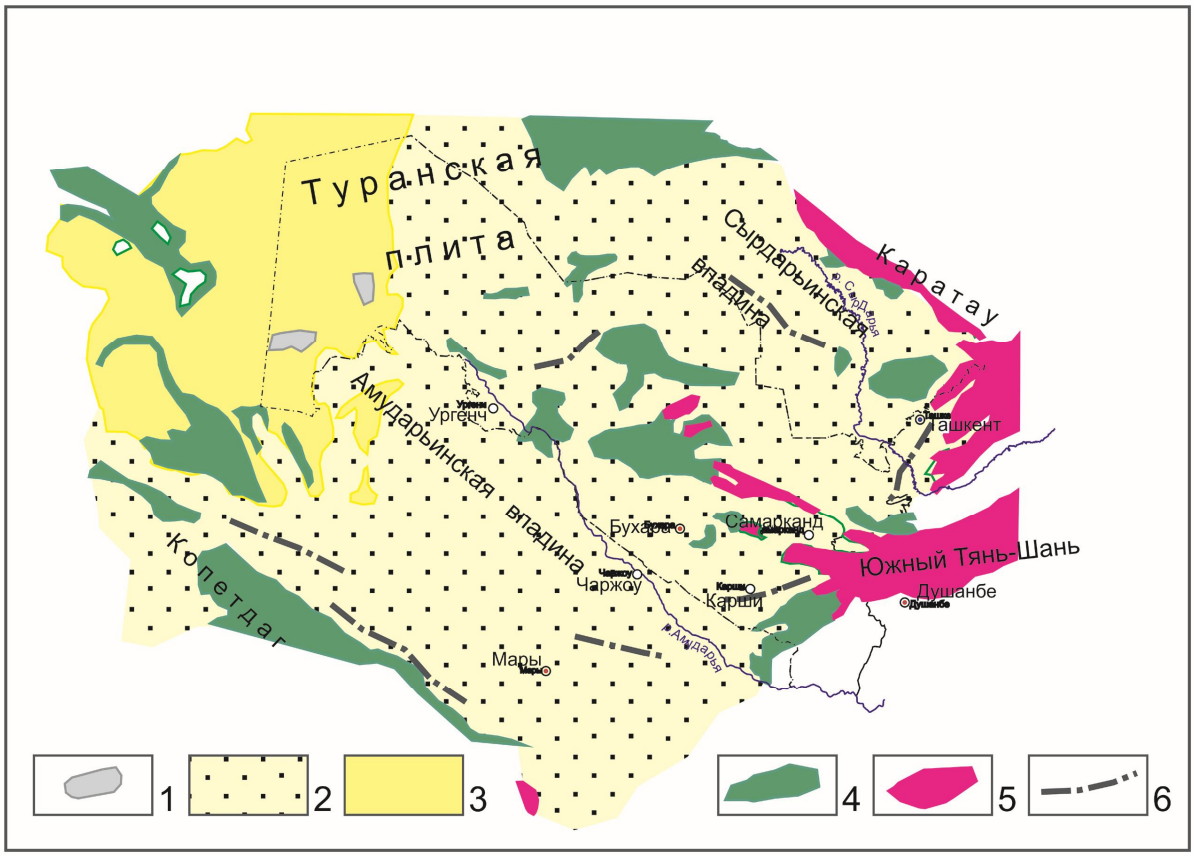


Рисунок 2 – Область распространение позднеплиоценовых отложений (Осадочные комплексы: 1- локальные участки четвертичных отложений на Устюрте; 2 – верхнеплиоценовые; 3-миоценовые; 4-мел – палеогеновые; 5- выходы древних пород домезозоя); 6 – осевые линии утолщений верхнеплиоценовых отложений)

Верхнеплиоценовому времени соответствует базилбекская свита, которая распространена значительно шире, чем описанные выше свиты неогена. Она представлена песками с красно-буровыми обломками нижележащих слоев, светло-серыми глинистыми алевролитами, светло-серым песчаником, наблюдается переслаивание глин, песков и алевролитов. Общая мощность базильбекской свиты достигает около 40 м. Верхнеплиоценовые отложения отличаются от предыдущих наличием обломков более ранних свит, свидетельствуя о некоторой активизации движений в позднем плиоцене. Осевые линии максимальных мощностей более локализованы, в большей части они имеют субширотную ориентировку. Анализ карты показывает, что в это время уже начинается обособление двух главнейших бассейнов региона – Амударьинского и Сырдарьинского. Отчетливо проявляется полоса поднятий, которые разделяют эти два бассейна.

В четвертичное время это разделение уже отчетливо проявляется даже по внешней конфигурации осадочных отложений. Их простирание в целом соответствует общей ориентации русел крупных водных артерий Сырдарьи и Амударьи. Наиболее погруженные части наблюдаются вблизи русловой зоны.

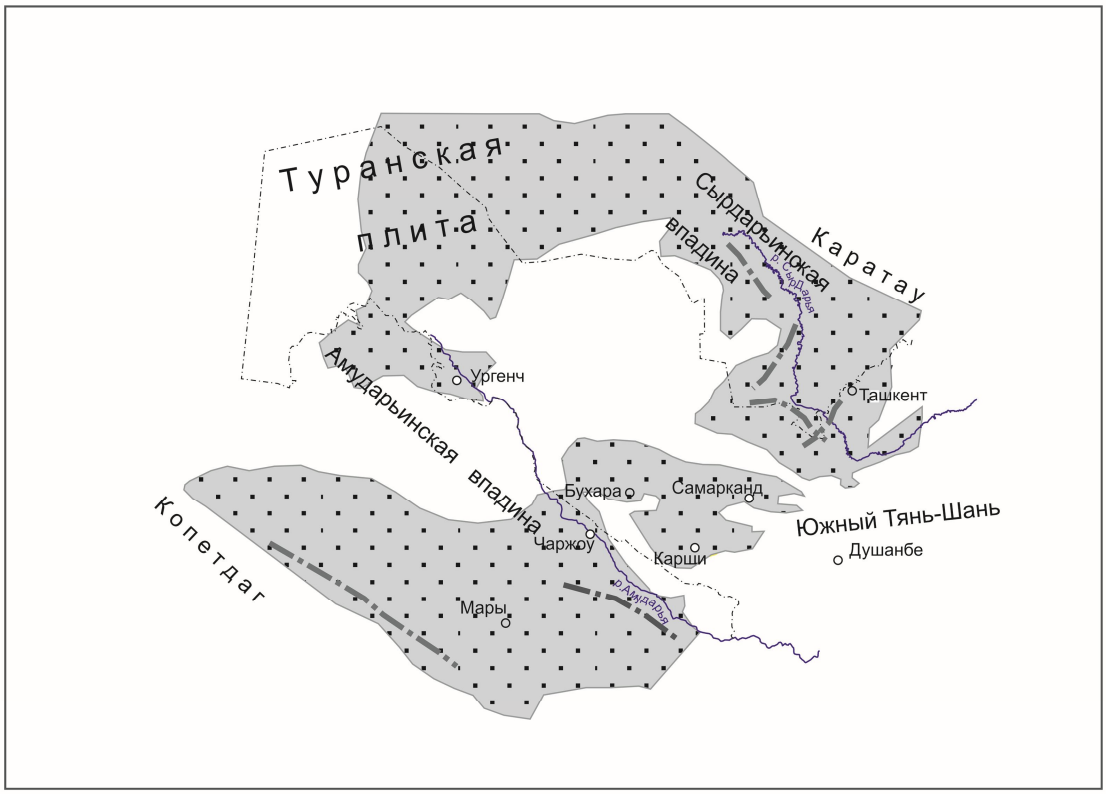


Рисунок 3 – Область распространения четвертичных отложений бассейнов Амударьи и Сырдарьи

Мощность четвертичных отложений в Приташкеннтском районе достигает 250 м. В западном направлении вдоль долины Сырдарьи наблюдается постепенное уменьшение до 100-150 м. В Приаральском районе мощность достигает 10-25 м местами 30 м.

Анализ материалов показывает, что в неоген-четвертичное время на фоне общего воздымания региона в целом, отмечаются дифференцированные опускания, с формированием локальных впадин. Ориентировка их, в основном, широтная и северо-западая. Они соответствуют общему структурному рисунку области относительного поднятия междуречья северо-западного простирания.

Таким образом, проведённый анализ данных о мощности неоген-четвертичных отложений в сопоставлении с данными по отдельным интервалам геологического времени позволяет проследить характер изменения структурного плана района, выявить дифференцированность отрицательных движений (опусканий) и определить общую тенденцию тектонических движений.

Литература

1. Несмеянов С.А. Генетические комплексы континентальных отложений. М.: ЗАО «Книга и бизнес». 2012. 397 с.
2. Рейнек Г.Э., Сингх И.Б. Обстановки терригенного осадконакопления. Пер. с англ. М.: Недра. 1981. 439 с.
3. Абдуллаев Г.С., Долгополов Ф.Г. Геодинамика и нефтегазоносность литосферных блоков Узбекистана. Ташкент: УзНИО НГП. 2016. 362 с.
4. Ситдиков Б.Б. Неотектоника Западного Тянь-Шаня (на примере Центральных Кызылкумов и Ферганской впадины). Ташкент: Фан. 1985. 144 с.

УДК 551.510.535

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМУЩЕНИЙ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ИОНОСФЕРЫ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ СОЛНЕЧНОГО ТЕРМИНАТОРА МЕТОДОМ GPS TEC

Андреев А.Б., Капытин В.И., Луценко В.Ю.
alexey.andreyev@rambler.ru, kapytinsanct@mail.ru
Институт ионосферы, г. Алматы, Республика Казахстан

В работе представлены результаты наблюдения и анализа волновых возмущений в ионосфере Земли, вызванных прохождением солнечного терминатора, по данным сети GNSS приемников UNAVCO. Определены некоторые закономерности поведения этих возмущений в зависимость от гео-гелиофизических условий.

Ключевые слова: солнечный терминатор, полное электронное содержание, GPS TEC.

Введение. Проведены исследования регулярных волновых возмущений в полной электронной концентрации ионосферы Земли по данным сети GNSS приемников во время прохождения солнечного терминатора.

Солнечный терминатор является глобальным и регулярным источником возмущений в ионосфере. Благодаря тому, что эти возмущения регулярны, то есть появляются ежедневно в одно и то же время, возможно выделение этих возмущений на фоне нерегулярных, вызванных такими событиями, как солнечные вспышки, магнитные бури, мощные землетрясения и другие [1-2].

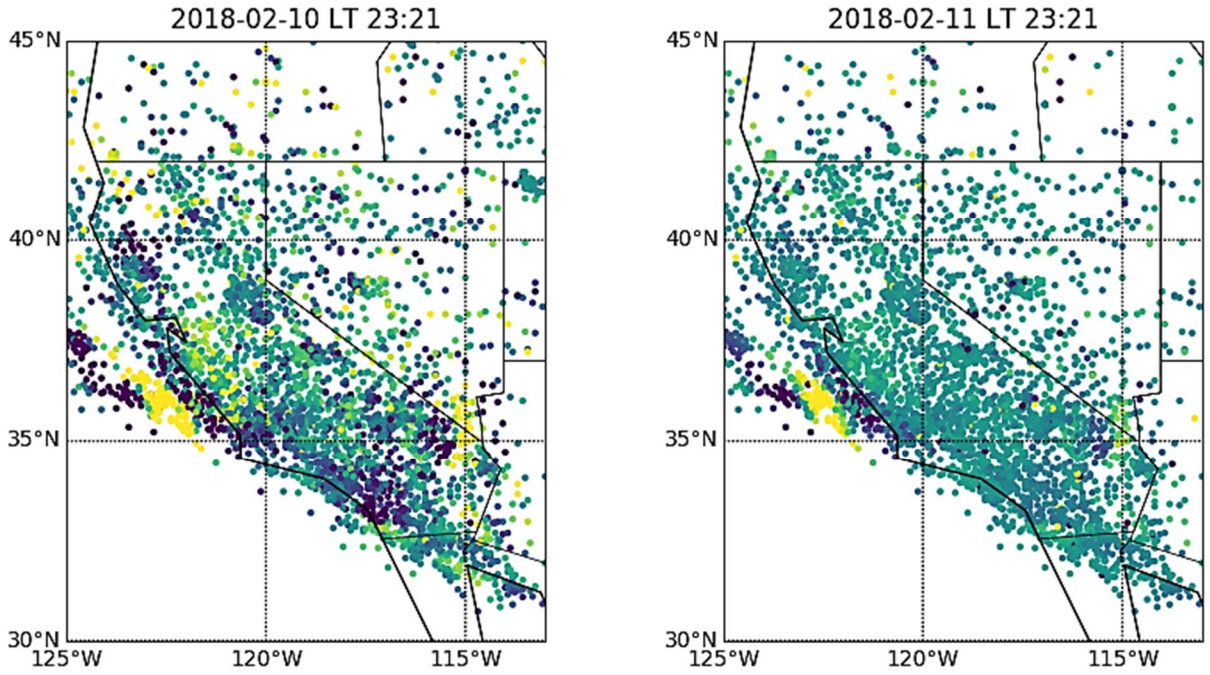


Рисунок 1 — Волновые возмущения от вечернего терминатора 10 и 11 февраля 2018 г.

Методика. В данной работе были использованы данные GNSS приемников сети UNAVCO, расположенных на западном побережье США. Из RINEX файлов данных было рассчитано полное электронное содержание и координаты точек в ионосфере на высоте максимума F2 слоя (300 км.) на траекториях радиосигналов от спутников до приёмников по общепринятой методике [3-4]. Всего были обработаны данные для более 700 приёмников для различных дней года и с различным уровнем солнечной активности. Удалив из данных

длиннопериодную составляющую (с периодами более 60 минут), мы построили карты вариаций полного электронного содержания в зависимости от времени.

Результаты. Анализ полученных данных показал, что волновые возмущения от солнечного терминатора хорошо видны только в дни с очень низкой солнечной и геомагнитной активностью [6]. Для дальнейшего рассмотрения используются только дни с Ap-индексом менее 10. Волновые возмущения наблюдаемые на построенных картах были идентифицированы как сгенерированные солнечным терминатором исходя из следующих соображений [1]: а) возмущения должны в точности повторять друг друга по фазам, периодам и длинам волн для соседних дней года; б) направление фронта волн должно совпадать с линией солнечного терминатора, иметь годовую зависимость, а так же утреннее/вечернее направление.

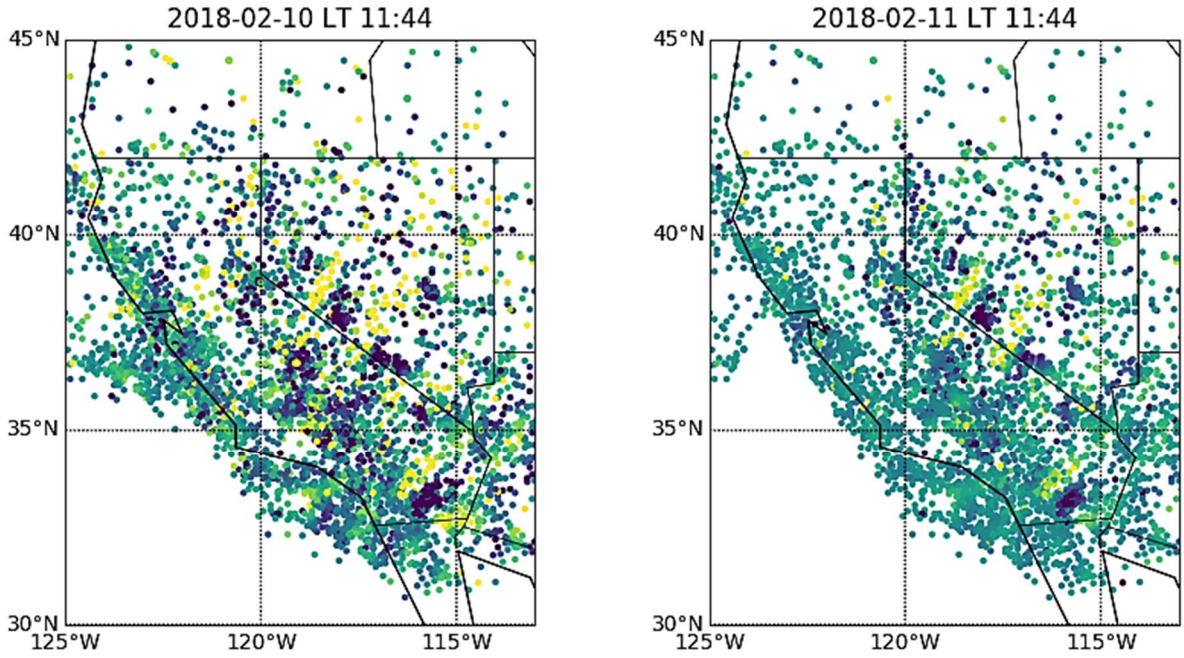


Рисунок 2 — Волновые возмущения от утреннего терминатора 10 и 11 февраля 2018 г.

На рисунках 1 и 2 приведены примеры таких волновых возмущений от вечернего и утреннего терминатора, рассчитанные для двух очень магнитоспокойных дней года, 10 и 11 февраля 2018. Максимальный суточный Ap-индекс для этих дней не превышал 9. На рисунках каждая точка соответствует ионосферной точке для определённого приемника и спутника. Данные возмущения являются вторичными, поскольку наблюдаются значительно позже прохождения фронта терминатора. Аналогичные волновые возмущения выявлены и для других сезонов, с соответствующей солнечному терминатору зависимостью ориентации фронта волн. Так же выявлена зависимость интенсивности возмущений от направления зондирования [5].

Выводы. По данным вариаций полной электронной концентрации, полученных по методу GPS TEC, были выявлены волновые возмущения в ионосфере, вызываемые прохождением солнечного терминатора. Отработан метод выделения регулярных волновых возмущений на фоне не регулярных. Исследована зависимость параметров таких возмущений от уровня геомагнитной активности и сезона года.

Работа выполнена в рамках проекта «Разработка методов диагностики и прогноза геоактивных событий на основе измерений параметров ионосферы, мезосферы, атмосферного электрического поля и тепловых нейтронов» министерства оборонной и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан, Аэрокосмический комитет, регистрационный номер 0115РК01274.

Литература

1. Сомсиков В.М. Солнечный терминатор и динамические явления в атмосфере // Геомагнетизм и аэрономия. 2011. Т. 51. № 6. С. 723–735.
2. Сомсиков В.М. Солнечный терминатор и динамика атмосферы. Алма-Ата: Наука. 1983. 193 с.
3. KOMJATHY A. GLOBAL IONOSPHERIC TOTAL ELECTRON CONTENT MAPPING USING THE GLOBAL POSITIONING SYSTEM. Ph.D. dissertation, Department of Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report No. 188, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada, 248 pp.
4. Афраймович Э.Л. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли. Иркутск: ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН. 2006. 480 с.
5. Куницын В.Е., Терещенко Е.Д. Томография ионосферы. М.: Наука. 1991. 176 с.
6. Андреев А.Б., Сомсиков В.М., Мукашева С.Н., Капытин В.И., Нургалиева К.А. Эффекты неравновесности в возмущениях атмосферы, обусловленные потоком солнечной радиации // Геомагнетизм и аэрономия. 2018. Т. 58. № 1. С. 111-118.

УДК 550.385

ДИНАМИКА ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ ФУНКЦИИ Z/H ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В СЕЙСМОАКТИВНОМ РЕГИОНЕ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

Андреев А.Б., Малимбаев А.М., Мукашева С.Н., Соколова О.И.
nanozavr@mail.ru
Институт ионосферы, г. Алматы, Республика Казахстан

Изменчивость состояния геомагнитного поля в сейсмоактивных регионах является предметом пристального внимания геофизиков. Работы по данному направлению ведутся с целью выявления в геомагнитных данных возмущений космического и литосферного характера. В настоящей работе рассмотрена динамика поляризационной функции Z/H геомагнитного поля за период с 1 января 2016 г. по 30 апреля 2018 г., когда имели место 5 землетрясений с M ≥ 4.5 (включая два землетрясения с M = 6.4 и M = 6.5) на расстоянии не более 550 км от г. Алматы. Поляризационная функция Z/H, представляющая отношение вертикальной Z к горизонтальной H составляющей магнитного поля, рассчитывалась на основе данных обсерватории «Алма-Ата» [43.25°N; 76.95°E]. Показано, что вариации полуденных значений поляризационной функции Z/H связаны с 27-дневным солнечным циклом, тогда как вариации полуночных значений величины Z/H показывают полугодовые вариации с максимумами в летние и минимумами в зимние месяцы. Сейсмогенных эффектов в вариациях полуденных и полуночных значений поляризационного отношения Z/H геомагнитного поля от ощутимых в г. Алматы землетрясений, в рассматриваемый период не отмечается.

Ключевые слова: геомагнитное поле, поляризационная функция, сейсмичность, солнечная активность.

Введение. Современная концепция тектоники плит объясняет возникновение землетрясений движением литосферных плит, обусловленных конвекционными течениями, поднимающимися из высокотемпературной мантии Земли [1]. С другой стороны, эти же самые конвективные движения на границе твердого ядра Земли с жидким, являются первоосновой для генерации геомагнитного поля, они формируют структуру геомагнитного поля. Следовательно, в сейсмоактивных регионах особенности пространственно-временных вариаций характеристик геомагнитного поля могут отражать и эффекты геодинамических процессов в литосфере [2]. Исследователи сейсмотектоники литосферы Казахстана [3] выделяют более 50 сейсмогенерирующих зон, из которых самые опасные находятся на Северном Тянь-Шане, Заилийском Алатау, Алтайском, Приаральско-Каратауском и Прикаспийском регионах.

Изменчивость состояния геомагнитного поля в сейсмоактивных регионах является предметом пристального внимания геофизиков. Работы по данному направлению ведутся с целью выявления в геомагнитных данных возмущений космического и литосферного характера. Об электромагнитных эффектах, связанных с катастрофическими сейсмическими событиями, сообщается во многих работах, например [4-8], в которых на основе наблюдений и спектрального анализа геомагнитных данных выявлены аномалии сейсмогенного характера до (и после) землетрясения. Ряд авторов утверждают, что нет доказательств причинно-следственной связи между вариациями компонент магнитного поля и надвигающимися землетрясениями [9] и они высказывают мнение, что успешное предсказание землетрясений требует воспроизводимых пресейсмических сигнатур, которые обеспечивают актуальную информацию в реальном времени и характеризуют специфику относительно интенсивности, местоположения и времени предсказанного землетрясения [10].

В настоящей работе приведены результаты исследования вариаций поляризационной функции Z/H, представляющей отношение вертикальной Z к горизонтальной H составляющей

магнитного поля в сейсмоактивном регионе Северного Тянь-Шаня, а именно, близ города Алматы. Надеемся, что наши исследования внесут вклад в накопление эмпирических данных об эффектах в геомагнитном поле при активизации сейсмических явлений, поскольку мегаполис Алматы [43.2˚N; 76.9˚E], южная столица Казахстана, расположен в сейсмически активном внутриконтинентальном горном поясе Северного Тянь-Шаня. Сейсмичность в этом регионе обусловлена продолжающимися столкновениями плит Индия и Евразия, что приводило к серии разрушительных землетрясений в (и до) 20-го века. Палеосейсмические исследования показывают, что регион имеет потенциал для возникновения катастрофических землетрясений магнитудой M>7.0 [11].

Эмпирические данные. Для выяснения особенностей поведения магнитного поля в сейсмоактивном регионе Северного Тянь-Шаня использовались измерения трёх компонент геомагнитного поля, полученные на обсерватории «Алма-Ата». Обсерватория «Алма-Ата» (geomag.ionos.kz; http://89.250.81.120/index.html) единственная в Средне-Азиатском регионе геомагнитная обсерватория входящая в состав международной сети INTERMAGNET, международный код обсерватории – AAA; географические координаты [43.25°N; 76.95°E]; геомагнитные координаты [34.3°N, 152.7°E]. Регистрация в реальном времени секундных вариаций X-, Y-, Z-компонент геомагнитного поля проводиться на базе феррозондовых магнитометров Lemi-008 и Lemi-018M.

Планетарный Kp-индекс по данным Международного центра данных Киото, Япония, (http://swdcwww.kugi.kyoto-u.ac.jp) также использовался для оценки геомагнитной ситуации.

Информация по сейсмическим событиям получена по данным Глобального сейсмологического каталога Национального центра информации о землетрясении (NEIC) Национальной службы США (http://earthquake.usgs.gov), расстояние от эпицентра до г. Алматы уточнено по данным Казахстанского Национального Центра данных (http://www.kndc.kz), ощутимость землетрясения в г. Алматы приведена согласно данным ГУ «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция Комитета науки МОН РК» (http://some.kz/index.php).

Динамика поляризационной функции Z/H геомагнитного поля. Проанализируем вариации поляризационной функции Z/H, представляющей отношение вертикальной Z к горизонтальной H составляющей магнитного поля.

$H = \sqrt{X^2 + Y^2}$, где X (северная) и Y (восточная) составляющая вектора напряженности магнитного поля. Функцию Z/H исследователи используют для выявления в геомагнитных данных аномалий сейсмогенного происхождения [12]. Рассмотрим динамику поляризационной функции Z/H за период с 1 января 2016 г. по 30 апреля 2018 г., когда имели место 6 землетрясений с $M \geq 4.5$ (включая два землетрясения с $M = 6.4$ и $M = 6.5$) на расстоянии не более 550 км от г. Алматы. Землетрясения, произошедшие на Северном Тянь-Шане в рассматриваемый период и ощутимые в г. Алматы с интенсивностью 2-4 балла, приведены в таблице 1.

Вариации ΣKp геомагнитного индекса и поляризационного отношения Z/H по данным геомагнитной обсерватории Алма-Ата в рассматриваемый период приведены на риунке 1.

Полуденные значения величины Z/H (тонкая линия), скользящая средняя Z/H (толстая жирная кривая) и скользящая средняя ΣKp (черные точки) с шагом 13 дней показаны на рисунке 1,**а**. Вариации полуденных значений величины Z/H изменяются в противофазе с ΣKp геомагнитным индексом и показывают зависимость от 27-дневного солнечного цикла: чем выше ΣKp, тем меньше величина поляризационной функции Z/H. Это закономерно, поскольку при увеличении геомагнитной активности увеличивается величина абсолютных значений горизонтальной H составляющей магнитного поля, тогда как увеличение значений вертикальной Z составляющей меняется менее интенсивно.

Таблица 1 – Ощутимые в г. Алматы землетрясения, произошедшие на Северном Тянь-Шане в период с 1 января 2016 г. по 30 апреля 2018 г.

Дата yyyy-mm-ddThh:mm:cc.ccc	Эпицентр		M	M тип	Расстояние от Алматы (сейсмичность)
	Координаты	Глубина км			
2016-06-26T11:17:11.280Z	[39.4793°N; 73.3388°E]	13.00	6.4	mww	526 (2)
2016-11-25T14:24:30.710Z	[39.2732°N; 73.9776°E]	17.00	6.6	mww	489 (2-3)
2016-12-18T05:54:54.240Z	[43,2855°N; 75.0643°E]	11.54	4.5	mb	138 (2-3)
2017-04-28T05:01:26.210Z	[41.9297°N; 76.7602°E]	15.09	4.8/5.7	mb/mpv	148 (2)
2018-01-29T14:36:35.560Z	[43.2015°N; 77.7514°E]	29.34	4.5	mb	55 (2)
2018-03-26T12:53:50.310Z	[43.8570°N; 77.3618°E]	23.97	4.6/5.5	mb/mpv	68 (3-4)

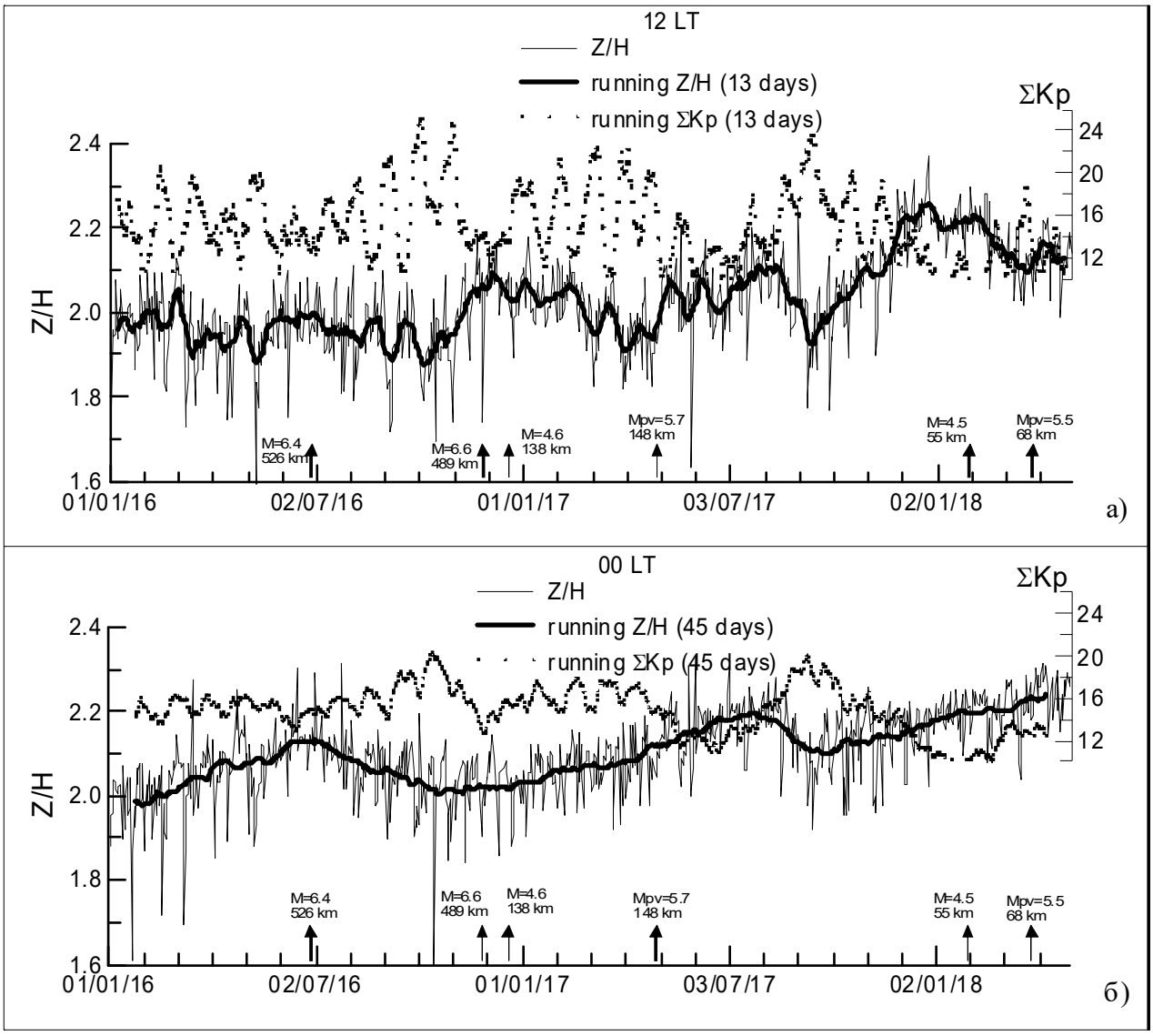


Рисунок 1 – Вариации ΣKp геомагнитного индекса (……) и поляризационного отношения Z/H (——) по данным геомагнитной обсерватории Алма-Ата [43.25°N; 76.95°E] в период с 1 января 2016 г. по 30 апреля 2018 г.: а) – полуденные; б) – полуночные значения Z/H; сплошная жирная кривая – их скользящая средняя; стрелками указаны моменты землетрясений

Полуночные значения величины Z/H (тонкая линия), скользящая средняя Z/H (сплошная жирная кривая) и скользящая средняя ΣKp (черные точки) с шагом 45 дней показаны на рисунке 1б. При ночных условиях изменения величины Z/H показывают

полугодовые вариации с максимумами в летние и минимумами в зимние месяцы. Полуночные значения Z/H изменяются также в противофазе с ΣKp. Смещение минимума полуночных значений Z/H в период с зимних месяцев декабрь 2017 г. и январь, февраль 2018 г. на сентябрь 2017 г. объясняется мощной вспышечной активностью Солнца в первой декаде сентября 2017 г. По данным наблюдательной лаборатории «Солнечная динамика» NASA (https://sdo.gsfc.nasa.gov/) магнитная буря (Kp=8) 6-9 сентября 2017 г. была вызвана серией вспышек на Солнце, в том числе вспышкой X9.3 – самой интенсивной вспышкой, зарегистрированной в течение текущего солнечного цикла.

Полугодовые вариации параметров геомагнитного поля по данным обсерватории «Алма-Ата» с максимумами в летние и минимумами в зимние месяцы отмечалось и в работе [13]. В настоящее время считают, что годовая вариация обусловлена орбитальным движением Земли. Исследования показывают, что годовая вариация в интенсивности геомагнитного поля наблюдается в различных регионах планеты. Существуют также предположения [13-14], что годовая вариация связана с годовыми изменениями температуры земной коры и расположенных в ней намагниченных пород. Сейсмогенных эффектов в вариациях полуденных и полуночных значений поляризационного отношения Z/H геомагнитного поля от ощутимых в г. Алматы землетрясений, в рассматриваемый период не отмечается. Возможно, это связано с отдаленностью от г. Алматы землетрясений 26 июня 2016 г. (526 км) и 25 ноября 2016 г. (489 км) и средней интенсивностью остальных четырех землетрясений (Таблица 1).

Заключение. В данной работе представлены результаты исследования динамики поляризационной функции Z/H в сейсмоактивном регионе Северного Тянь-Шаня близ города Алматы [43.2˚N; 76.9˚E]. Результаты исследования состояния показали следующие особенности. Показано, что вариации полуденных значений поляризационной функции Z/H, представляющей отношение вертикальной Z к горизонтальной H составляющей магнитного поля, связаны с 27-дневным солнечным циклом, тогда как вариации полуночных значений величины Z/H показывают полугодовые вариации с максимумами в летние и минимумами в зимние месяцы. Поляризационная функция Z/H изменяется в противофазе с ΣKp геомагнитным индексом, поскольку при увеличении геомагнитной активности увеличивается величина абсолютных значений горизонтальной H составляющей магнитного поля, тогда как увеличение значений вертикальной Z составляющей меняется менее интенсивно. Мы считаем, что долгопериодные изменения геомагнитных параметров контролируются солнечной активностью. Для выявления сейсмогенных эффектов в вариациях параметров геомагнитного поля необходимо проведение спектрального анализа данных в ультранизкочастотном (УНЧ) диапазоне [4, 8, 12]. И дальнейшие наши исследования будут продолжены в этом направлении.

Работа выполнена при поддержке программно-целевого финансирования научно-технической программы О.0799 Аэрокосмическим комитетом Министерства оборонной и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан, проект № 0118РК00799.

Литература

1. Bercovici D., Tackley P.J., Ricard Y. The Generation of Plate Tectonics from Mantle Dynamics // Researchgate, Elsevier. Doi: 10.1016/B978-0-444-53802-4.00135-4. 2015. P. 272-311.
2. Khachikyan G., Inchin A., and Lozbin A. Spatial distribution of seismicity: relationships with geomagnetic Z-component in geocentric solar magnetospheric coordinate system// International Journal of Geosciences. 2012. V. 3. № 5. P. 1084-1088.
3. Тимуш А.В. Сейсмотектоника литосферы Казахстана. Алматы: Luxe Media Group. 2011. 590 с.
4. Febriani F., Han P., Yoshino C., Hattori K., Nurdiyanto B., Effendi N., Maulana I., Gaffar E. Ultra low frequency (ULF) electromagnetic anomalies associated with large earthquakes in

Java Island, Indonesia by using wavelet transform and detrended fluctuation analysis // Nat. Hazards Earth Syst. Sci., doi:10.5194/nhess-14-789-2014. 2014. V.14. P. 789-798.
5. Hattori K., Han P., Yoshino C., Febriani F., Yamaguchi H., Chen C.H. Investigation of ULF Seismo-Magnetic Phenomena in Kanto, Japan During 2000-2010 // Case Studies and Statistical Studies, Surv Geophys. Doi: 10.1007/s10712-012-9215-x. 2013. V.34. P. 293-316.
6. Hayakawa M. On the fluctuation spectra of seismo-electromagnetic phenomena // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Doi:10.5194/nhess-11-301-2011301. 2011. Vol. 11. P. 301-308.
7. Dovbnya B.V. On the earthquake effects in the regime of Pc1 // J. Atmosph. Terrestr. Physics. 2007. V. 69, N 14. P. 1765-1769.
8. Smirnova N., Hayakawa M., Gotoh K., Volobuev D. Scaling characteristics of ULF geomagnetic fields at the Guam seismoactive area and their dynamics in relation to the earthquake // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Doi: 10.5194/nhess-1-119-20011. 2001. V. 1. P. 119-126.
9. Masci F., Thomas J.N. Are there new findings in the search for ULF magnetic precursors to earthquakes? // J. Geophys. Res. Space Physics. Doi:10.1002/2015JA021336. 2015. V. 120. P. 10289-10304.
10. Masci F. On claimed ULF seismogenic fractal signatures in the geomagnetic field // J. Geophys. Res.-Space Phys. Doi:10.1029/2010JA015311. 2010. V. 115. P. A10236.
11. Bak, P., Tang, C. Wiesenfeld K. Self - organized criticality, Phys. Rev. A, doi:10.1103/PhysRevA.38.364. 1988. V. 38.P. 364-374,
12. Sharapatov A. On variations of the geomagnetic field // News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan Series of Geology and Technical Sciences. 2014. V. 6 (408). P. 35-40.
13. Cliver E.W., Svalgaard L., Ling A.G. Origins of the semiannual variation of geomagnetic activity in 1954 and 1996 // Annales Geophysicae. 2004. V. 22. P. 93-100.

УДК 622.257.12:620.193.4

ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ

Ахмедова Н.А., Ботирова Н.У.
ana_21101977@mail.ru, nargiza311@mail.ru
Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

В статье рассматривается повышение коррозионной стойкости тампонажных материалов в условиях агрессивных, химических сред. Показаны основные факторы, которые снижают долговечность цементного камня, а также рассмотрены процессы разрушения цементного камня. Приведены: графика с требованиями к составу и свойствам цементов для условий сероводородной и углекислой агрессии.

Ключевые слова: тампонажный материал, агрессивная среда, коррозия, долговечность, полимер, химическая стойкость, герметичность, цементный камень.

Республика Узбекистан является одним из наиболее перспективных и инвестиционно-привлекательных государств на среднеазиатском пространстве. Особое внимание при этом уделяется месторождениям нефти и газа. В то же время в составе флюидов ряда крупных месторождений углеводородов содержатся кислые компоненты, в частности сероводород и углекислота, содержание которых может достигать до 40 ***% и более.***

В настоящее время очевидно, что качество скважины, как инженерное сооружение, во многом определяется проведением заключительных работ, и, в первую очередь, качеством крепления. Открытие новых глубокозалегающих месторождений со сложными геологическими разрезами и их ввод в эксплуатацию предъявляют новые требования к креплению скважин. Это актуализируется разведкой и вводом в эксплуатацию месторождений с агрессивными компонентами в пластовом флюиде (H_2S, CO_2 и др.).

Основным фактором, снижающим долговечность цементного камня, является его коррозия. Под коррозией следует понимать разрушение камня и потерю им основных свойств под действием окружающей среды.

Коррозия цементного камня — это процесс разрушения материала, образуемого после затвердения тампонажного раствора в скважине. Данное разрушение обусловлено воздействием на тело камня внешних факторов. По типу вызывающих коррозию цементного камня факторов можно выделить два основных ее вида: физических и химических коррозиях тампонажного материала. Также существуют такие менее распространенные ее разновидности – биологическая и электрохимическая.

Химическая коррозия тампонажного камня предполагает его разрушение вследствие воздействия агрессивных химических сред. В окружающей материал воде часто содержится значительное количество растворенных солей, которые создают сложную многокомпонентную среду, а потому при разработке мер защиты ориентируются на преобладающий тип.

Агрессивное воздействие на цементный камень оказывают все кислоты и многие соли. Пластовые воды большинства месторождений содержат в своем составе растворенные соли различных кислот и щелочей и являются весьма агрессивными по отношению к тампонажному камню. Минерализация пластовых вод, как правило, возрастает с увеличением глубины и колеблется в широких пределах. Этот вид коррозии широко распространен, а разрушение при нем происходит наиболее интенсивно. Наибольшему воздействию в цементном камне подвержена известь. Кислоты и некоторые соли вступают в реакцию с ней и образуют новые соединения – либо легкорастворимые в воде, либо непрочные рыхлые, либо

кристаллизующиеся со значительным изменением объема. Иногда эти соединения обладают всеми перечисленными свойствами. Все кислоты разрушают портландцементный камень по следующим реакциям:

$$Ca(OH)_2 + HCl = CaCl_2 + 2H_2O;$$
$$Ca(OH)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2H_2O.$$

Хлористый кальций легко растворим, а $CaSO_4$ может вступать по взаимодействие с гидроаллюминатами кальция и образовывать гидросульфоаллюминат кальция. Последний кристаллизуется с увеличением объема. Гипс также кристаллизуется с увеличением объема. В пластовых водах нет непосредственно соляной и серной кислот, но имеется достаточное количество солей, агрессивных по отношению к цементному камню. К таким солям относятся сульфаты ($MgSO_4$, $CaSO_4$), хлориды ($MgCl_2$, $CaCl_2$) [1, 2].

Наибольшую опасность, из всего многообразия коррозионно-активных пластовых флюидов, представляет сероводород и углекислота. Они вызывают интенсивное коррозионное поражение как металлических элементов, входящих в состав крепи, так и тампонажного камня, являющимся пассиватором металлов. В то же время, механизм коррозионного поражения цементного камня и физико-химические факторы, определяющие скорость процесса, остаются до конца не выясненными. Это обстоятельство не позволяет давать прогнозную оценку долговечности крепи на базе существующих тампонажных материалов и сдерживает проведение исследований по созданию новых тампонажных композиций с повышенной коррозионной стойкостью.



Рисунок 1 – Образец цементного камня под действием сероводорода

Нарушение герметичности крепи скважин в результате изменения структуры цементного камня и его разрушения, а также коррозионного повреждения колонн приводят к осложнениям: возникают заколонные газопроявления и межпластовые перетоки. Это является недопустимым с позиций промышленной и экологической безопасности эксплуатации сероводородсодержащих месторождений.

Разработка месторождений со сложными горно-геологическими условиями строительства скважин (высокие пластовые давления, наличие в продукции кислых агрессивных компонентов, особенно сероводорода), требует качественно нового подхода к их цементированию, сопровождающемуся рядом осложнений. Повышение качества крепления скважин в этих условиях может быть обеспечено созданием новых рецептур коррозионностойких тампонажных растворов и способов улучшения их технологических показателей.

Применяемые в настоящее время тампонажные материалы на шлаковой основе отличаются повышенной стойкостью к воздействию сероводорода по сравнению с портландцементами, но ассортимент их очень мал. Кроме того, шлаковые цементы не

способны предотвратить сероводородную коррозию поверхности обсадных труб в результате своего химико-минералогического состава.

Применение добавок ускорителей твердения и пластификаторов должно повышать долговечность. Однако, пластификаторы, как правило, замедляют процессы твердения вяжущих и поэтому применение их в больших дозах нежелательно. Отрицательное влияние на стойкость камня к действию циклических температур оказывают добавки глины в цементный раствор [3].

Тампонажные композиции, применяемые при креплении скважин в условиях сероводородной агрессии, должны, помимо общих для всех композиций, отвечать следующим условиям:

1. Обладать повышенной устойчивостью к сероводороду;

2. Иметь высокую прочность и низкую проницаемость цементного камня.

Из тампонажных цементов, устойчивых к сероводородной агрессии, можно выделить: глинозёмистые, коррозионностойкие материалы облегчённые (ЦТОК) и утяжелённые (ЦТУК), шлакопесчаные смеси совместного помола (ШПЦС-200, УШЦ-200), а также полимерные композиции. Ограниченно устойчив к H_2S цемент типа ШПЦС- 120. В настоящее время в условиях сероводородной коррозии (менее 6% H_2S) используют тампонажные портландцементы, устойчивые к сульфатной коррозии, марки G (ПЦТ I-G СС-1) и H (ПЦТ I-H СС-1), обладающие повышенными прочностными характеристиками.

Для повышения коррозионной стойкости цемента рекомендуются два основных пути:

1. Снижение водоцементного отношения тампонажного раствора.

2. Введение в состав раствора реагентов – поглотителей сероводорода.

Снижение водоцементного отношения позволяет повысить прочность цементного камня, его седиментационную устойчивость. Также это позволяет снизить проницаемость камня и содержание в нём свободной воды. Рекомендуется использовать цементный раствор с водоцементным отношением не выше 0,4. При этом необходимо учитывать, что плотность такого раствора несколько выше, чем плотность растворов, применяемых в обычных условиях.

В качестве реагентов-поглотителей возможно использование любого поглотителя, применявшегося при бурении с концентрацией, равной применявшейся для обработки бурового раствора. Однако, перед использованием реагента необходимо провести лабораторные исследования, так как некоторые поглотители, особенно на основе окислов металлов, могут изменять pH раствора (как правило, они обладают кислой реакцией). Кроме того, они могут несколько ослаблять структуру цементного камня. В зависимости от типа реагента, он может вводиться как в состав жидкости затворения (водорастворимые реагенты), так и в состав сухого цемента через цементосмесительную машину. Не рекомендуется использовать в качестве поглотителя сероводорода медный купорос, так как, входя в состав цемента, он может вызвать ускоренную коррозию обсадной колонны.

Помимо этого, рекомендуется вводить в тампонажный раствор реагент Т-66 (Т-80, Т-90) в качестве вспомогательного поглощающего реагента, пеногасителя и понизителя водоотдачи раствора. Количество Т-66 не должно превышать 5% от массы цемента. Реагент вводится в состав жидкости затворения.

В связи с тем, что рекомендуемый тампонажный раствор имеет низкое водоцементное отношение, его реологические параметры значительно превосходят параметры растворов, применяемых в неосложнённых условиях и имеющих, как правило, водоцементное отношение близкое к 0,5. Кроме того, низкое водоцементное отношение обуславливает пониженные сроки загустевания и схватывания тампонажного раствора. Поэтому в составе раствора должны присутствовать реагенты-пластификаторы и реагенты – замедлители схватывания. Не рекомендуется использовать в качестве пластификаторов реагенты, которые могут быстро разлагаться с последующим резким изменением реологических свойств тампонажного раствора в процессе продавки. Также не рекомендуется использование НТФ и других реагентов, дающих кислую реакцию. Эти требования относятся как к зарубежным, так и к

отечественным реагентам. В связи с вышеизложенным, в качестве пластификатора рекомендуется использовать КССБ (0,1-0,7%) либо ГКЖ-10 (ГКЖ-11) (0,1-0,5%). Данные реагенты длительное время не теряют своих свойств даже в процессе разложения. Не рекомендуется использование ГКЖ при температурах свыше 75°С [4].

А.И. Булатовым и др. [5] исследовано влияние сероводородсодержащих вод на коррозионную стойкость шлаковых цементов и утяжеленных цементов с полимерными добавками и смолами. Новообразования в цементах анализировались по данным рентгеновского и дифференциально-термического анализов. Но основным критерием коррозионной и механической стойкости остается прочность.

Наличие бездефектной границы раздела вяжущее – наполнитель и связующее – заполнитель, способствует повышению водо- и химической стойкости. При нарушении контакта на границе раздела, агрессивная среда заполняет трещины, пустоты, накапливается в них и вызывает снижение свойств материала. Так как эта граница, следствие развитой поверхности заполнителя и, особенно, наполнителя велика, ее состояние для композиционного материала имеет решающее значение.

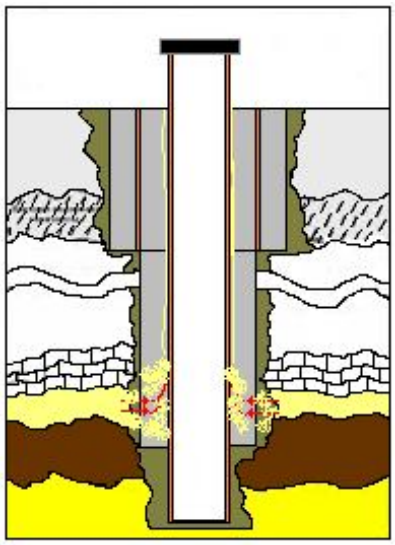


Рисунок 2 – Последствии коррозии цементного камня в агрессивных пластах

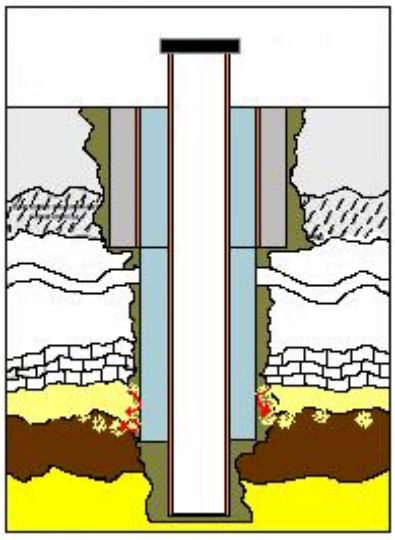


Рисунок 3 – После обработок полимерным тампонажным материалом

Правильный выбор полимерного вяжущего и отвердителя, наполнителя и заполнителя является необходимым условием высокой химической стойкости композита. При

использовании химически инертного наполнителя и заполнителя химические превращения происходят в основном в полимерной матрице.

Таким образом, специальные полимерные материалы - включают в себя материалы для антикоррозийной обработки металлических поверхностей, для придания стойкости против агрессивного воздействия жидких отходов и сточных вод.

На основании изученных работ авторами были сделаны выводы о том, что применение традиционных тампонажных материалов, в том числе и коррозионностойких цементов, не позволяет в полной мере решить задачу длительной безаварийной эксплуатации скважин, содержащих сероводород. Одним из рациональных путей повышения надежности крепи в агрессивных условиях является использование полимерных тампонажных составов, содержащих карбамидо-фурановые связующие. При применении таких тампонажных растворов для крепления скважин на поверхности обсадных труб образуется адсорбционная защитная пленка, предохраняющая от механических повреждений за счет сформировавшегося тампонажного камня повышенной коррозионной стойкости.

Правильный выбор тампонажного раствора на основе полимерных, полимерминеральных композиции обеспечивают высокую прочность, трещиностойкость, герметичность и коррозионностойкость.

Литература

1. Кравцов В.М., Кузнецов Ю.С, Мавлютов М.Р., Агзамов Ф.А. Крепление высокотемпературных скважин в коррозионно-активных средах. М.: Недра, 1987. 190 с.
2. Агзамов Ф.А., Измухамбетов Б.С. Долговечность тампонажного камня в коррозионно-активных средах. СПб.: ООО «Недра». 2005. 318 с.
3. Осадчая И.Л. Повышение коррозионной стойкости тампонажных материалов в условиях сероводородной агрессии: Дис. … канд. техн. наук. Ставрополь. 2013. 138 с.
4. Коррозионностойкие материалы для нефтегазодобывающей промышленности: экспресс-информ // Коррозия и защита металлов. М.: ВНИИОЭНГ, 1981. Вып. 31. С. 24-29.
5. Булатов А.И., Иванова Н.А., Новохатский Д.Ф., Рахимбаев Ш.М., Рябова Л.И. Влияние сероводородсодержащих пластовых вод на коррозионную стойкость цементного камня // Нефтяное хозяйство. 1981. № 7. С. 27-30.

УДК 539.1:629.78

ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ РАДИАЦИОННО-СТОЙКОЙ АРХИТЕКТУРЫ ПРОЦЕССОРОВ ДЛЯ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Аязбаев Г.М.[1], Лозбин А.Ю.[1], Инчин А.С.[2]
galiman85@mail.ru
[1]Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан
[2]Институт космической техники и технологий, г. Алматы, Республика Казахстан

В работе рассматриваются основные подходы создания интегральных схем с повышенной радиационной стойкостью. Перечисляются факторы радиационных воздействий космического пространства и их характерные воздействия на элементы радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов. Рассмотрены различные подходы к повышению надежности интегральных схем, стойких к ионизирующему излучению. Показаны различные архитектуры построения радиационно-стойких процессорных каналов в составе «систем на кристаллах» (СНК).

Ключевые слова: космический аппарат, радиационная стойкость, резервирование, трехканальная вычислительная система.

После того, как в 1999 году Калифорнийским политехническим и Стэндфордским университетами был разработан новый формат сверхмалых КА CubeSat (10×10×10 см^3-1U), создание и эксплуатация малых и сверхмалых космических аппаратов (КА) обрели новый бурный виток развития.

В данной статье в качестве малых КА рассматривается линейка малых и сверхмалых КА формата CubeSat от 1U и более (возможно создание КА до 10U).

Сегодня малые КА CubeSat выросли от университетских технологических разработок до серьёзных коммерческих проектов. Эксплуатация малых КА приобретает все более глобальный характер, способный решить широкий круг задач.

В качестве яркого примера можно привести проект Planet Labs с сетью группировок ДЗЗ спутников CubeSat "Dove", обновляющий ежедневную карту мира.

Принципом развития малых КА CubeSat является использования подходов COTS (Commercial Off-The-Shelf) и IOTS (Industry-Off-The-Shelf), описывающие технологию применения доступных и открытых решений коммерческого и промышленного назначения. Это означает замену дорогих электронных начинок военного и космического класса радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) КА дешевыми, общедоступными и широко апробированными компонентами гражданского применения. Использование такого подхода отразилось на ряде качеств современных малых КА в сравнении с большими КА:

- сокращения сроков и стоимости разработки;
- удобство эксплуатации и обслуживания;
- доступность университетам и частным компаниям;
- широкую возможность творческого проектирования и др.

Другим фактором развитие малых КА является интенсивное развитие технологии СБИС (сверхбольшая интегральная схема), которая позволяет интегрировать на одном кристалле функции нескольких цифровых устройств. На одном чипе интегрируется процессорное ядро, кэш память, контроллеры оперативной памяти, таймеры, интерфейсы и многие другие периферийные устройств, определяя тем самым новую концепцию построения вычислительных систем - «система на кристалле» (СНК).

Сегодня малые КА, конечно, уступают по надежности и производительности традиционным спутникам в следствие критичности их ресурса. Поэтому при проектировании

малых КА для каждой новой задачи необходимо определить золотую границу деления ресурса между надежностью и производительностью.

Одним из перспективных решений при проектировании РЭА КА является применение ПЛИС (программируемая логическая интегральная схема). ПЛИС – это цифровое устройство, позволяющее создавать интегральные программируемые логики. Логика функционирования ПЛИС не изготавливается на фабрике, а проектируется конечным пользователем с помощью программных средств. Главной особенностью ПЛИС является возможность проектирования параллельных схем в отличие от классических микропроцессорных систем. Микропроцессоры ограничены возможностью архитектуры ядра и фактически являются одноканальными системами, которые за единицу процессорного времени выполняют одну машинную инструкцию. Параллельность в микропроцессорных системах достигается за счет распределения процессорного времени на количество параллельных процессов (квазипараллельные процессы). Особенность распараллеливания процессов ПЛИС делает ее перспективной элементной базой для создания надежных систем и систем, требующих большого объема вычислительной обработки. Поэтому использование СНК на основе ПЛИС дает возможность по новому подойти к организации резервирования и повышения надежности РЭА малых КА.

Основой современной электроники являются интегральные схемы (ИС). Базовый элемент ИС является транзистор. СБИС могут содержать миллиарды транзисторов. Современные ИС основаны на структуре «металл–оксид–полупроводник» (МОП) для аналоговых ИС и комплементарной МОП-технологии (КМОП) для цифровых ИС [1].

С развитием полупроводниковых технологий наблюдается постоянное уменьшение размеров и напряжения питания ИС, а также рост тактовой частоты работы ИС. Но в микроэлектронике космического назначения не всегда успешно используются новые технологии ИС в силу их эксплуатации в жесткой среде выживания.

Микросхемы КА для обеспечения корректной и бесперебойной работы должны обладать высокой устойчивостью к сбоям, которые вызваны воздействием различных факторов космического пространства. Наиболее значимым фактором, вызывающим повреждение РЭА КА, являются ионизирующее излучение (ИИ) и космическая плазма.

Отказы полупроводниковых приборов и ИС при воздействии ионизирующих излучений в основном происходят вследствие ионизационных эффектов. Эффекты ионизации по характеру воздействия на полупроводниковую электронику делятся на поверхностные и объемные ионизационные эффекты.

Поверхностные ионизационные эффекты наблюдаются в основном с постепенным накоплением зарядов в слоях подзатворных диэлектриков ИС и выражаются в суммарной дозе ионизации (Total Ionization Dose, TID).

Общая накопленная доза происходит вследствие ионизации затвора и подзатворного оксида (SiO_2) при попадании космических частиц на КМОП-структуры ИС. В подзатворном окисле накапливается индуцированный излучением положительный заряд и на границе подложки (Si) и подзатворного оксида (SiO_2) возникают паразитные токи утечки. В результате происходит повышение статического тока потребления, смещение пороговых напряжений и изменение динамических характеристик транзисторов.

На основе эффекта накопленной дозы увеличивается ток, протекающий через транзистор в выключенном состоянии, возрастает потребление питания и рассеивание тепла, что приводит к ускоренному старению и разрушению транзистора.

Объемные ионизационные эффекты наблюдаются в основном из-за процессов генерации и переноса электронно-дырочных пар в структурах ИС. Такие эффекты могут быть следствием воздействий импульсных ИИ (гамма, рентгеновских, электронных и др.) и отдельных высокоэнергетических частиц (протонов и ионов солнечных и галактических космических лучей). Объемные ионизационные эффекты выражаются одиночными событиями радиационного воздействия (Single Event Effects, SEE) и делятся на ряд эффектов по характеру воздействий (SEU, SEL, SET, SEGR).

При одиночных случайных событиях тяжелые частицы, попадая в КМОП-схемы ИС проникают в структуры полупроводникового материала и оставляют за собой трек свободных носителей заряда (рис. 1).

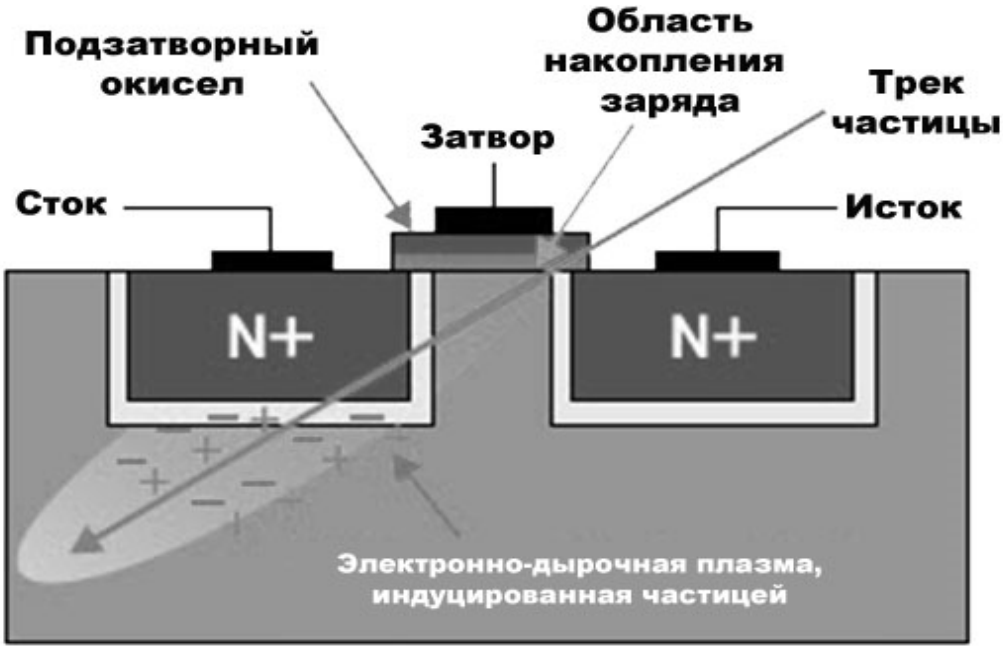


Рисунок 1 - Воздействие тяжелых частиц в КМОП-структуры ИС

Одиночные обратимые события (Single Event Upset, SEU) происходят в основном при попадании ионов в схемы памяти и статические триггеры. Импульс тока, индуцированный ионом, изменяет состояние логического элемента. При обнаружении сбоя можно восстановить правильное состояние логического элемента. С уменьшением размеров транзисторов уменьшается их устойчивость для SEU.

Наиболее опасными являются одиночные сбои переключения (Single Event Transient, SET) и защелкивания транзисторов (Single Event Latch-up, SEL). Такие сбои в основном происходит вследствие причины резкого скачка напряжения на входе транзистора, которые могут быть вызваны эффектами фототоков большой дозой излучении.

Обычным КМОП-транзисторам свойственен паразитный тиристор, который в случае большого входного напряжения переходит во включенное состояние. В следствии этого между стоком и истоком транзистора возникает область с низким сопротивлением. Ток, протекая в нижние слои микросхемы, нагревает устройство и может его разрушить. В случае защелкивания сбой необратим и ток не перестает течь даже после разрешения причины возникновения (коррекции входного напряжения). С увеличением частоты тактовой синхронизации полупроводниковых элементов увеличивается вероятность проявления сбоев переключения и защелкивания.

Задача повышения радиационной стойкости ИС КА может быть решена на разных уровнях разработки ИС. Сегодня существуют несколько подходов к повышению надежности СБИС, стойких к ИИ:

Технологический. Наиболее перспективный подход основывается на использовании специализированных технологических процессов изготовления СБИС (объемный КМОП-процесс выращивания эпитаксиального слоя) и специализированных материалов – технология «кремний на изоляторе» (КНИ), «кремний на сапфире» (КНС). ИС, произведенные по такой технологии, в сотни раз дороже, чем ИС произведенные по классической КМОП технологии.

Схемотехнический. Такой подход считается наиболее выгодным. Современные средства проектирования системы на кристалле для ПЛИС позволяют разработать ИС с достаточно повышенной радиационной стойкостью. С помощью использования библиотек

элементов с мажоритированной логикой, кодеров и декодеров коррекции ошибок, можно добиться показателей радиационной стойкости ИС, близких к технологическим решениям (на примере практики французской компаний MHS и американской компаний Aeroflex).

Системный. Это классический и стандартный подход, который предполагает резервирование модулей, использование программных методов коррекций (EDAC) и других методов защиты на системном уровне.

Также отдельно можно выделить использование методов локальной защиты микроэлектроники КА с использованием специальных корпусов и покрытий. Но такой подход применим в основном для больших КА (от 50кг и выше).

Как было отмечено, схемотехнический подход создания радиационно-стойкой электроники КА является более разумным подходом для перспективных проектов. Также важно, что такой подход позволяет разрабатывать оптимальные архитектуры СНК бортовой электроники КА в зависимости от его функционального назначения в составе КА.

Центральным вычислительным узлом бортового модуля (СНК) КА является процессор (ядро или канал). Поэтому, рассмотрим основные архитектуры построения радиационно-стойких процессорных каналов в составе СНК.

Одноканальные архитектуры. Являются наиболее простым решением. Для повышения стойкости в основном используют временную или программную избыточность. Процедуры проверки и корректировки сбоев реализуются программными методами и применением сторожевого таймера.

Двухканальные архитектуры. По сути они является одноканальной системой с резервным каналом. Но резервный канал может использоваться для парирования возникающих сбоев на главном канале и при отказе первого канала может его заменить, продолжая прерванный контекст вычисления с заменой ролей между каналами.

Трехканальные архитектуры. В основном построен на методе мажоритирования выходных сигналов из трех независимых каналов по принципу голосования два из трех (Triple modular redundancy, TMR). Являются более надежными и применяемыми системами резервирования вычислительных блоков коммерческих КА. К особенностям системы можно отнести избыточное увеличение площади проектируемой логики.

Таким образом в данной статье рассмотрены основные подходы создания ИС с повышенной радиационной стойкостью. Перечислены факторы радиационных воздействий космического пространства и их характеры воздействия на ИС КА. Показаны разные архитектуры построения процессоров в СНК. Тем не менее, конечная эффективность результата создания радиационно-стойкой архитектуры СНК КА возлагается на инженера-разработчика и зависит от его опыта и навыка. В зависимости от приоритета поставленных целей и критерий ограниченности необходимо решить оптимально задачу выбора количества и качества схем резервирования из большого количества комбинаций канального резервирования.

Литература

1. Богатырев Ю.В., Шведов С.В. Радиационно стойкие интегральные схемы // Наука и инновации. 2012. № 3. С. 13-14.
2. Телец Б., Цыбин С., Быстрицкий А., Подъяпольский С. ПЛИС для космических применений. Архитектурные и схемотехнические особенности // Электроника: НТБ. 2005. № 6. С. 44-48.
3. Юдинцев В. Радиационно стойкие интегральные схемы. Надежность в космосе и на земле // Электроника: НТБ. 2007. № 5. С. 72-77.
4. Леонтьев А.В Проблемы применимости многоканальных вычислительных структур для систем управления космическими аппаратами // Информационные технологии, телекоммуникации и системы управления. Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: Сб. докл. Екатеринбург: УрФУ. 2015. С. 159-165.

5. Сабуров В.А. Способы повышения радиационной стойкости интегральных микросхем к эффекту SEU на различных этапах создания // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 7-1. С. 66-74.
6. Полесский С., Жаднов В., Артюхова М., Прохоров В. Обеспечение радиационной стойкости аппаратуры космических аппаратов при проектировании // Компоненты и технологии. 2010. № 9. С. 93-98.
7. Попович А. Топологическая норма и радиационная стойкость // Компоненты и Технологии. 2010. № 9. С. 100-102.

УДК 53.082.2+532.546+550.349

ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА КОСЕЙСМИЧЕСКИЙ ОТКЛИК ФЛЮИДОНАСЫЩЕННОГО КОЛЛЕКТОРА

Беседина А.Н.[1], Виноградов Е.А.[1], Григорян Д.Г.[2]
besedina.a@gmail.com, gian.vin@gmail.com, grigoryan@phystech.edu
[1]Институт динамики геосфер Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация
[2]Московский физико-технический институт, г. Москва, Российская Федерация

В данной работе выполнен сравнительный анализ косейсмических вариаций уровня безнапорного горизонта, исходных и отфильтрованных от влияния атмосферного давления. Экспериментальные данные получены на территории геофизической обсерватории ИДГ РАН «Михнево», в пределах которой проводится комплексный мониторинг геофизических полей. За период наблюдений 2013 – 2017 гг. сформирована база гидрогеологических и сейсмических откликов на удаленные землетрясения, произошедшие в различных регионах мира. По результатам предварительной обработки 36 косейсмических вариаций уровня безнапорного водоносного горизонта определено 9 событий, для которых расхождение между амплитудами косейсмических вариаций, исходными и отфильтрованными от влияния атмосферного давления, превысило точность измерений и составило 2.8 - 8.7 мм. В качестве дополнительных факторов, влияющих на амплитуду гидрогеологического отклика на прохождение сейсмических волн, рассматриваются режим фильтрации и положение уровня безнапорного водоносного горизонта. *Работа выполнена в рамках государственного задания ИДГ РАН (проект № АААА-А17-117112350020-9) и при финансовой поддержке проекта РФФИ 19-05-00809.*

Ключевые слова: флюидонасыщенный коллектор, косейсмические вариации, гидрогеологический отклик, атмосферное давление, прецизионный мониторинг.

Введение. Широкое распространение и внедрение современных методов и высокоточной аппаратуры позволяет регистрировать гидрогеологические отклики на землетрясения не только в сейсмоактивных регионах [1], но и на значительных расстояниях от очагов землетрясений - в пределах платформенных территорий [2]. Результаты прецизионного мониторинга режима подземных вод могут использоваться для оценки фильтрационных параметров [3-6], диагностики состояния флюидонасыщенных коллекторов [7], тестирования инерционности системы «водоносный горизонт – скважина» и информативности пунктов наблюдений [8, 9]. Существуют различные методики обработки исходных данных, направленные на удаление помех и выделение полезных информативных сигналов. В частности, анализ влияния атмосферного давления на уровень подземных вод рассматривается в качестве одной из характеристик, определяющей тип водоносного горизонта [10, 11].

До сих остается открытым вопрос по поводу необходимости фильтрации (отчистки) от атмосферного давления гидрогеологических откликов на прохождение сейсмических волн от землетрясений. С одной стороны, удаление барометрической составляющей из вариаций уровня подземных вод позволяет извлекать слабые сигналы [12] и соответствует получению достоверной информации о реакции водоносных горизонтов на эпизодическое эндогенное воздействие. С другой стороны – может «осложнять» полученные данные из-за различий в уровне шумов в гидрогеологических и барометрических рядах.

Основная цель исследований заключается в анализе влияния атмосферного давления на вариации уровня безнапорного горизонта, связанные с прохождением сейсмических волн от удаленных землетрясений. Экспериментальная база гидрогеологических откликов на удаленные землетрясения сформирована по данным синхронной регистрации вариаций

уровня подземных вод, сейсмических сигналов, и метеопараметров на территории геофизической обсерватории ИДГ РАН «Михнево» (ГФО «Михнево») в 2013 - 2017 гг.

Методика работ. Объект исследований – обводненный флюидонасыщенный коллектор трещинно-порового типа вскрыт в наблюдательной скважине совершенного типа глубиной 60 м, расположенной на территории ГФО «Михнево». В июне 2013 г. скважина была оборудована прецизионным датчиком уровня LMP308i (производство Германия). Измерения уровня выполняются с частотой 1 Гц и точностью 1.7 мм. Синхронно проводится регистрация атмосферного давления цифровой метеостанцией Vantage Pro 2 и сейсмических данных сейсмометрами STS-2 и CM-3-E, установленными в шахте на глубине 20 м [13]. Для сравнения с гидрогеологическими данными сейсмические данные предварительно децимировались в 100 раз.

В результате ранее проведенной обработки имеющейся базы гидрогеологических и сейсмических данных реакции определен нижний порог скорости регистрации сейсмических событий (≥ 0.1 мм/с) в вариациях уровня подземных вод [2], который в дальнейшем использован для формирования сводной таблицы гидрогеологических откликов на территории ГФО «Михнево». Основные параметры рассматриваемых сейсмических событий – время прихода продольной волны на станцию «Обнинск» (OBN), расположенную на расстоянии ~100 км от ГФО «Михнево», координаты и глубина очага землетрясения взяты из каталога Геофизической службы РАН (ГС РАН www.ceme.gsras.ru). Магнитуда M_w приведена по каталогу Global CMT Catalog (http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html).

Первичная обработка данных заключалась в выборке и систематизации гидрогеологических и сейсмических (по вертикальной компоненте) записей в интервалах, соответствующих времени прохождения волн от удаленных землетрясений. В группах поверхностных волн, выделенных в сейсмограммах скорости смещения грунта и уровне безнапорного горизонта, определялись максимальные значения амплитуд, измеренные между последовательным максимумом и минимумом. Эти характеристики использовались при сравнении гидрогеологических откликов на прохождение сейсмических волн.

В датчике LMP308i предусмотрена компенсация атмосферного давления при проведении измерений в открытом стволе скважины в виде тонкого капилляра, но это не позволяет нивелировать влияние атмосферного давления на пласт. Временные ряды вариаций уровня водоносного горизонта изменяются в противофазе от атмосферного давления из-за деформации флюидонасыщенного коллектора за счет эффективного (внешнего) напряжения и давления на свободное зеркало воды в скважине.

Удаление влияния атмосферного давления на запись уровня воды проводилось в предположении линейной связи между уровнем воды и атмосферным давлением. В этом случае очищенную запись уровня воды $y(t)$ можно выразить через исходную запись уровня $f(t)$ и давления $g(t)$ следующим образом [14]:

$$y(t) = f(t) - K \cdot g(t),$$

где константу K можно определить методом наименьших квадратов. С учетом дискретности исходных рядов получаем следующее значение для K:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_i \cdot g_i}{\sum_{i-1}^{n} g_i \cdot g_i}.$$

При первичной обработке в исходных и отфильтрованных рядах определены значения максимальных амплитуд вариаций уровня воды, которые соответствуют максимальной амплитуде скорости смещения грунта по вертикальной компоненте в поверхностной волне, зарегистрированной от удаленного землетрясения.

Результаты исследований и их обсуждение. ГФО «Михнево» расположена в 100 км к югу от Москвы, в центральной части Русской плиты, на расстоянии 14 км севернее р. Ока и приурочена к северо-восточной окраине Приокско-Террасного биосферного заповедника.

Режим безнапорного водоносного горизонта техногенно нарушен в связи с постоянной эксплуатацией рядом водозаборных скважин, расположенных как на прилегающей территории, так и на территории ГФО «Михнево». Данные многолетнего мониторинга указывают на региональный тренд снижения уровня подземных вод с мая 2014 г. по март 2016 г. от 42.7 м до 46.4 м (рис. 1). Сезонные вариации уровня слабо выражены. Максимальный подъем уровня до 1.5 м зарегистрирован осенью 2013, минимальный – до 0.5 м весной 2015 г.

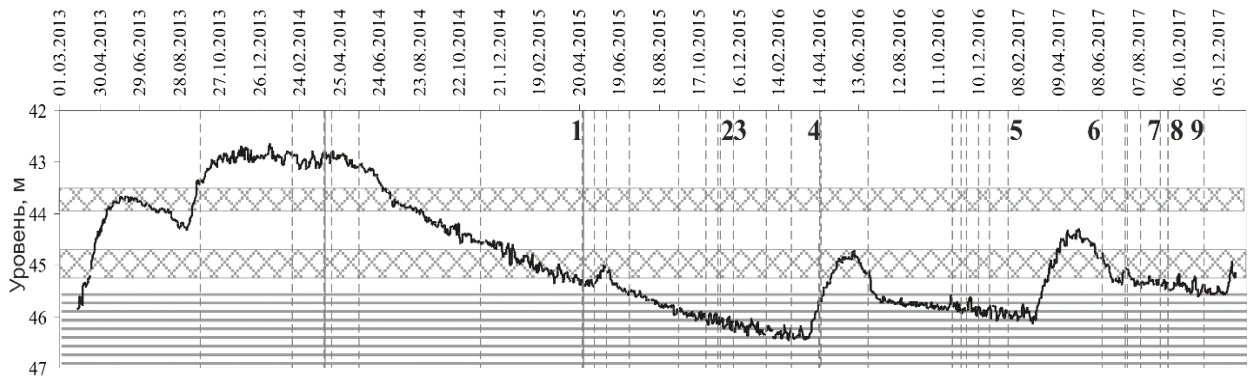


Рисунок 1 – Диаграмма уровня безнапорного водоносного горизонта (вертикальным пунктиром выделены даты землетрясений, которые зарегистрированы в вариациях уровня подземных вод, клеткой обозначены зоны интенсивной трещиноватости, горизонтальной штриховкой – глинистые прослои, цифра – номер землетрясения, при котором зарегистрировано расхождение между исходным и отфильтрованным от атмосферного давления уровнем, превышающее точность измерений)

По результатам геофизических исследований, проведенных в скважине, полностью вскрывающей безнапорный водоносный горизонт, в пределах водонасыщенного коллектора выделены две зоны интенсивной трещиноватости пород в интервалах 43.5-43.9 и 44.7-45.2 м мощностью 0.4 и 0.7 м и глинистые прослои, обуславливающие неоднородность фильтрационных свойств коллектора в разрезе (рис. 1). По данным бурения отмечен провал бурового инструмента в интервалах 45.0-45.3 и 51.7-52.0 м. Реакция флюидонасыщенного коллектора на прохождение сейсмических волн от удаленных землетрясений зарегистрирована при различном изменяющемся сезонном и региональном тренде уровенной поверхности.

Из существующей базы данных отобрано 36 суточных рядов, в пределах которых были зарегистрированы гидрогеологические отклики безнапорного водоносного горизонта на землетрясения с магнитудами от 6.2 до 8.3, произошедшие на эпицентральных расстояниях от 1863 до 16507 км [15]. Выделенные ряды отфильтрованы от влияния атмосферного давления. Для каждого события в дополнение к ранее определенным максимальным значениям амплитуд скорости смещения грунта и уровня, вызванных прохождением сейсмических волн, определены максимальные значения вариаций уровня, отфильтрованного от влияния атмосферного давления.

Три события – землетрясение 24.05.2014 г. в районе Эгейского моря магнитуда 6.9, 30.05.2015 г. вблизи острова Бонин магнитуда 7.9 и 30.10.2016 г. в районе Центральной Италии магнитуда 6.6 исключены из рассмотрения из-за высокого уровня шума в уровне воды после фильтрации от атмосферного давления. Гидрогеологический отклик на землетрясение в Эквадоре 16.04.2016 г. не рассматривался из-за отсутствия измерений атмосферного давления по техническим причинам. Для 9 гидрогеологических откликов установлено расхождение максимальных значений амплитуд исходного и отфильтрованного уровня, превышающее точность измерений при вариациях атмосферного давления от 0.5 до 4 гПа и различном диапазоне скоростей поверхностных волн (табл. 1).

Согласно данным, приведенным в таблице 1, выдерживается линейная зависимость максимальных значений амплитуд исходного и отфильтрованного уровня от скорости смещения грунта за исключением землетрясения, произошедшего в Мексике 19.09.2017 г. М 7.1. Зависимости между значениями амплитуд исходного и отфильтрованного уровня и атмосферного давления не прослеживается. Наибольшие различия значений исходных и отфильтрованных гидрогеологических откликов до 6.3-8.7 мм установлены для землетрясений, произошедших 8 и 19 сентября 2019 г. в Мексике. В пределах детально рассматриваемого часового интервала регистрации – за 0.5 часа до и после землетрясения при положении уровня безнапорного горизонта на глубине 45.3-45.4 м в зоне повышенной трещиноватости пород вариации уровня не превышали 0.1 мм/мин и соответствовали квазистационарному режиму фильтрации безнапорного водоносного горизонта.

Таблица 1 - Список событий, для которых установлено расхождение амплитуд исходных и отфильтрованных от атмосферного давления гидрогеологических откликов на землетрясения

Номер по дате события	Дата Время прихода продольной волны на станцию «Обнинск»	Глубина очага, км	Магнитуда M_w	Эпицентральное расстояние r, км	Уровень подземных вод, м	Двойная амплитуда скорости смещения грунта Vp-p, мм/с по Z-компоненте	Двойная амплитуда			Регион
							уровня подземных вод, мм		атмосферного давления, гПа	
							исходный	отфильтрованный		
8	2017-09-19 18:28:04.4	50	7.1	10873	45.4	0.15	7.7	14.0	4.0	Мексика
2	2015-11-17 07:14:34.7	10	6.5	2221	46.2	0.16	5.5	7.5	1.5	Греция
4	2016-04-15 16:35:52.0	10	7.0	7287	45.7	0.29	9.2	13.9	1.0	Кюсю, Япония
6	2017-06-12 12:32:43.7	12	6.3	1975	44.9	0.31	10.2	14.5	3.0	Эгейское море
5	2017-01-22 04:48:37.0	150	7.9	12265	45.9	0.35	13.3	15.6	2.0	Соломоновы острова
9	2017-11-12 18:23:00.0	20	7.4	2315	45.4	0.52	18.3	23.0	2.0	Ирак
1	2015-04-25 06:19:30.5	13	7.9	4783	45.4	0.66	29.2	31.0	2.0	Непал
3	2015-12-07 07:56:09.0	33	7.2	3206	46.1	0.82	35.0	37.8	3.0	Таджикистан
7	2017-09-08 05:02:50.4	70	8.2	11024	45.3	2.46	110.6	119.0	4.0	Мексика

В условиях общего снижения уровня со скоростью более 0.2 мм/мин влияние атмосферного давления на максимальные значения амплитуд гидрогеологических откликов от землетрясений в Таджикистане 07.1.2015 г. М 7.2 и Непале 25.04.2015 г. М 7.9 слабо выражены (рис. 2а). Напротив, в условиях квазистационарной фильтрации отмечено увеличение расхождения значений исходного и отфильтрованного гидрогеологического отклика до 4.7 мм при землетрясениях вблизи острова Кюсю 15.04.2016 г. М 7.0 и Ираке 12.11.2017 г. М 7.4 (рис. 2б).

Примечательно, что подобный эффект расхождения значений амплитуд вариаций исходного и отфильтрованного от влияния атмосферного давления гидрогеологического отклика на катастрофическое землетрясение 11.03.2011 г. Тохоку, Япония отмечен в наблюдательной скважине, расположенной в Кобулети, Грузия [16].

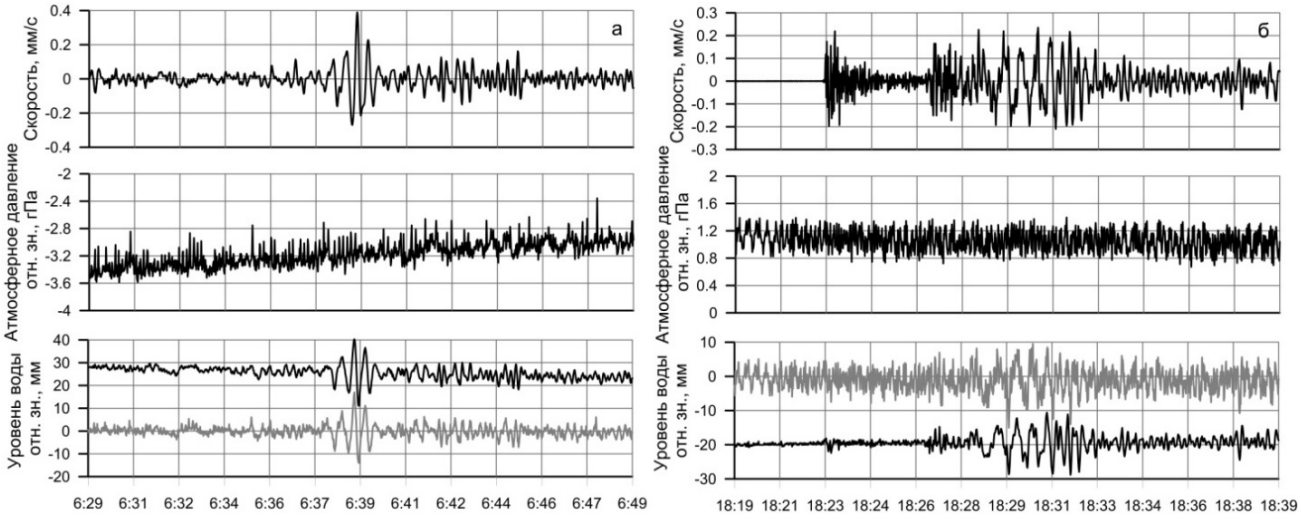


Рисунок 2 – Сейсмограммы (первый ряд), диаграммы атмосферного давления (второй), уровня безнапорного водоносного горизонта (третий) исходного (черный цвет) и отфильтрованного (серый) при землетрясениях в Непале 25.04.2015 г. M=7.9 (а) и Ираке 12.11.2017 г. M=7.4 (б)

Подобное увеличение амплитуды гидрогеологического отклика, отфильтрованного от атмосферного давления, на 4.5 мм относительно исходного значения отмечено от землетрясения 12.06.2017 г. в Эгейском море M=6.3 при положении уровня на глубине 44.9 м в пределах второй зоны интенсивной трещиноватости. Незначительные расхождения вариаций уровня исходного и отфильтрованного в пределах 2.0 – 2.3 мм установлены для землетрясений, произошедших в Греции 17.11.2015 с M=6.5 и в районе Соломоновых островов 22.01.2017 г. M=7.9 при положении уровня в пределах глинистых прослоев на глубине 46.2 и 45.9 м соответственно (рис. 1).

На рис. 3 показаны полученные на территории ГФО «Михнево» данные по регистрации максимальных амплитуд гидрогеологических откликов на прохождение сейсмических волн от удаленных землетрясений.

С учетом точности измерения уровня линейная зависимость между максимальной амплитудой скорости смещения грунта и гидрогеологическими откликами исходными и отфильтрованными различается. Вероятно, значения максимальных вариаций уровня при квазистационарном режиме фильтрации с учетом влияния атмосферного давления наиболее близко соответствуют упругопластическому деформированию флюидонасыщенного коллектора.

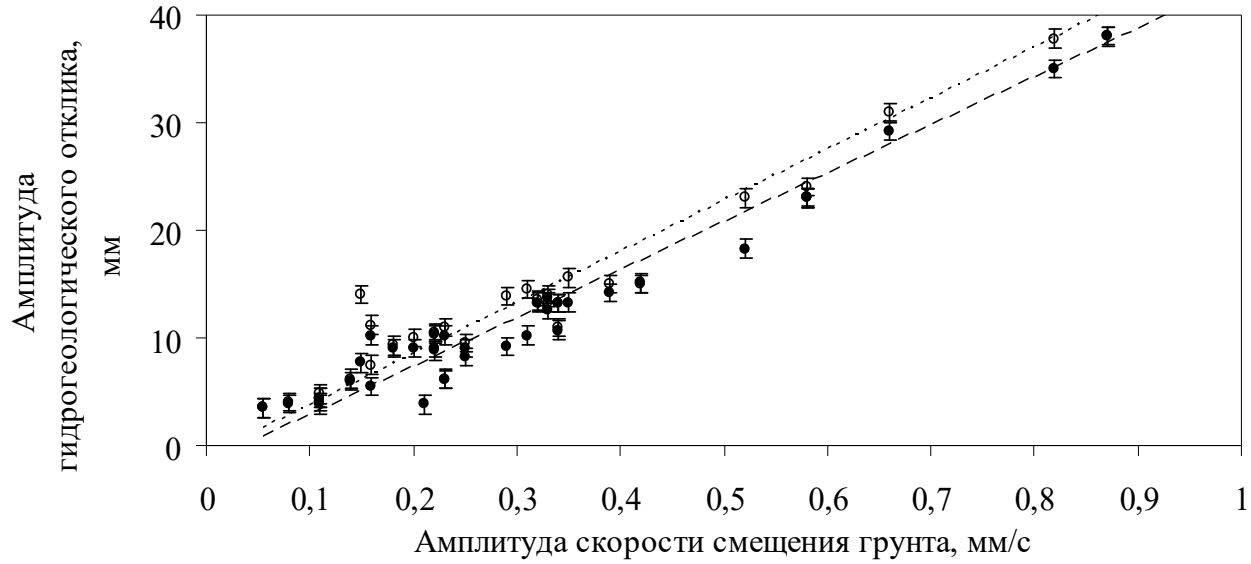


Рисунок 3 – Зависимость между максимальной амплитудой скорости смещения грунта и гидрогеологических откликов исходных (черные кружки) и отфильтрованных от влияния атмосферного давления (пустые кружки). Длинным пунктиром показана линейная функция для исходных гидрогеологических откликов, коротким – отфильтрованных значений

Заключение. В результате предварительной обработки имеющейся базы гидрогеологических и сейсмических данных, полученных на территории ГФО «Михнево» установлено:

- расхождение между значениями максимальных амплитуд косейсмических вариаций уровня безнапорного водоносного горизонта исходными и отфильтрованными от влияния атмосферного давления;
- влияние атмосферного давление на динамические вариации уровня, вызванные прохождением сейсмических волн от удаленных землетрясений, менее выражены в условиях выраженного тренда изменения положения уровенной поверхности по сравнению с значениями, определенными в условиях квазистационарной фильтрации пласта;
- в качестве дополнительного фактора, влияющего на амплитуду косейсмического отклика, может рассматриваться локальная неоднородность фильтрационного разреза рассматриваемого флюидонасыщенного коллектора трещинно-порового типа.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИДГ РАН (проект № АААА-А17-117112350020-9) и при финансовой поддержке проекта РФФИ 19-05-00809.

Литература

1. Wang C.-Y., Manga M. Earthquakes and Water. Springer-Berlin Heidelberg. 2010. 228 p.
2. Горбунова Э.М., Беседина А.Н., Виноградов Е.А., Свинцов И.С. Реакция подземных вод на прохождение сейсмических волн от землетрясений на примере ГФО "Михнево" // Динамические процессы в геосферах. Вып.7. М.: ГЕОС. 2015. С. 60-67.
3. Hsieh P., Bredehoeft J., Farr J. Determination of aquifer transmissivity from earth tide analysis // Water Resources Res. 1987. V. 23. P. 1824-1832.
4. Fuentes-Arreazzola M.A., Ramirez-Hernandez J., Vazquez-Gonzalez R. Hydrogeological Properties Estimation from Groundwater Level Natural Fluctuations Analysis as a Low-Cost Tool for the Mexicali Valley Aquifer // Water. 10. 586; doi: 10.3390/w10050586.
5. Sun X., Xiang Y., Shi Z. Estimating the hydraulic parameters of a confined aquifer based on the response of groundwater levels to seismic Rayleigh waves // Geophys. J. Int. 213. 2018. P. 919-930.

6. Копылова Г.Н., Болдина С.В. Оценка пороупругих параметров резервуара подземных вод (по данным уровнемерных наблюдений на скважине ЮЗ-5, Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2006. № 2. С. 17-28.
7. Rojstaczer S. Determination of Fluid Flow Properties From the Response of Water Levels in Wells to Atmospheric Loading // Water resources research. Vol. 24. No.11. November. 1988. P. 1927-1938.
8. Копылова Г.Н., Куликов Г.В., Тимофеев В.М. Оценка состояния и перспективы развития гидрогеодеформационного мониторинга сейсмоактивных регионов России // Разведка и охрана недр. 2007. № 11. С. 75-83.
9. Любушин А.А. (мл.), Малугин В.А. Статистический анализ отклика уровня подземных вод на вариации атмосферного давления // Физика Земли. 1993. № 12. С. 74-80.
10. Rahi Khayyun A. and Todd Halihan. Identifying Aquifer Type in Fractured Rock. Aquifers using Harmonic Analysis // Ground Water. Vol.51, No. 1. January-February. 2013. P. 76-82.
11. Hussein Mahmoud E.A., Noelle E. Odling, and Roger A. Clark. Borehole water level response to barometric pressure as an indicator of aquifer vulnerability // Water resources research. Vol.49, 7102-7119, doi:10.1002/2013WR014134, 2013.
12. Chen C.-H., Wang C.-H., Liu J.-Y., Liu C., Liang W.-T., Yen H.-Y., Yeh Y.-H., Chia Y.-P., Wang Y. Identification of earthquake signals from groundwater level records using the HHT method // Geophysical Journal International. 2010. 180. P. 1231-1241.
13. Адушкин В.В., Овчинников В.М., Санина И.А., Резниченко О.Ю. "Михнево": от сейсмостанции № 1 до современной геофизической обсерватории // Физика Земли. 2016. № 1. С. 108-119.
14. Кабыченко Н.В. Оценка фазового сдвига между приливной деформацией и вариациями уровня воды в скважине // Локальные и глобальные проявления воздействий на геосферы. Сб. науч. тр. ИДГ РАН. М.: ГЕОС. 2008. С. 62-72.
15. Горбунова Э.М., Беседина А.Н., Виноградов Е.А. Динамика деформирования флюидонасыщенного коллектора по данным прецизионного мониторинга уровня подземных вод // Динамические процессы в геосферах. Сб. науч. тр. ИДГ РАН. Вып.10. М.: ИДГ РАН. 2018. С. 74-83.
16. Chelidze T.L., Shengelia I., Zhukova N., Matcharashvili T., Melikadze G., Kobzev G. M9 Tohoku Earthquake Hydro-Seismic Response in the Caucasus and North Turkey // Acta Geophysica. Vol. 64. No 3. June 2016. P.567-588. DOI: 10.1515/acgeo-2016-0022.

УДК 553.98:551.24

ТЕКТОНО-ПЛИТНАЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РИФОВ НА РАЗНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ШИРОТАХ ЗЕМЛИ

Ботирова Н.У., Ахмедова Н.У.
nargiza311@mail.ru
Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

В работе рассмотрены закономерности размещения и формирования рифовых сооружений для повышения эффективности геологоразведочных работ и открытия новых месторождений нефти и газа рифогенного типа.

Ключевые слова: тектоника, генезис, регион, скопление, рифты, палеосвод, барьеры, геодинамика, коллектор.

В последние годы теоретические положения нефтегазовой геологии интенсивно подвергаются пересмотру в свете геодинамических, в частности, тектоно-плитных подходов к прогнозированию нефтегазоносности недр. Им, начиная с 70-х годов прошлого века начали заниматься О.Г.Сорохтин, С.А.Ушаков, Е.В.Кучерук, В.С.Шеин, В.Е.Хаин, А.А. Ковалев, Б.А. Соколов, К.А.Клещев, В.П.Гаврилов и др.

С новых позиций объясняется размещения зон с наибольшей концентрацией ресурсов углеводородов (УВ), совершенствуются принципы нефтегазогеологического районирования и классификации нефтегазоносных провинций и областей, углубляются основы учения о генезисе нефти и газа и т.д. При этом важное значение имеет выяснение условий формирования геологических объектов, в которых сконцентрированы наибольшие ресурсы и запасы УВ. Эти исследования послужат базисом для научного прогнозирования подобных объектов в геологическом пространстве, что дает возможность определить оптимальные направления геологоразведочных работ на нефть и газ.

Известно, что на платформах и в геосинклиналях Земного шара по всему разрезу фанерозоя преобладают морские (карбонатные) нефтегазоносные формации [2]. Среди них важное значение в размещении ресурсов и запасов УВ имеют рифовые образования. По данным зарубежных исследователей, в погребенных рифах и банках заключено более 40% мировых запасов нефти и газа. Значительная их часть связана с барьерными рифами, мегатоллами и крупными атоллами, образующие самостоятельные зоны нефтегазонакопления, особенно в прибрежной зоне мирового океана.

Линейная плотность запасов нефти и газа барьерных рифов в условном топливе составляет 2-6 млн т на 1 км^2 продуктивной толщи, достигая в гигантских месторождениях 70-100 млн т/км^2 при протяженности залежей до 70-100 км. Для рифогенных коллекторов характерна высокая нефтеотдача. Коэффициент извлечения нефти из них значительно выше, чем из коллекторов нерифового типа. При обычной закачке воды в пласт он составляет 55-65%. С помощью эффективных вторичных и так называемых третичных методов, широко применяющихся в настоящее время за рубежом, коэффициент извлечения нефти из рифогенных коллекторов можно довести до 90% (М.М. Грачевский, А.С. Кравчук, 1989).

Нефтегазоносные рифы выявлены в пределах самых различных тектонических структур, однако, львиную долю запасов УВ содержат рифы лишь трех типов структур - краевых синеклиз и зон перикратонных опусканий докембрийских платформ (Западно-Канадский, Западно-Техасский и Алжиро-Ливийский регионы), периферических впадин эпигерцинских платформ (Мексиканский залив) и альпийских краевых прогибов докембрийских платформ. Причем, в максимальной степени продуктивны рифы их

геосинклинальных бортов (Месопотамский и Нижнеиндийский регионы (В.Г. Кузнецов, 1985).

Разнотипные геотектонические элементы, содержащие выявленные нефтегазоносные рифовые сооружения, располагаются в пределах различных современных географических широт. Вместе с тем анализ результатов палинспастической реконструкции и возрастного распределения рифов показал, что в геологическом времени формирования они находились в пределах экваториальной палеоширoты Земли.

Об этом свидетельствует наблюдаемая закономерность в размещении ископаемых рифовых сооружений Земли. Она сводится к тому, что с севера на юг происходит омоложение возраста рифов как в Лавразийской, так и в Гондванской группе континентов. Такое омоложение возраста рифов, если в Лавразийской группе охватывает геологические времена от девонского до юрского периода включительно, то в Гондванской группе - мезозойские и кайнозойские геологические времена, т.е. омоложение возраста на южных континентах планеты сдвинуто в эпипалеозойские периоды.

Так, если в пределах Западно-Канадской НГП, расположенной на севере Североамериканского континента, рифовые сооружения были сформированы в позднедевонское время, то южнее расположенной Пермско-Бендской НГП - в позднекаменноугольно-раннепермское время. Эти обе провинции относятся к ассоциации НГП Северо-Американской древней платформы.

В Западно-Канадской НГП нефтегазоносные рифогенные образования позднедевонского времени установлены в НГО Альберта. Здесь зоны развития рифогенных образований, к которым приурочены скопления УВ, простираются в линейно-вытянутой форме, параллельно к простиранию внутриплатформенной впадины Альберта. В них выявлен ряд групп местоскоплений УВ, в том числе одно из крупнейших местоскоплений Канады – Ледюк (рис. 1).

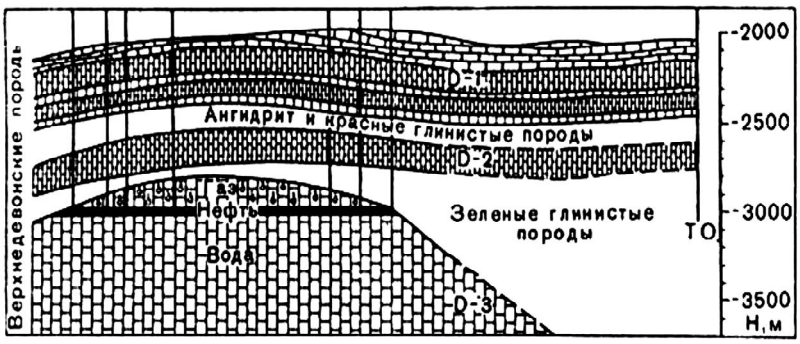


Рисунок 1 – Рифогенное местонакопление Ледюк. Канада (по Т. Линку)

Толщина продуктивных горизонтов в разрезе рифогенных образований девона колеблется от 15 до 70 м. Начальный дебит нефти в скважинах составлял 300-400 т/сут и более.

Нефтяные месторождения группируются в три основные зоны рифовых массивов, сложенные девонскими известняками. В первой зоне, в которую входит барьерный риф Ледюк, находится более 15 нефтяных и нефтегазовых местоскоплений. Вторая зона рифов отмечена на юго-восточном склоне палеосвода Пис-Ривер (Центральная Альберта), с которой связаны крупнейшие рифовые месторождения нефти Суон-Хиллз, Джуди-Крик и др. Третья зона рифов выделяется в Западной Альберте и характеризуется высокой газоносностью. В указанных зонах выявлены массивные залежи нефти в рифогенных известняках и структурах облегания над рифами сводового типа.

В Пермско-Бендской НГП рифогенные образования позднекаменноугольного-раннепермского возраста установлены в Пермской НГО США. Здесь обнаружены крупнейшие зоны нефтегазонакопления, приуроченные к крупнейшему атоллу Хорсшу и прилегающим к нему барьерным рифам. Атолл Хорсшу – одно из крупнейших рифовых сооружений США (рис. 2).

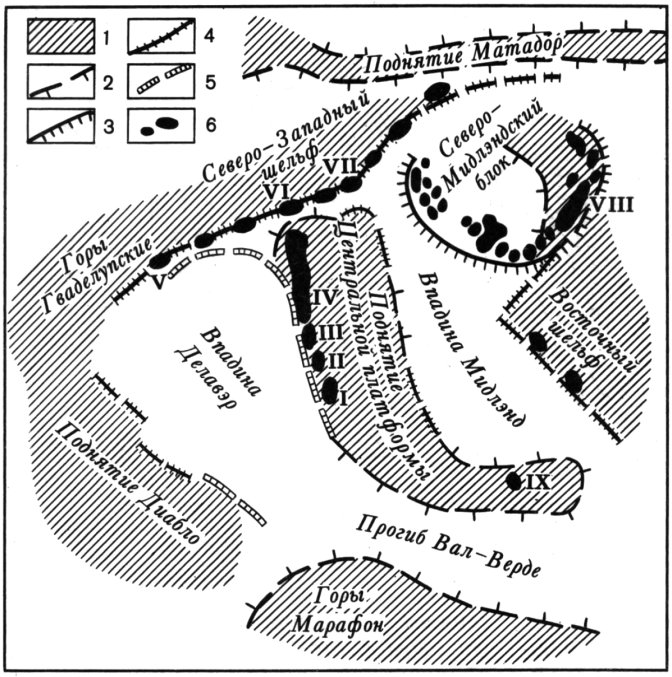


Рисунок 2 – Распростанение рифовых сооружений в Пермской нефтегазоносной области США *(по Н.Ю. Успенской и В.Ф. Быкову)* 1 – поднятые структурные элементы; 2 – границы структурных элементов; 3 – атолл Хорсшу. Барьерные рифы: 4 – Эбо; 5 – Кэпитен; 6 – рифовые местоскопления нефти и газа, в том числе основные (I – Хендрик; II – Ивс; III – Джел; IV – Купер-Меньюмент; V – Эмпайр; VI – Вэкьюм; VII – Уоссон; VIII – Скэри-Снайдер; IX – Тоуд)

Он имеет подковообразные очертания. Общая протяженность его свыше 250 км. Рифовый разрез представлен в основном водорослевыми известняками позднекаменноугольного – раннепермского возраста. Общая его мощность превышает 900 м. Указанные отложения перекрыты толщей глинистых сланцев. Атолл Хорсшу образовался в приподнятой части крупного палеосвода, расположенного в шельфовой зоне на северном борту впадины Мидленд. В пределах атолла обнаружено более 25 месторождений УВ, связанных с локальными рифовыми постройками, представленными водрослевыми известняками позднекаменноугольного (пенсильванский отдел) и раннепермского возрастов. Среди месторождений, приуроченных к атоллу Хорсшу, имеется крупнейшее – Скарри, начальные извлекаемые запасы которого превышают 230 млн т.

В пределах Пермской впадины вблизи атолла Хорсшу расположены не менее богатые зоны нефтегазонакопления, связанные с барьерными рифами. Это Кэпитен, Кемнитц, Сан-Андрес, Эбо и др. Барьерный риф Кэпитен окаймляет полукольцом впадину Делавэр вдоль западного борта Центрально-Пермского поднятия, имея общую протяженность около 600 км при ширине до 25 км. Он сложен доломитизированными известняками общей мощностью 350-600 м [3].

Барьерный риф Сан-Андрес расположен восточнее, на западном борту впадины Мидленд. Протяженность его свыше 200 км, ширина в среднем 7-8 км. Риф сложен доломитами, характеризующимися неоднородными коллекторскими свойствами. Скопления УВ приурочены к пористым зонам.

Между указанными барьерными рифами находится Центрально-Пермское поднятие, на склонах которого и размещены барьерные рифовые постройки. Севернее Кэпитен и Сан-Андрес расположены барьерные рифы Кемнитц и Эбо раннепермского возраста, которые полукольцом окаймляют с севера впадины Делавэр и Мидленд. Общая их протяженность свыше 400 км.

В пределах НГП западного побережья Мексиканского залива, расположенная на юге континента и относящаяся к ассоциации НГП Примексиканско-Штатской мегасинеклизы

гетерогенной платформы, рифовые сооружения были сформированы уже намного позднее, в альб-сеноманское время мелового периода.

В этой НГП рифогенные образования альб-сеноманского возраста установлены во впадине Тукспан. Здесь развит крупный погребенный атолл длиной около 200 км и шириной до 70 км. В плане он образует вытянутый в субмеридиональном направлении эллипс, восточная половина которого находится под водами Мексиканского залива (рис. 3).

В литературе этот богатейший район известен под названием «Золотой пояс» (Голденлайн) или зона нефтегазонакопления «Фарха-де-оро». Нефтяные месторождения связаны с рифовыми массивами, высота которых достигает 1 км. Ловушками служат биогермные выступы, сложенные известняками свиты Эль-Абра альб-сеноманского возраста.

С рифами связаны два крупнейших нефтяных месторождения – Наранхос-Серсо-Асуль и Аренкью с запасами соответственно 164,0 и 141,0 млн т. Последнее расположено в 22 км от берега и в 35 км северо-восточнее г.Тампико.

Таким образом, в размещении ископаемых рифовых сооружений Северной Америки наблюдается закономерность, сводящая к тому, что с севера на юг происходит омоложение возраста рифов от позднего девона до мелового возраста включительно.

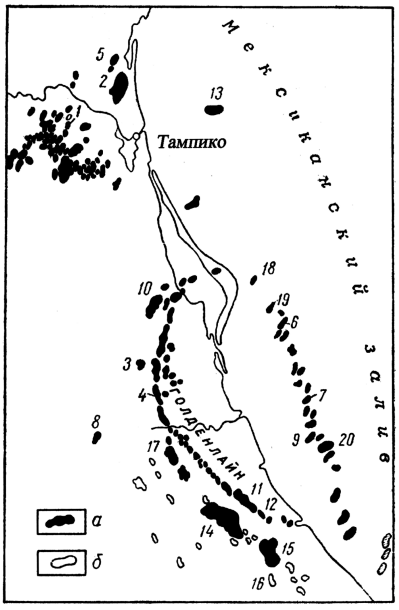


Рисунок 3 – Обзорная карта нефтегазоносности области Тампико-Тукспан
(«Справочник по нефтяным и газовым месторождениям...», 1976) а – нефть; б – газ. Месторождения: 1 – Эбано-Пануко; 2 – Тамаулипас; 3 – Моралильо; 4 – Наранхос-Серро-Ассуль; 5 – Баркадон; 6 – Тибурон; 7 – Эстурион; 8 – Чиконтепек; 9 – Багре; 10 – Трес-Германос; 11 – Санта-Агеда; 12 – Иезекиль-Ордонес; 13 – Аренкью; 14 – Поса-Рика; 15 – Сан-Андрес; 16 – Эль-Альясго; 17 – Микуетла; 18 – Арреciф-Медио; 19 – Исла-де-Лобос; 20 – Атун

Такая закономерность наблюдается также в пределах Евразийского континента Лавразии, т.е. и здесь возраст рифов охватывает палеозойскую и мезозойскую эры, их омолажение происходит с севера на юг. Так, если в пределах Предуральской НГП, расположенной на севере континента, рифовые сооружения были формированы в каменноугольном периоде и ранней перми, то южнее расположенной Прикаспийской НГП – только в раннепермское время. В пределах Туранской НГП, расположенной на юге континента и относящейся к ассоциации НГП Центрально-Евраазиатской гетерогенной платформы, рифовые сооружения были сформированы намного позднее, в келловей-оксфорде юрского периода.

В Предуральской НГП в рифовых массивах карбона и нижней перми выявленные месторождения нефти и газа группируются в зоны преимущественно нефтенакопления и газонакопления. Во внешней зоне развиты в основном нефтяные и нефтегазовые месторождения, связанные с рифовыми массивами или пологими валоподобными поднятиями (рис. 4). Нефтегазоносны здесь, как правило, карбонатные отложения карбона и нижней перми в платформенных фациях. В пределах центральной и внутренней частях прогиба установлены зоны преимущественно газонакопления [5].

В Прикаспийской НГП рифы раннепермского возраста установлены в разрезе сакмарско-артинских ярусов. Нижнепермские рифы протягиваются непрерывной полосой на расстояние свыше 1000 км (от Оренбурга до Волгограда) при ширине 1,5–5,0 км.

В Туранской НГП рифы поздней юры установлены на Чарджоуской ступени. Здесь ряд крупных месторождений связан с этими рифовыми ловушками.

Таким образом, в Евразии наблюдается омоложение возраста рифов от карбона до юры включительно.

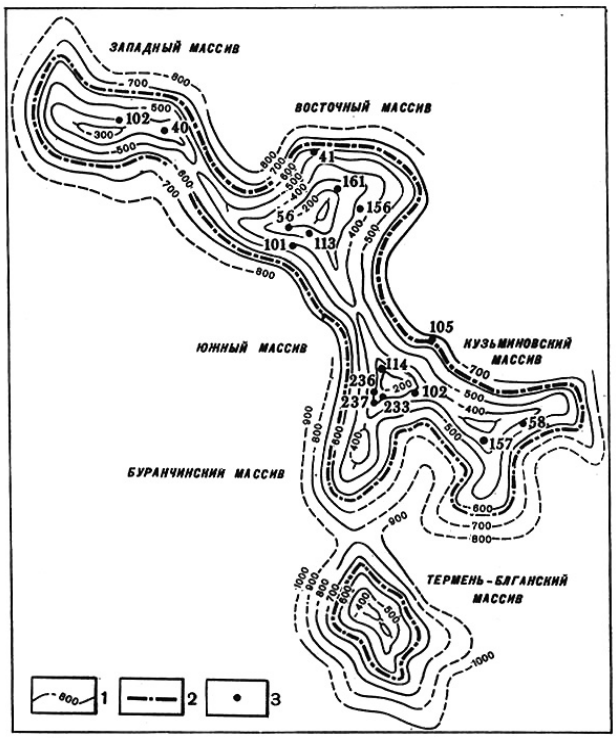


Рисунок 4 – Ишимбаевская группа рифовых местоскоплений нефти *(по Г.П. Ованесову)* 1 – изогипсы поверхности артинских известняков; 2 – контур нефтеносности; 3 – скважины

В отличие от Лавразийских, в Гондванской группе континентов рифы связаны уже с меловым и неогеновым периодами. Так, на севере Африки, в Сахаро-Восточно-Средиземноморской НГП рифы имеют возраст позднего мела. Здесь продуктивными являются рифогенные известняки верхнего мела, например на месторождении Ауджила. На Аравийском полуострове возраст рифовых образований смещается на ранненеогеновое время (миоцен). Здесь основные продуктивные горизонты связаны на крупнейших месторождениях (Агаджари, Гечсаран, Марун и др.) с рифовыми образованиями миоцена.

Вышеизложенная закономерность в омоложении возраста рифогенных сооружений с севера на юг связана с нахождением в экваториальной широте в соответствующем отрезке геологического времени исследуемой территории, где создавались благоприятные условия для роста рифовых организмов. Здесь развивались крупные теплые морские бассейны-заливы, изобилующие большой массой планктона, причем объем биопродукции определялся в зависимости от дрейфа материков в составе палео- и современных литосферных плит. Согласно палинспастическим реконструкциям континентов Земли для различных отрезков

геологического времени, выполненных Я. Голонко (2000) и приведенных в работе [4], именно в позднем девоне территория Западно-Канадской НГП, затем в позднекаменноугольно-раннепермское время территория Пермско-Бендской НГП, а уже в меловое время территория западных побережий Мексиканского залива находились в отмеченных широтах. Такой же дрейф континентов в пределах палеолитосферных плит наблюдался для современных территорий Евразийского континента. Через эти широты (0^o-30^o северной широты) последовательно прошли в позднем мелу север Африки и в раннем неогене - Аравийский п.о., где в соответствующих отрезках геологического времени формировались рифогенные сооружения, содержащие в современном времени крупнейшие запасы углеводородного сырья.

В провинциях и областях приокеанических прогибов континентов нефтегазоносностъ рифов отмечена лишь со второй половины мела, когда эти структуры проходили в своих геодинамических развитиях протоокеанический вид рифтогенного режима земной коры. Именно такая палеогеодинамическая обстановка обусловила широкое развитие в их пределах рифовых сооружений, сформированных в меловом и палеогеновом периодах.

Периконтинентальные рифы, и, в первую очередь, барьерно-рифовые уступы, перспективные на нефть и газ, намечены в Атлантическом и Индийском океанах, уже прошедших в протоокеаническую («микроокеаническую») фазу развития и тыльно-островодужные - в Индийском, Тихом и Северном Ледовитом океанах (М.М. Грачевский, А.С. Кравчук, 1989).

Таким образом, современное размещение рифовых сооружений в разных широтах Земли не является случайностью, а подчиняется определенной закономерности, обусловленной дрейфом палеолитосферных плит.

Пересмотр и углубленное изучение генезиса рифов и закономерностей их распространения в отмеченных тектонических структурах через призму геодинамической эволюции земной коры, исходя из закона «парности», сформулированного в работе [1] и сводящего к тому, что "*по окраинам континентов, обращенных к срединно-океаническому хребту, выделяются НГП, имеющие либо одинаковый, либо сравнимый стратиграфический диапазон продуктивности*" [2, с. 636], является актуальной проблемой. Её решение связано с разработкой детальных региональных палинспастических реконструкций палеолитосферных плит в палеозойские, мезозойские и кайнозойские периоды, что позволяет прогнозировать, применяя закон "парности", новых неизученных ископаемых рифогенных сооружений Земли. Таким образом, исследования закономерностей размещения и формирования ископаемых рифовых сооружений на основе нового подхода к прогнозированию распространения нефтегазоносных рифов будет способствовать резкому повышению эффективности геологоразведочных работ на углеводородное сырье по служив основой для открытия новых месторождений нефти и газа рифогенного типа.

Литература

1. Абидов А.А. Формирование нефтегазоносных структур в свете теории плитной тектоники // Докл. АН РУз. 1990. № 4. С. 48–50.
2. Абидов А.А. Современные основы прогноза и поисков нефти и газа. Ташкент: Фан. 2012. 816 с.
3. Бакиров А.А., Варенцов М.И., Бакиров Э.А. Нефтегазоносные провинции и области зарубежных стран. М.: Недра. 1971. 544 с.
4. Короновский Н.В., Хаин В.Е., Ясаманов Н.А. Историческая геология: Учебник для студентов вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издат. центр "Академия". 2006. 464 с.
5. Нефтегазоносные провинции и области СНГ / А.А. Бакиров, Г.Е. Рябухин, Н.М. Музыченко и др. М.: Недра. 1979. 456 с.

УДК 550.34.052

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА НА ТЕРРИТОРИИ БИШКЕКСКОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА

Воронцова Е.В.
vorontsova@gdirc.ru
Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

В работе представлены результаты изучения микросейсмического шума (МШ) на территории Кыргызстана и сопредельных государств. Использованы данные сети KNET с 1998 г. по настоящее время, а также волновые записи с сейсмостанций Китая, Афганистана и др. стран (данные IRIS). Показано, что появление микросейсмического шума происходит синхронно на больших площадях – от Кабула до Урумчи, также на центральной и юго-восточных частях Китая.

Ключевые слова: сейсмограмма, сейсмический шум.

В 2018 г. была выполнена работа по восстановлению и анализу архивных данных сейсмологической сети KNET, которая состоит из 10 широкополосных сейсмоприемных станций и охватывает территорию 40.5°-43.5° N, 72.0°-78.0° E. Сеть начала свою работу в сентябре 1991 г. Однако, до 1999 г. наблюдались определенные проблемы в работе и запись данных производилась на магнитные ленты, поэтому в настоящее время оказалось достаточно сложным восстановить архивные записи за период 1991-1998 г.

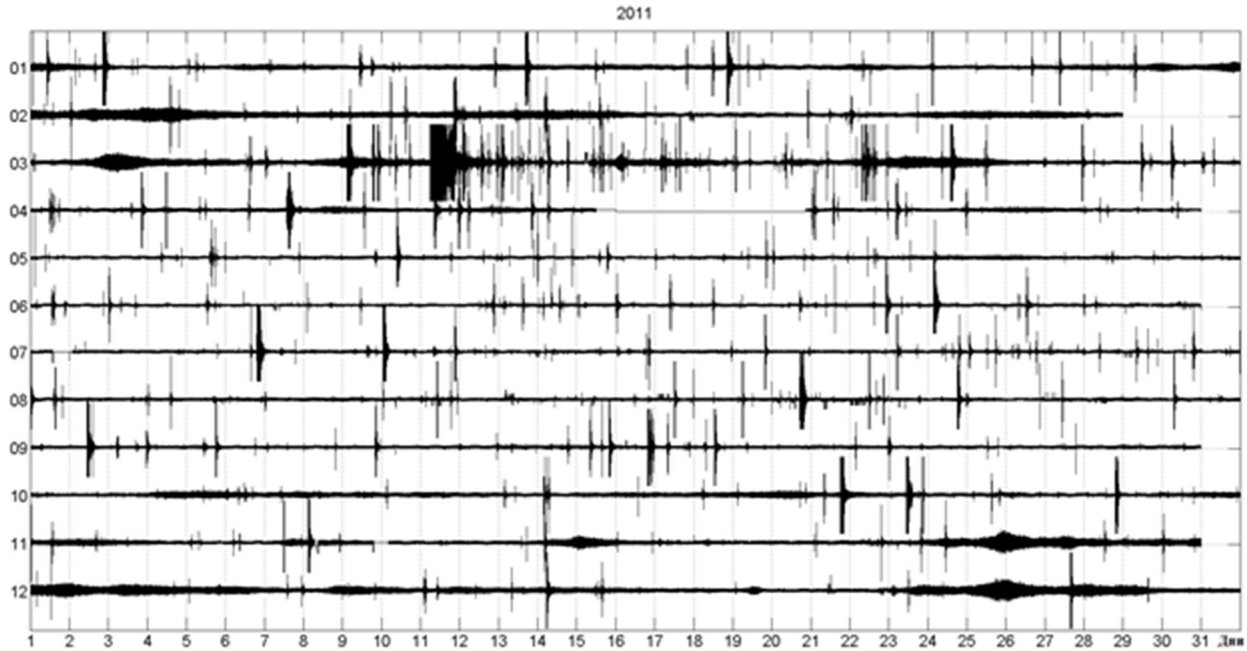


Рисунок 1 – Пример наблюденного сейсмического поля на станции AAK за 2011 г.

После восстановления архива для каждой станции были построены годовые графики наблюденного сейсмического поля (рисунок 1), при изучении которых было обнаружено периодическое усиление микросейсмического шума (МШ). Этот эффект проявлялся на всех станциях сети KNET. Чтобы оценить пространственные масштабы наблюдаемого явления были также использованы данные для других станций мировой сейсмологической сети IRIS (рисунок 2). Показано, что усиление микросейсмического шума встречается достаточно часто и проявляется одновременно на больших территориях – например, можно выделить зону от Кабула до Урумчи, центральную и юго-восточную части Китая – на рисунке 3 приведены

стандартизованные записи вертикальной компоненты сейсмического поля за период с 12 сентября по 9 октября 2014 г.

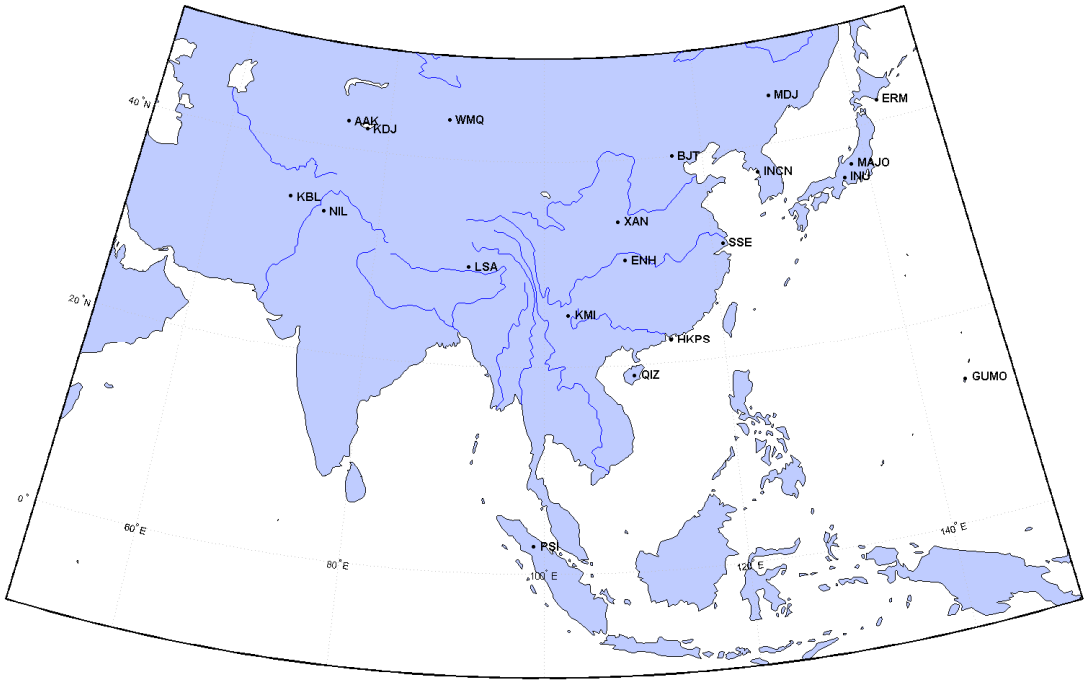


Рисунок 2 – Станции сети IRIS, использованные в работе

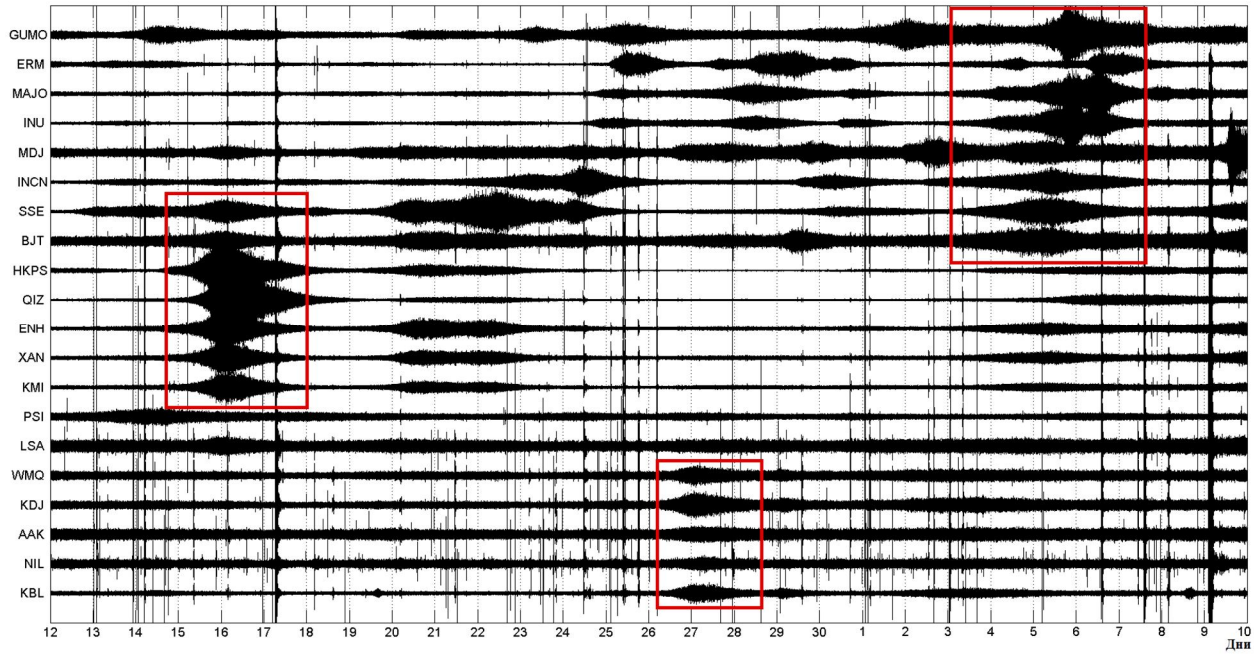


Рисунок 3 – Наблюдение усиления микросейсмического шума для станций сети IRIS

Для дальнейшего изучения были построены огибающие вертикальной компоненты сейсмического поля с 1 января 2017 г. по 10 октября 2018 г. (рисунок 6, осреднение 600 с.) на станциях AAK (42.64° N 74.49° E), MAKZ (46.81° N 81.98° E), WUS (41.20° N 79.2° E), NIL (33.65° N 73.27° E), карта расположения которых приведена на рисунке 4. Эти станции охватывают территорию 1600 км по широте и 400 км по долготе. Коэффициенты корреляции полученных сигналов между собой составляют 0.95-0.97 для станций AAK, MAKZ, WUS и 0.65-0.7 со станцией NIL. Это подтверждает, что синхронное усиление микросейсмического шума на территории 33-47° N 72-79° E носит постоянный характер.

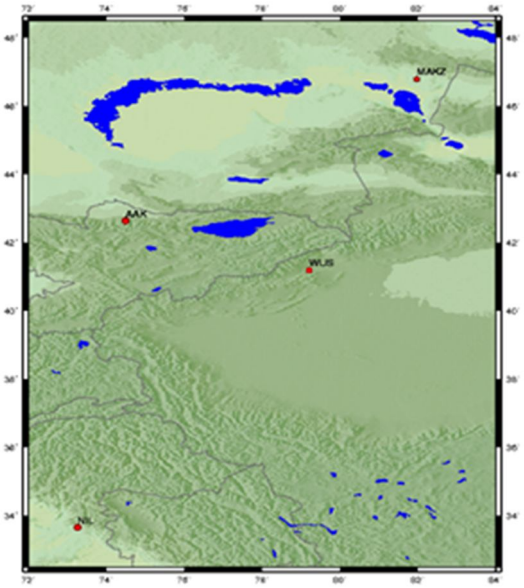


Рисунок 4 – Станции сети IRIS

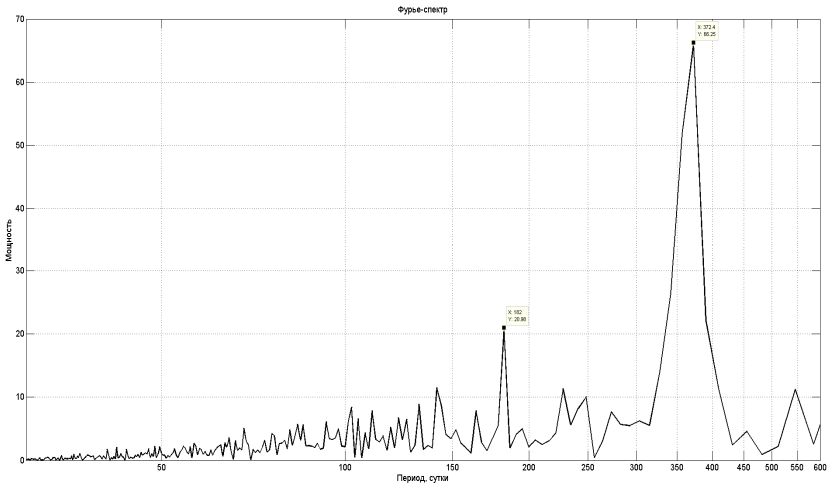


Рисунок 5 – Фурье-спектр огибающей вертикальной компоненты сейсмического поля

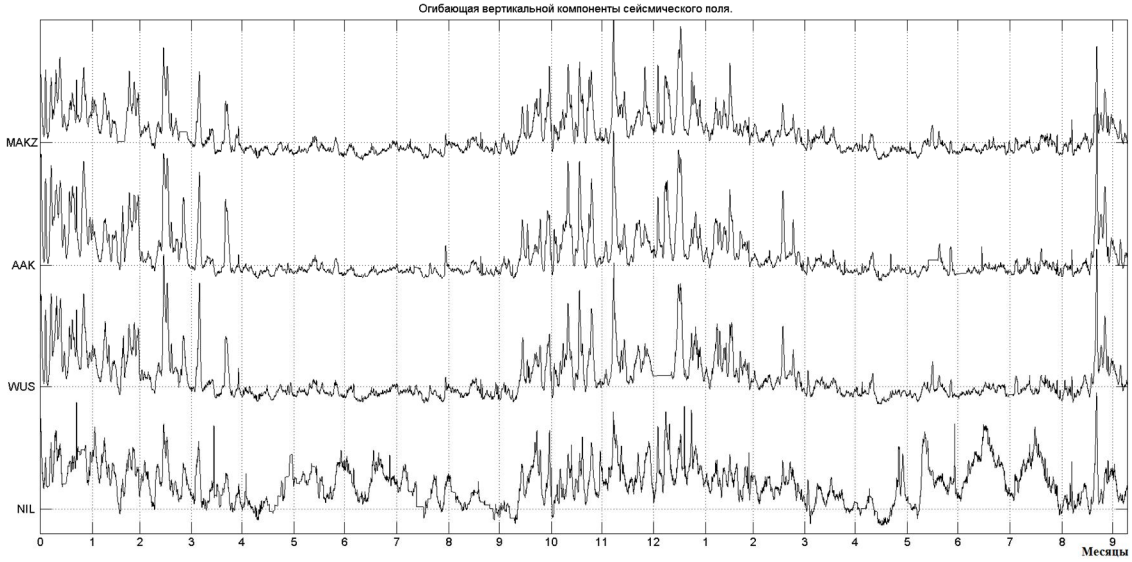


Рисунок 6 – Огибающая вертикальной компоненты сейсмического поля на станциях MAKZ, AAK, WUS, NIL

Также был подготовлен временной ряд наблюдений вертикальной компоненты сейсмического поля с 1 января 1998 г. по 10 октября 2018 г. на станции Ала-Арча (AAK) и построена его огибающая (сигналы от сильных далеких землетрясений предварительно отфильтрованы, для мощнейших M>8-сглажены кубической интерполяцией. На спектре Фурье (рисунок 5) полученного сигнала наблюдается период близкий к 1 году – 372 дня, который проявляется в виде минимумов в летние месяцы и максимумов в зимние.

Проявление наиболее высокоамплитудного микросейсмического шума также сопровождается сигналами в наблюдениях гравитационного поля. Примеры подобных синхронных проявлений МШ и в сейсмическом, и в гравитационном полях на больших территориях приведены в работах Антонова Ю.В. [1, 2]. Там же автор высказывает предположения о возможной природе периодических усилений микросейсмического шума. Одной из причин названо возникновение гравитационных волн в атмосфере при прохождении частиц из метеорных потоков. Однако, в таком случае синхронное проявление МШ носило бы более глобальный характер, т.к. метеорные потоки имеют известные периоды активности и, в следствии суточного вращения Земли, воздействуют в это время на всю атмосферу. Кроме того, наиболее активные метеорные потоки приходятся на летние месяцы, тогда как максимальных значений микросейсмический шум достигает в зимние

Заключение. Изучение микросейсмического шума (МШ) на территории Бишкекского геодинамического полигона на основе данных сети KNET с 1998 г. по настоящее время показало, что появление МШ происходит синхронно на больших территориях преимущественно в осенне-зимний период, сопровождается также сигналами в наблюдениях гравитационного поля.

Автор выражает свою благодарность научному руководителю В.Д. Брагину. Работа выполнена в рамках государственного задания Федерального государственного бюджетного учреждения науки Научной станции Российской академии наук в г. Бишкеке.

Литература

1. Антонов Ю.В. Влияние атмосферного фронта на показания гравиметров и сейсмографов // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2017. № 4. С. 66-71.
2. Антонов Ю.В. Синхронность и сезонность пульсаций силы тяжести и сейсмических бурь // Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: Геология. 2017. № 1. С. 108-114.

УДК 533.98:550.83

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕШКЕНТСКОГО ПРОГИБА

Гаффаров М.А., Хасанов Р.Р.
m.gaffarov@mail.ru
Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений,
г. Ташкент, Республика Узбекистан.

В работе представлены результаты комплексного анализа (сейсморазведка, гравиразведка) геофизических методов в пределах Бешкентского прогиба.

Ключевые слова: Бухаро-Хивинский регион, Бешкентский прогиб, Аляуды-Шуртанское поднятие, сейсморазведка, гравиразведка, гравиметрические аномалии типа залежь (ГАТЗ) , барьерно-рифовая система.

Бешкентский прогиб, как платформенная структура, осложняющая Чарджоускую ступень Амударьинской синеклизы, был впервые выделен Б.Б.Таль-Вирским в 1962 г. (по А.Х. Нугманову – Бешкентский макро-прогиб) [1,2]. В дальнейшем его строение, в том числе Аляутды – Шуртанского поднятия изучались А.Г. Бабаевым, Ш.Д. Давлятовым, Л.Н. Сафоновой и др. [3].

Исследуемый участок, представляет собой, в основном юго-восточную часть зоны развития депрессионной фации.

Аляутды–Шуртанское поднятие характеризуется наличием залежей УВ, связанных только с юрской карбонатной формацией в зоне развития депрессионных отложений, которые характеризуются сокращенными мощностями разрезов, фиксирующих некомпенсированную аккумулятивную впадину, сложенную высокогаммными отложениями. Верхние слои, выделенные в объеме ходжаипакской свиты (XV промысловый горизонт), маркируют фронтальную часть барьерных рифов и окаймляют по периметру одиночные рифы- атоллы. Отложения свиты сложены почти черными, глинистыми, битуминозными и микрослоистыми известняками с широким развитием планктонных организмов, аммонитов позднеоксфорд-кимериджского возраста [4].

Залежи здесь представлены в основном тектонически экранированными ловушками, связанными с биогермными постройками депрессионной фации. Территория имеет сложное строение и характеризуется широким развитием дислокаций различного масштаба, а также увеличением мощности эвапоритовой формации.

Несмотря на определённый объём глубокого бурения, перспективы её нефтегазоносности остаются невыясненными.

В результате поисковых сейсморазведочных работ в этой части Аляутды – Шуртанской зоны выявлен ряд нефтегазоперспективных объектов: Аймак Гасанджа, Аймак, Сохил и подготовлен один – Нуристон (рис.1.).

Глубокое поисковое бурение здесь проведено на площадях Каракыр, Бешкудук, Айкатан, Сандал, Толли, Гурчак, Исавай, Ильбей, Кингсай, Акмола, которые находятся в зоне развития депрессионной части барьерного рифа.

Для изучения глубинного геологического строения, перспектив нефтегазоносности и направленного поиска ловушек нефти и газа на данной территории необходима постановка исследований высокой детальности на основе комплексной интерпретации геолого-геофизических данных.

Анализ состояния проблемы изучения геологического строения ловушек на этой территории показывает, что отдельные методические вопросы рассмотрены недостаточно детально. Требуется дальнейшее развитие и углубление разработки научных основ для

формирования принципов выделения ловушек, развитых в депрессионной части барьерного рифа, как правило, связанных с биогермами.

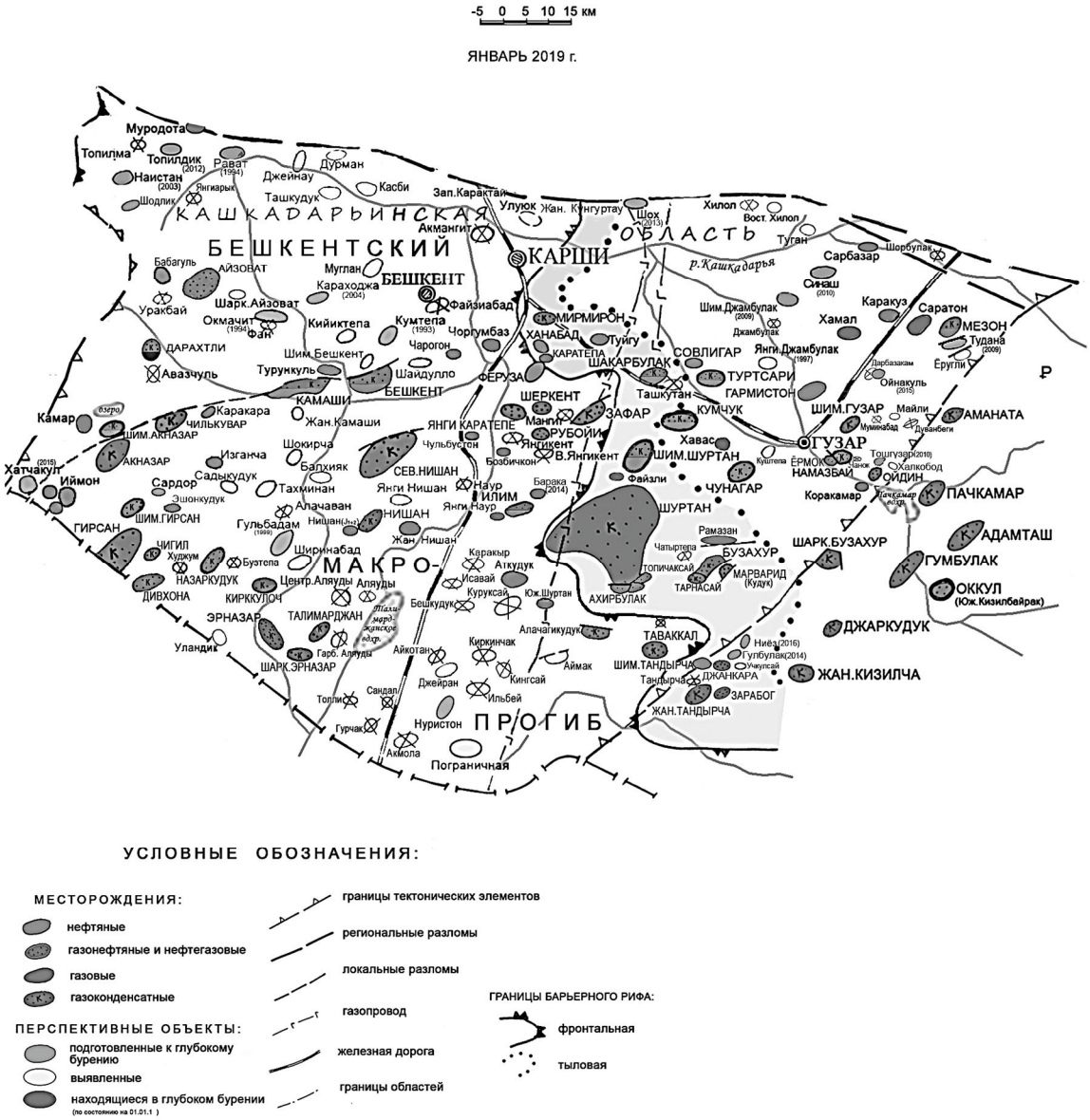


Рисунок 1 – Схема месторождений нефти и газа и перспективных площадей Бухаро-Хивинского региона (по данным АО «ИГиРНиГМ»)

В отличие от рифовой фации (РФ) барьерно-рифовой системы, которая детально изучена и освоена, отложения депрессионной фации изучены недостаточно детально, об этом свидетельствует геолого-геофизическая изученность района. Вместе с этим, площадь депрессионной фации значительно больше площади барьерно-рифовой системы, а наличие связанных с ней месторождений в этой части Бешкентского прогиба Северный Нишан, Алачагикудук, Эрназар, Талимарджан и скважин, давших непромышленные притоки газа, в совокупности, говорят о перспективности этого участка в нефтегазоносном отношении.

Так, в пределах сейсмического куба Гассанджа-Даликуинского участка были подготовлены локальные поднятия Гурчак, Сандал и Толли, где в результате испытания в скважине №1 Гурчак, из интервалов 4013-3987 м и 3971-3960 м XVa горизонта был получен промышленный приток газа через 10-мм штуцер 153,0 тыс. $м^3$/сутки и 158,6 тыс. $м^3$/сутки соответственно. Постепенно начала поступать вода, уменьшилось устьевое давление и дебит газа, а затем произошло поглощение раствора в пласте.

В структуре Сандал не было получено притока УВ, а бурение скважины №1 Толли

остановлено в отложениях мела.

Основная причина допущенных ошибок была связана с субъективным подходом к анализу характеристик волновых полей и ошибочной стратиграфической привязкой отражающих границ к ранее пробуренным скважинам №№ 1,2 Акмола и №№ 1,2 Айкотан. Для оконтуривания границ структур Гурчак, Сандал и Толли были откоррелированы отражающие горизонты T_5 и T_6, полагая, что первая из них соответствует кровле нижних ангидритов, а вторая – границе вблизи кровли XV продуктивного горизонта верхнего оксфорда-нижнего кимериджа (рис. 2).

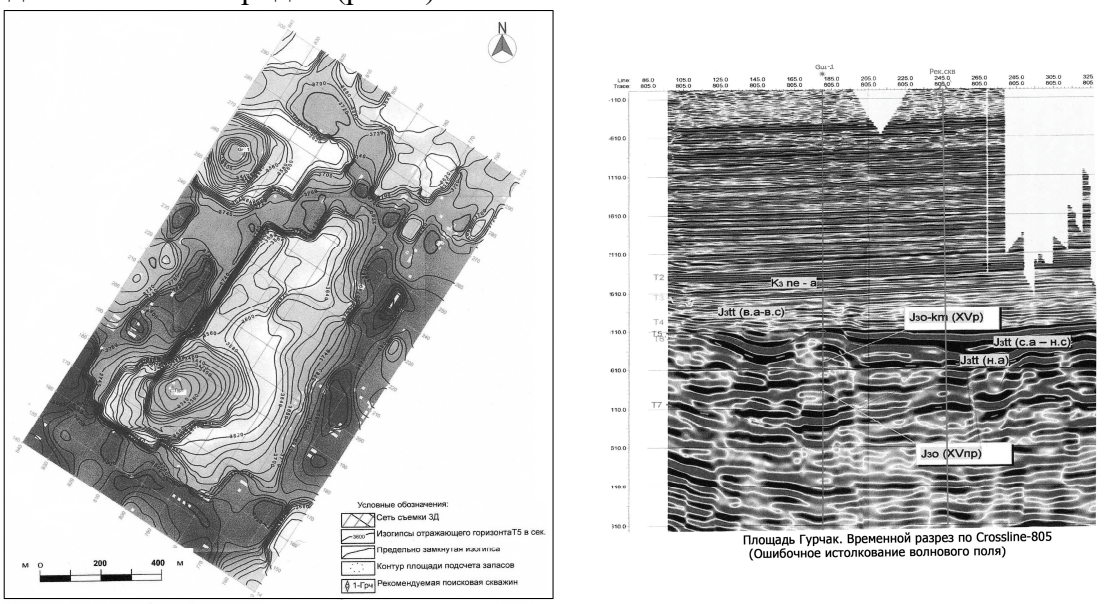


Рисунок 2 – Площадь Гурчак. Левая часть рисунка - ошибочный вариант структурной карты по отражающему горизонту Tft (кровля карбонатов келловей-оксфорда). Правая часть – временной разрез по Crossline-805 (ошибочное истолкование волнового поля)

Предполагалось, что названные структуры морфологически представляют собой ярко выраженные куполовидные поднятия, в ядре которых возможно присутствие биогермных построек. Привязка целевых горизонтов к стратиграфическим границам по вновь пробуренным скважинам показала ошибочность такого предположения, т.е. отражающие горизонты, расположенные ниже кровли отложений титона, были индексированы неправильно, что показало одномерное геосейсмическое моделирование (анализ волновых полей и ГИС). Горизонт T_5, оказался приуроченным к подошве переслаивающейся пачки ангидритов и солей в верхней части толщи средних ангидритов. А горизонт T_6 являлся кровлей нижних солей. Все три структуры оказались ярко выраженными солянокупольными поднятиями по отражающим горизонтам T_4 и T_4^1(средние ангидриты), а по низам соленосной толщи титона (T_5) и кровле карбонатной толщи верхней юры (T_6) структурами более сложного строения.

В результате переитерпретации материалов сейсморазведочных работ МОГТ-2Д и 3Д проведённых на площади в 2005 - 2008 гг. с учетом результатов бурения скв. №1 Гурчак было уточнено геологическое строение структуры Гурчак путём составления структурной карты по отражающему горизонту T_5, согласно которой структура представляет собой антиклиналь, ограниченную с востока разрывным нарушением, а скважина №1-Гурчак оказалась пробуренной на западном крыле складки. Таким образом, возникла необходимость возобновления глубокого бурения путём заложения скважины №2 восточнее пробуренной ранее скважины №1 в своде структуры (рис. 3).

Кроме того, в результате проведённой интерпретации съёмок высокоточной гравиразведки, на данной площади, выделены ГАТЗ (гравиметрические аномалии типа залежь), соответствующие контурам открытых месторождений-эталонов, отображающиеся в поле силы тяжести в виде локальных максимумов, осложненных вторичными минимумами

силы тяжести с амплитудами примерно 0,25-0,35 мГал (месторождение Алачагикудук, амплитуда Δg_a порядка 0,30 мГал) и более (месторождение Шуртан, амплитуда 0,50мГал) [5].

Результаты высокоточной гравиразведки определялось на основе экспериментальных исследований, проводимых в 1970-1980 гг. лабораторией Нефтегазовой Геофизики АО «ИГИРНИГМ» совместно с АО «Узбекгеофизика» на известных месторождениях УВ - Памук, Камаши, Шуртан, Зеварды, Газли и др. в тесном контакте с ВНИИГеофизикой.

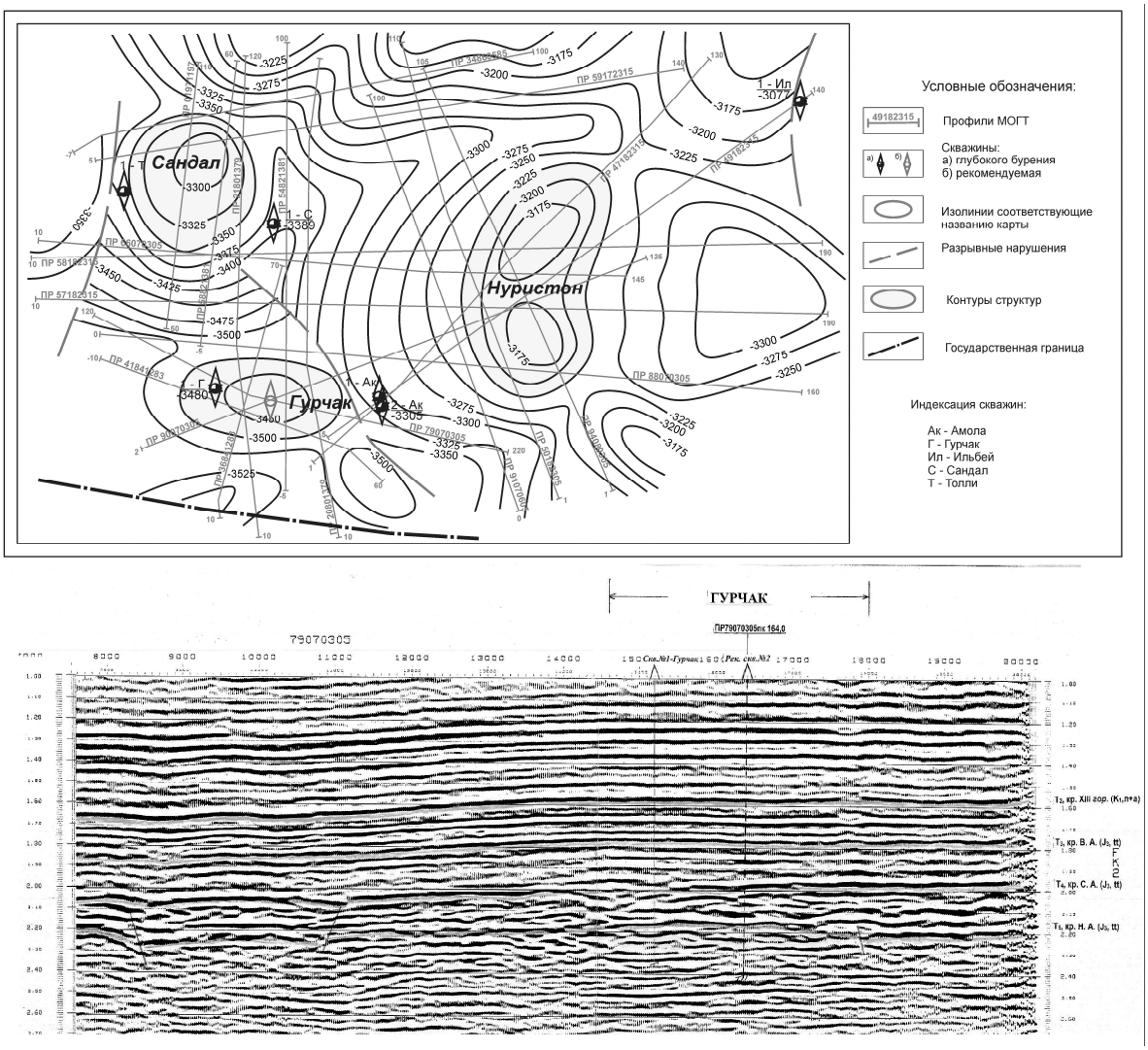


Рисунок 3 – Площадь Гурчак. Структурная карта по отражающему горизонту Т5, приуроченному к кровле нижних ангидритов (Составили Буриев Ш.У., Саотов М.Х., 2018 г., масштаб 1:50000)

Контуры локальных максимумов на кривых Δg_a силы тяжести определялись по зонам резких изменений градиентов на их крыльях. Предварительный профильный анализ гравитационного поля уже показал, что скважины на структурах Гурчак, Сандал и Толли, по данным высокоточной гравиразведки, заложены не в оптимальных условиях. Так, на профилях №№ 9 и 10 съёмки Аляуды, при анализе графиков Δg_a и Vzz выделяется аномалия на пикетах 115 и 127, т. е. к востоку от подготовленного ранее объекта Гурчак. Объекты Сандал и Толли отображения в гравитационном поле не имеют.

Корреляция профилей Δg_a №№ 25,26,27 этой же съёмки, на площади Кингсай, где была пробурена одна скважина, позволила выявить довольно уверенную ГАТЗ амплитудой 0,30 мГал к югу от свода структуры

В результате проведённого нами комплексного анализа геолого-геофизических материалов по результатам сейсмо - и гравиразведочных работ, а также глубокого бурения,

были сделаны выводы о необходимости проведения здесь детальных геолого-разведочных работ с целью подготовки новых объектов под глубокое бурение и возобновления бурения на некоторых выведенных из глубокого бурения как «бесперспективных» площадях.

Литература

1. Алексеев В.П., Таль-Вирский Б.Б. Тектоника и перспективы нефтегазоносности Бешкентского мегапрогиба // Геология и перспективы нефтегазоносности Узбекистана. Ташкент: ИГИРНИГМ. 2000. Вып. 79. С. 122-138.
2. Нугманов А.Х. Закономерности формирования ловушек и залежей нефти и газа и перспективы нефтегазоносности северного борта Амударьинской синеклизы // Автореф. дис. … д-ра геол.-мин. наук. Ташкент: ИГИРНИГМ. 2010.
3. Каршиев О.А. Особенности тектонического строения локальных нефтегазоперспективных объектов Камашинского вала // Узбекский журнал нефти и газа. 2012. Вып. 3.
4. Абдуллаев Г.С., Миркамалов Х.Х., Евсеева Г.Б. Органогенные постройки нефтегазоносных отложений карбонатной формации юры Западного Узбекистана и их терминология // Узбекский журнал нефти и газа. 2009. № 3. С. 16-23.
5. Орловский А.С. Гравиметрические исследования в юго–восточной части Бешкентского прогиба. Фонды ОАО ИГИРНИГМ. 1981.

УДК 550.837

ОБЗОР ИНДУКЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕТОДОМ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Дзалба А.Л.
Galelei@list.ru
Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

При проведении работ магнитотеллурическим методом в широкой полосе частот возникают проблемы регистрации поля, в связи с этим необходимо выбрать датчик, который соответствует вашим требованиям из-за узкополосности индукционных датчиков и массогабаритных параметров.

Ключевые слова: *магнитотеллурический метод, МТ-данные, индукционный датчик.*

Метод магнитотеллурического зондирования (МТЗ) основан на изучении естественного переменного электромагнитного поля Земли – магнитотеллурического поля (МТ-поля). Естественное электромагнитное поле содержит колебания различной частоты. За счет явления скин-эффекта более высокочастотные колебания МТ-поля быстрее затухают с глубиной, в то время как низкочастотные компоненты спектра проникают на большие глубины. Соответственно, высокочастотные составляющие поля несут информацию лишь о приповерхностной части разреза. С понижением частоты вклад более глубоких частей разреза в наблюдаемое поле возрастает, и мы получаем информацию о глубинной части геоэлектрического разреза [1] для регистрации этого поля применяются разные индукционные датчики. Индукционные датчики (магнитометры) имеют внутри катушку с проволочной обмоткой из токопроводящего материала. Она находиться под напряжением от аккумуляторного источника питания. Катушка создает собственное магнитное поле, которое начинает взаимодействует со сторонними полями, проходящими через ее контур. Чувствительные датчики реагируют на изменения, которые отображаются на катушке в результате такого взаимодействия. Они могут реагировать на вращения или колебания. У более сложных устройств датчики реагируют на изменение магнитной проницаемости сердечника катушки. Независимо от того каким образом фиксируется изменения, прибор отображает показатели внешних магнитных полей [2]. Первые опыты по разработке прецизионных низкочастотных индукционных датчиков магнитного поля были выполнены в Научно-исследовательском радиофизическом институте (НИРФИ) в первой половине 1980- х годов и с различным темпом продолжаются по настоящее время. Среди многочисленных типов датчиков магнитного поля индукционные датчики делятся по простоте конструкции, технологии изготовления, доступности материалов и эксплуатационной надежности. В последнее время достигнут значительный прогресс в области повышения метрологических характеристик индукционных магнитометров и расширения частотного диапазона их работы. На современном международном рынке средств магнитометрии индукционные датчики представлены достаточно широко. Приведем краткое описание наиболее известных моделей датчиков, получивших широкое распространение при проведении исследовательских и поисковых работ.

Немецкая фирма Metronix (2015) предлагает линейку из двух широкополосных датчиков: низкочастотного датчика MFS-06 и высокочастотного MFS-07. Технические характеристики датчика MFS-06 достаточно уникальны в своем классе, что позволяет использовать его в широком круге задач [3]. Из-за наличия отрицательной обратной связи по полю датчик обладает широким частотным диапазоном (от 1/4000 Гц до 10 кГц), высокой степенью линейности преобразования и стабильностью передаточной функции, а также

сверхнизкими шумами и возможностью проведения внутренней калибровки. Плоский участок амплитудночастотной характеристики (АЧХ), при великолепных шумовых характеристиках, находится в диапазоне от 4 Гц до примерно 8 кГц. Длина датчика 1250 мм при диаметре 75 мм и весе 8.5 кг. Более высокочастотный индукционный магнитометр MFS-07 в основном предназначен для измерений в диапазоне звуковых частот, при АМТЗ и зондировании Земли в диапазоне звуковых частот с управляемым источником. Тем не менее устройство работает в широком диапазоне частот – от 0.001 Гц до 50 кГц и может применяться в стандартном магнитотеллурическом зондировании (МТЗ). Линейка индукционных датчиков магнитного поля для геофизических исследований датчик MFS-07 обладает исключительно низкими шумами, малым температурным дрейфом входного напряжения смещения и входного тока смещения, а также очень стабильной передаточной функцией по температуре и времени. Встроенная функция калибровки облегчает выполнение пользователем калибровки датчика в полевых условиях или испытания его передаточной функции. Плоский участок АЧХ начинается с 32 Гц. Датчик имеет габариты 800 мм в длину при диаметре 75 мм и весит 5.5 кг [4].

На российском рынке до последнего времени практически отсутствовало предложение отечественных индукционных магнитометров высокого класса. Из таковых можно, например, упомянуть датчик НВ0195_7 разработки ООО НПО ЭНТ (г. Санкт–Петербург). Он имеет плоскую амплитудно-частотную характеристику с частотой среза 0.5 Гц и достаточно низкий уровень собственного шума, что позволяет использовать его для геологоразведочных работ методом АМТЗ. Датчик размещен в прочном водонепроницаемом стеклотекстолитовом корпусе трубчатой формы длиной 1110 мм, диаметром 70 мм и имеет массу 4.8 кг. Он является базовой моделью серии, объединенной общими конструктивными решениями, и предназначен для работы в диапазоне частот от 0.001 Гц до 20 кГц. Высокочувствительная измерительная станция КВВН-7, использующая магнитные датчики российской разработки и позволяющая одинаково эффективно выполнять частотное зондирование с контролируемым источником и АМТЗ в поле естественных вариаций в широком спектре частот (0.1–2000 Гц). Применение станции КВВН-7 позволяет с высоким разрешением исследовать электропроводность и флюидный режим верхней части земной коры для решения как геологических задач, так и задач электромагнитного мониторинга сейсмоопасных территорий в комплексе с сейсмическими методами. В последние годы в результате кооперации НИРФИ (г. Нижний Новгород) и ООО “ВЕГА” (г. Санкт Петербург) были разработаны современные индукционные датчики для геофизических применений в широком диапазоне частот IMS-007, IMS-008 и IMS009 [5].

Продукция американской фирмы Zonge представлена тремя типами датчиков. Датчик ANT/4 – самый низкочастотный в серии. Он имеет длину 1380 мм при диаметре 48 мм и весе 6.2 кг. На плоском участке АЧХ 0.1 Гц – 1 кГц датчик имеет чувствительность 100 мВ/нТл. Датчик ANT/6 – среднечастотный, широкополосный при длине 910 мм и диаметре 48 мм весит 3.2 кг, плоский участок АЧХ имеет диапазон от 10 Гц до 10 кГц. Датчик ANT/5 – самый маленький и легкий в серии (610 мм при диаметре 36 мм и массе 1.5 кг) – предназначен для измерений в диапазоне 0.25 Гц – 10 кГц. Магнитометры американской фирмы Schlumberger представлены линейкой из четырех датчиков BF-4, BF-6, BF-7 и BF-10, предназначенных для работы в различных диапазонах частот. Самый низкочастотный из них BF-4 имеет плоский участок АЧХ в диапазоне от 1 Гц до 700 Гц (рабочий диапазон 0.0001 Гц – 700 Гц) при длине 1420 мм и диаметре 60 мм весит 7.9 кг. Среднечастотный образец BF-10 имеет частотный диапазон от 0.1 Гц до 10 кГц при тех же габаритах и массе [6].

Датчики семейства IEMI разработаны Львовским центром Института космических исследований НАН и НАК Украины и представлены на рынке довольно широким спектром специализированных преобразователей. Магнитометр IEMI-120 [7] характеризуется исключительно низким уровнем шумов и широким динамическим частотным диапазоном, что делает его пригодным для различных применений в геофизике. Датчик IEMI-120 имеет длину 1340 мм при диаметре 85 мм и массе 6 кг. Он характеризуется достаточно высокой

чувствительностью и работает в частотном диапазоне 0.0001–1000 Гц. Индукционный магнитометр LEMI-118 представляет собой среднечастотный датчик для полосы частот 1–70000 Гц. Его длина 800 мм и масса 1.7 кг [8].

Семейство индукционных магнитометров канадской компании Phoenix Geophysics было представлено двумя типами широкополосных датчиков – низкочастотным MTC-50 и высокочастотным AMTC-30. Датчики предназначены для работы в составе магнитотеллурических установок производства этой же компании. Приведенные на её сайте технические характеристики указанных датчиков весьма обрывочны. Низкочастотный датчик MTC-50 имеет в длину 1410 мм при диаметре 60 мм. Частотный диапазон датчика от 0.0002 Гц до 400 Гц. Как можно понять из приведенных на сайте компании амплитудно-частотных и фазочастотных (ФЧХ) характеристик, у датчика отсутствует обратная связь (ОС) по полю, что приводит к существенным неоднородностям АЧХ и ФЧХ, затрудняет обработку данных и ухудшает стабильность его характеристик. Высокочастотный датчик AMTC-30 имеет длину 820 мм при диаметре 60 мм. Частотный диапазон датчика от 1 Гц до 10 кГц [9]. Так же компания представила свой новый продукт широкополосный индукционный датчик серии MTC 100 (рис. 1).

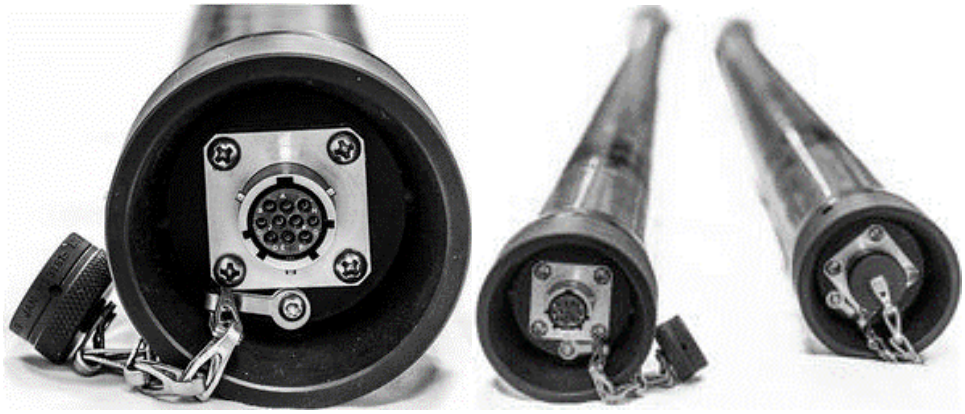


Рисунок 1 – MTC-150 и MTC-180 с военными специальными 10 пиновыми разъёмами

Новые индукционные датчики Phoenix серия 100 устраняют многолетнее искусственное разделение спектра MT на Audio-Frequency MT (от 10 кгц до 10 Гц) и MT (от 100 Гц). Преимущества настолько убедительны, что датчики серии 100 очень быстро вытесняют старые индукционные датчики AMT и MT (рис. 2)

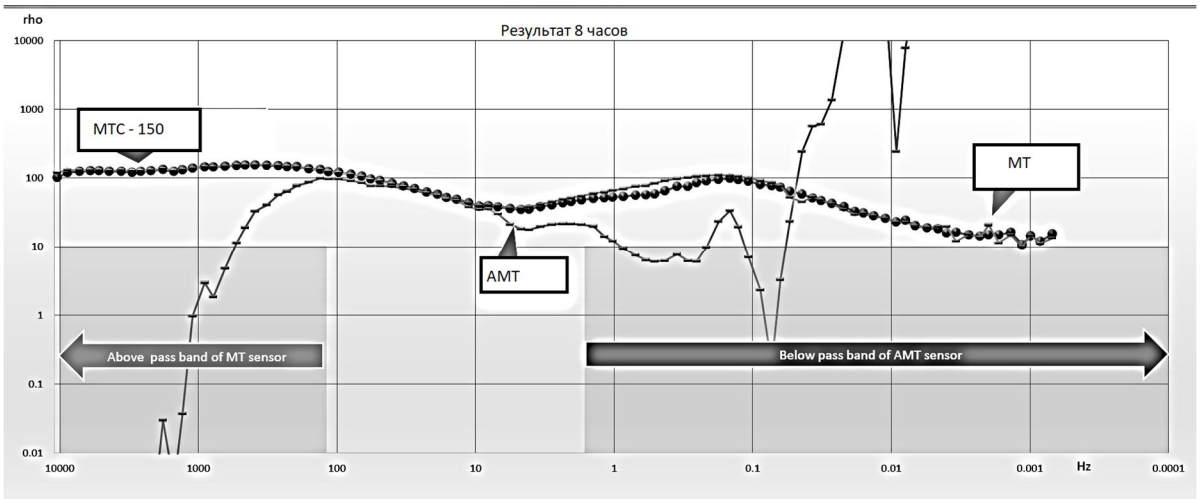


Рисунок 2 – Сравнение обработки данных MTC 150 ,AMT и MT датчиков

Датчик может регистрировать поля в широком диапазоне частот не прерывая сессию от 10000 до 0,001 Гц. МТС-150 может использоваться для любых магнитотеллурических исследований (рис. 3).

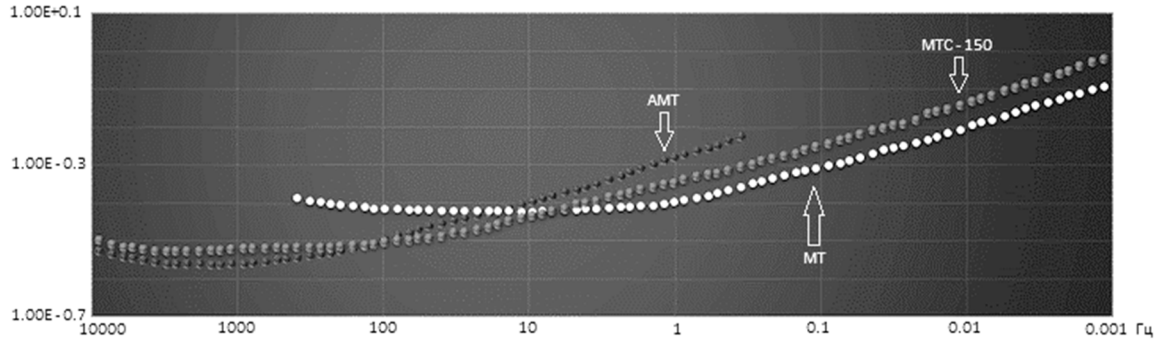


Рисунок 3 – МТС 150 сравнение с датчиками АМТ и МТ

Серия датчиков МТС-100 обладает выдающимися характеристиками, которые конкурируют с любыми другими специализированными индукционными датчиками.
Вес МТС-180 всего 6,6 кг а МТС-150 4,4 кг. серия МТС-100 является более легкая из широкополосного семейства датчиков. МТС-150 имеет длину 244 см. и 86 см имеет длину МТС-180. Оба имеют диаметр 7 см МТС-180 намного короче. это позволяет использовать его для вертикального датчика [10].

Заключение. По состоянию развития современной техники, по-видимому, можно утверждать, что в лучших образцах описанных выше индукционных магнитометров достигнут фундаментальный технологический предел физических параметров индукционных магнитных преобразователей. Это означает, что с использованием существующих в настоящее время материалов и элементной базы изготовить магнитометр существенно лучшего качества практически невозможно. Это утверждение касается широкополосных индукционных магнитометров для геофизических и других приложений. В то же время для решения каких-либо других задач, например, для измерений в относительно узкой полосе частот, могут быть разработаны и изготовлены магнитометры с существенно меньшими собственными шумами, чем у представленных магнитометров

Литература

1. Электронный ресурс:http://nw-geo.ru/geophysics/tech/amt/
2. Электронный ресурс: https://tehpribory.ru/glavnaia/pribory/magnitometr.html
3. Tumanski S. Induction coil sensors-a review // Measurement Science and Technology. 2007. V. 18, N 3. P. R31–R47.
4. [Электронный ресурс], 2015. – Режим доступа: http://www.geo-metronix.de/mtxgeo/images/web/brochures/FlyerMFS-06e_rus_v35.pdf
5. [Электронный ресурс], NVLab. 2015. – Режим доступа: http://www.nvlaboratory.spb.ru/0195.html.
6. [Электронный ресурс] 2019 http://zonge.com/instruments-home/geophysical-data-acquisition-systems/
7. [Электронный ресурс], LEMI-118 2015. – Режим доступа: http://www.lemisensors.com/?q=LEMI118. LEMI-120.
8. [Электронный ресурс], 2015. – Режим доступа: http://www.isr.lviv.ua/lemi120ru.htm
9. [Электронный ресурс], 2018. – Режим доступа http://phoenix-geophysics.com/products/sensors/?
10. [Электронный ресурс], 2018. – Режим доступа http://mtc-100-series.phoenix-geophysics.com/

УДК 528.88:551.573

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В СОВОКУПНОСТИ С НАЗЕМНЫМИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМИ ИЗМЕРЕНИЯМИ

Доброхотов А.В.
dobralexey@gmail.com
Агрофизический научно-исследовательский институт,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Скрытый поток тепла, или суммарное испарение, является связующим звеном уравнений энергетического и водного балансов. Суммарное испарение используется для определения влагообеспеченности посевов, мониторинга за ростом и развитием растений. В настоящее время методы дистанционного зондирования и спутниковые снимки получили широкое распространение. Определение суммарного испарения с использованием данных дистанционного зондирования имеет большое практическое значение, так как позволяет выявлять неоднородность распределения изучаемой величины. Однако данные дистанционного зондирования со средним пространственным разрешением (Landsat, ASTER) не всегда доступны из-за наличия облачности и временного промежутка съёмки. Сочетание непрерывных метеорологических измерений с данными дистанционного зондирования для определения непрерывного пространственного распределения суммарного испарения представляет большой интерес. Автоматизация определения суммарного испарения открывает возможность использования современных технологий и моделей энергомассообмена неподготовленными пользователями, может служить частью технологии управления водным режимом посевов на сельскохозяйственном поле. В данной работе приводится пример реализации автоматизированного определения суммарного испарения. В основе расчета суммарного испарения лежит энергобалансовая модель METRIC [1], для автоматизации используется язык программирования Python с дополнительными библиотеками в связке с геоинформационной системой (ГИС) GRASS.

Ключевые слова: суммарное испарение, дистанционное зондирование Земли, автоматизация расчетов, уравнение энергетического баланса, Python, GRASS GIS.

Введение. В гидрологическом цикле суммарное испарение является одной из основных составляющих. Испарение может происходить как с водной поверхности, оголенной почвы, так и с растительного покрова. Испарение с открытой водной поверхности часто ошибочно называют испаряемостью, когда испарение ничем не лимитировано, однако испаряемость характеризует максимально возможное испарение с конкретной подстилающей поверхности в конкретных погодных условиях. При рассмотрении водного цикла, влага в виде выпадающих осадков поступает на земную поверхность, после чего происходит её перенос в водоемы с помощью поверхностного стока или подземной фильтрации. При испарении воды в атмосферу гидрологический цикл замыкается. Для оптимального использования водных ресурсов необходимо максимально точное понимание величины суммарного испарения и доступной влаги. Так как в некоторых регионах водные ресурсы являются дефицитом, их рациональное использование является одной из приоритетных задач планирования и ведения сельского хозяйства. Автоматизация определения суммарного испарения может быть использована для создания системы управления орошением на сельскохозяйственных полях. Потенциальное испарение или максимально возможное испарение (испаряемость) с конкретной сельскохозяйственной культуры может быть использовано для определения норм и сроков полива [2]. Суммарное испарение также является важным звеном в моделях роста и развития растений.

Объекты и методы. Уравнение энергетического баланса является частной формулировкой фундаментального уравнения сохранения энергии. Суммарное испарение является связующим компонентом водного и энергетического баланса. Уравнение энергетического баланса, без учета горизонтальной адвекции, энергии фотосинтеза и снеготаяния, записывается в следующем виде:

$$R_n = \lambda E + H + G \quad (1)$$

где R_n – радиационный баланс подстилающей поверхности, Вт/м^2; λE – скрытый поток тепла (суммарное испарение) , Вт/м^2; H – турбулентный поток тепла, Вт/м^2; G – поток тепла в почву, Вт/м^2. Большая часть приходящей радиации поглощается у поверхности. Внутренняя энергия в частности расходуется на длинноволновую (тепловую) радиацию, турбулентный поток тепла, суммарное испарение и поток тепла в почву.

Радиационный баланс является разностью между приходящими потоками радиации на подстилающую поверхность и уходящими потоками. Уравнение радиационного баланса (R_n) выглядит следующим образом:

$$R_n = R_{S\downarrow} - R_{S\uparrow} + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1-\varepsilon_0)R_{S\downarrow} \quad (2)$$

где $R_{S\downarrow}$ – приходящая коротковолновая радиация (суммарная радиация), Вт/м^2; $R_{S\uparrow}$ – уходящая коротковолновая радиация, Вт/м^2, равная $\alpha R_{S\downarrow}$; α – альбедо поверхности; $R_{L\downarrow}$ – приходящая длинноволновая радиация, Вт/м^2; $R_{L\uparrow}$ – уходящая длинноволновая радиация, Вт/м^2; $(1-\varepsilon_0)R_{L\downarrow}$ – часть приходящей длинноволновой радиации, отраженной от поверхности, Вт/м^2.

Суммарная радиация, или приходящая коротковолновая радиация, является суммой рассеянной радиации, которая была рассеяна атмосферой и облаками, и прямой радиации, которая не была рассеяна. Большое влияние на поток суммарной радиации оказывают следующие факторы:

- Географическое положение и рельеф. Широта и долгота места оказывают значительное влияние на распределение суммарной радиации. Также больше значение приобретают параметры рельефа, так как различная экспозиция и крутизна склонов может приводить к большим различиям суммарной радиации на соседних участках. Также необходимо учитывать возможность затенения участков соседними склонами. Информацию о рельефе можно получить из цифровой модели рельефа (ЦМР), которая была получена в результате серии спутниковых съёмок, например программа ASTER GDEM. Локальные параметры земной поверхности, такие как крутизна и экспозиция склонов, могут быть определены через метод интерполяции и вычисление частных производных [3].
- Степень облачности. Облачность может, как уменьшать, так и увеличивать суммарную радиацию за счет увеличения рассеянной радиации. В основном облачность все-таки уменьшает приход суммарной радиации за счет уменьшения прямой радиации, поглощения радиации облаками. На поступление суммарной радиации влияют как количество, так и форма облачности. Влияние облачности на прямую и рассеянную радиацию может быть определено в зависимости от форм и количества облачности [4].
- Высота Солнца. Высота Солнца определяет массу атмосферы в направлении солнца. При большей массе атмосферы солнечные лучи проходят больший путь сквозь атмосферу. Высота Солнца вычисляется в зависимости от географического положения, даты и времени.
- Условия прозрачности атмосферы. Различная концентрация атмосферных газов и аэрозолей может оказывать значительное влияние на прозрачность атмосферы и соответственно на её мутность. Для учета прозрачности атмосферы может быть использованы результаты спутникового мониторинга фактора мутности Линке [5].

Альбедо поверхности (α) может быть рассчитано по данным спутниковой съемки в различных диапазонах видимого и инфракрасного спектров [1, 6]. Уходящая длинноволновая радиация ($R_{L\uparrow}$) рассчитывается по закону Стефана-Больцмана в зависимости от температуры поверхности, получаемой из теплового канала спутниковой съёмки, и излучательной

способности тела, которая может быть также рассчитана по данным дистанционного зондирования [1]. Приходящая длинноволновая радиация, или противоизлучение атмосферы, ($R_{L\downarrow}$) рассчитывается также по закону Стефана-Больцмана с учетом излучательной способности атмосферы, которая может быть рассчитана по температуре воздуха, характеристик облачности, измеряемых на наземных метеорологических станциях [Allen].

Турбулентный поток тепла (H) зависит от интенсивности турбулентного перемешивания и стратификации приземного слоя атмосферы.

$$H = \rho_{air} C_p \frac{dT}{r_{ah}} \quad (3)$$

где ρ_{air} – плотность воздуха, кг/м3; C_p – удельная теплоемкость воздуха, Дж/кг·К; dT – разность температур воздуха между двумя высотами z_1 и z_2 (в основном 0.1 м и 2 м соответственно), °С; r_{ah} – аэродинамическое сопротивление потоку тепла, с/м.

В энергобалансовой модели METRIC [1] для расчета аэродинамического сопротивления (r_{ah}) используется скорость ветра, экстраполированная от некоторой высоты над поверхностью земли, обычно от уровня измерения скорости ветра, до 100 м, где шероховатость поверхности уже не оказывает влияния на ветровой поток. Разность температур воздуха между двумя высотами z_1 и z_2 рассчитывается на основе модели SEBAL [7]. Строится линейная регрессия между точками, где суммарное испарение максимально и турбулентный поток тепла минимален ("холодный" пиксель), и где суммарное испарение минимально, а турбулентный поток тепла максимален ("горячий" пиксель). Расчет турбулентного потока тепла (H) включает схему коррекции стратификации, основанную на масштабе Монина-Обухова, универсальных функциях [8] и методе итераций. Автоматизация определения "холодного" и "горячего" пикселя может быть реализована согласно методу CITRA-MCB [9], который сводится к поиску подходящих кандидатов точек в зависимости от температуры подстилающей поверхности, индекса листовой поверхности LAI, альбедо и параметров шероховатости подстилающей поверхности. Индекс листовой поверхности LAI, параметры шероховатости подстилающей поверхности могут быть рассчитаны по данным спутниковой съёмки [1].

Поток тепла в почву – это скорость поступления или отдачи тепла в почве и растительности. Общие приложения METRIC вычисляют поток тепла в почву (G) как отношение G/R_n, используя эмпирическое уравнение, полученное для значений около полудня [7].

$$\frac{G}{R_n} = (T_s - 273.15)(0.0038 + 0.0074\alpha)(1 - 0.98 \cdot NDVI^4) \quad (4)$$

где T_s – температура поверхности, К; α – альбедо поверхности; $NDVI$ – нормализованный относительный индекс растительности. Поток тепла в почву (G) вычисляется умножением G/R_n на радиационный баланс (R_n).

Мгновенное суммарное испарение, λE, рассчитывается как остаточный член уравнения энергетического баланса (формула 1). Суточное и сезонное суммарное испарение рассчитывается с помощью отношения мгновенного суммарного испарения (λE), эталонного суммарного испарения (ET_0, испаряемость со стандартизированной растительной поверхности), по стандарту ASCE–EWRI [1]. Радиационный баланс, необходимый для определения суточного и сезонного суммарного испарения рассчитывается с помощью наземных данных непрерывных наблюдений на метеорологических станциях.

В качестве спутниковой информации может выступать любой спутник с тепловым каналом, желательно использовать спутники среднего пространственного разрешения (Landsat, ASTER), так как при крупном разрешении (MODIS) одно сельскохозяйственное поле нередко может представляться одним пикселем. Программа для автоматизированного расчета эвапотранспирации была написана на языке Python, который является интерпретируемым высокоуровневым языком программирования общего назначения. При разработке программы были использованы следующие основные сторонние библиотеки:

- NumPy – реализация быстрых вычислений в Python, включает многомерные массивы и высокоуровневые математические функции, предназначенные для работы с многомерными массивами;
- pandas – программная библиотека на языке Python для обработки и анализа данных;
- netcdf – библиотека, позволяющая читать файлы формата NetCDF;
- ephem – библиотека Python для выполнения высокоточных астрономических вычислений;
- linketurbidity – библиотека Python, позволяющая получать данные спутникового мониторинга фактора мутности Линке;
- GRASS Python Scripting Library – предоставляет интерфейс Python для запуска модулей GRASS GIS в скриптах.

GRASS GIS представляет собой географическую информационную систему (ГИС), используемую для управления данными, обработки изображений, производства графики, пространственного моделирования и визуализации многих типов данных. GRASS GIS программа с открытым исходным кодом, позволяющая проводить анализ спутниковых данных, имеющая современные методы обработки изображений. Модуль GRASS Python Scripting Library позволяет автоматизировать работу GRASS GIS с помощью языка Python.

В качестве наземной метеорологической информации могут выступать данные метеорологических измерений на станциях стандартной сети, или могут быть использованы специальные метеорологические комплексы [2].

Результаты и обсуждения. Расчет составляющих радиационного баланса проводился согласно модели METRIC [1]. При расчете составляющих радиационного баланса были использованы данные спутника Landsat-5 за вегетационные периоды с 2004 по 2011 год. Для валидации расчета составляющих радиационного баланса была выбрана станция из сети кроссковариационных станций AmeriFlux: US-Ro1 (Rosemount-G21). Станция имеет координаты 44°42'51.5"N 93°05'23.3"W и расположена на фермерском поле, с ежегодной ротацией культур кукуруза/соя. В таблице 1 приведены статистические результаты расчета составляющих радиационного баланса.

Таблица 1. Статистические показатели расчета составляющих радиационного баланса по измерениям станции US-Ro1 (Rosemount- G21) и расчетам по спутниковым данным Landsat-5

Статистический показатель	$R_{S\downarrow}$	$R_{S\uparrow}$	$R_{L\downarrow}$	$R_{L\uparrow}$	R_n
RMSE, Вт/м^2	34.326	15.937	22.836	20.065	49.176
d	0.984	0.925	0.931	0.954	0.942
NSE	0.931	0.613	0.798	0.835	0.790
r	0.973	0.894	0.992	0.916	0.901
Среднее измеренное, Вт/м^2	721.717	101.380	310.753	435.447	473.543
Среднее рассчитанное, Вт/м^2	712.626	100.089	326.475	438.200	489.112
Отклонение, %	-1.260	1.290	-4.816	-0.628	-3.183

***** Root-Mean-Square Error (RMSE) – среднеквадратическая ошибка; d (Index of Agreement) – индекс согласия Вильмотта; NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency) – критерий Нэша-Сатклифа, индекс эффективности модели; r (Pearson correlation coefficient) – коэффициент корреляции Пирсона.

Расчет суточного суммарного испарения был произведен с помощью энергобалансовой модели и сравнивался с данными по измерению суммарного испарения лизиметрами с поля люцерны (Бушланд, штат Техас), опубликованные в работе [Lascano]. Был использован спутник Landsat-7, дата пролёта – 05.07.1999, время пролёта – 12:12 по местному времени.

Исследование суммарного испарения по лизиметрам было проведено в лаборатории USDA-ARS (35° 11' N., 102° 06' W., 1170 м над уровнем моря) на суглинистой почве с посевами люцерны (сорт Pioneer 5454). Люцерна была посажена 13-14 сентября 1995 года и оптимально обеспечивалась водой и удобрениями, создавались ничем не лимитируемые условия для развития растений. Весовые лизиметры измеряли значения испарения каждые 6 секунд, средние значения записывались каждые 30 минут с точностью 0.05 мм. В расчетах использовались наземные метеорологические данные скорости ветра, температуры и относительной влажности воздуха, атмосферного давления (станция Амарилло, WMO-ID: 72363). На рисунке 1 показана тематическая карта суточного суммарного испарения. В таблице 2 приведены основные метеорологические величины, значения определенный по модели SEBAL значений "холодного" и "горячего" пикселей, данные измерения лизиметра и результаты расчета суммарного испарения в точке, где непосредственно находился лизиметр.

Таблица 2. Метеорологические данные, измерения лизиметра, данные расчета по энергобалансовой модели над посевом люцерны 05.07.1999, координаты: 35° 11' N., 102° 06' W

Температура воздуха, °C	28.3
Относительная влажность воздуха,%	48
Скорость ветра, м/с	6.7
Температура "горячего" пикселя, K	313.6
Температура "холодного" пикселя, K	294.45
Высота растений, м	0.67
Дневное суммарное испарение, измеренное лизиметром, мм	11.6
Дневное суммарное испарение (энергобалансовая модель), мм	10.7

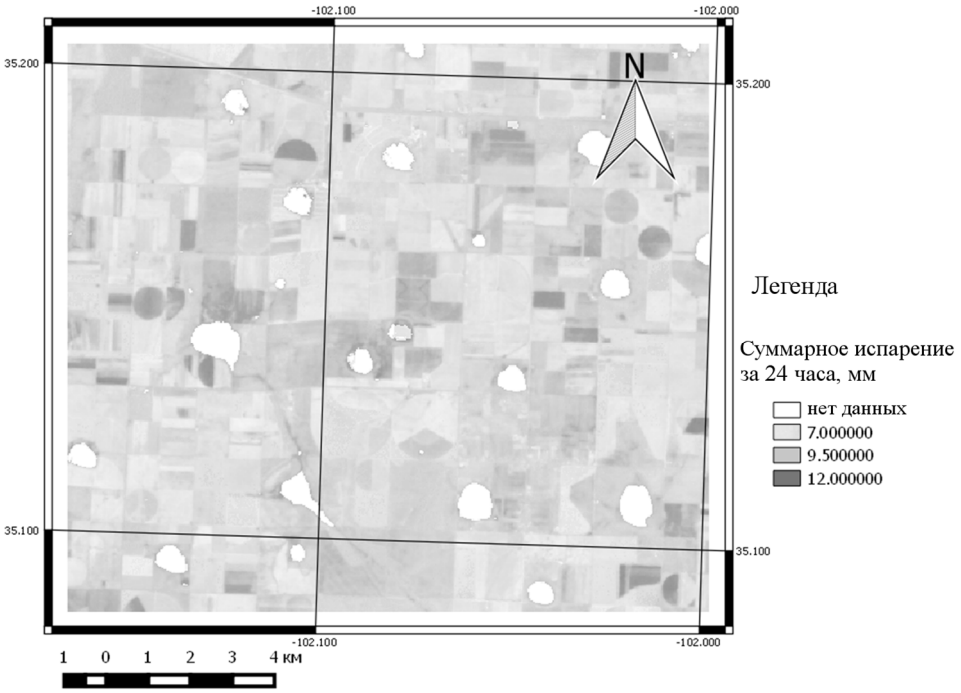


Рисунок 1 – Суточное суммарное испарение, рассчитанное с помощью энергобалансовой модели по данным спутника Landsat-7 и наземным измерениям на станции Амарилло, WMO-ID: 72363. Дата: 05.07.1999; местное время 12:12

Заключение. Создана программа на языке Python с использованием ГИС GRASS GIS, позволяющая автоматизировать расчет суммарного испарения по данным спутниковой съемки и наземных метеорологических измерений. Проведена валидация автоматизированного расчета составляющих радиационного баланса с помощью данных дистанционного зондирования спутника Landsat-5 и кроссковариационных измерений. Проведена апробация автоматизированного расчета суммарного испарения по данным дистанционного зондирования спутника Landsat-7 и измерений лизиметра. Величина суммарного испарения характеризует влагообеспеченность посевов, при автоматизированном расчёте может быть использована в автоматизированных оросительных системах, в системе точного земледелия. В дальнейшем планируется проведение апробации программы расчета суммарного испарения, норм и сроков полива на территории России, на орошаемых полях с расчетом экономической эффективности автоматизированного определения норм и сроков полива с использованием пространственного распределения суммарного испарения.

Литература

1. Allen R.G., Tasumi M., Trezza R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)—Model // Journal of irrigation and drainage engineering. 2007. Т. 133. № 4. С. 380-394.
2. Efimov A.E., Sitdikova Yu.R., Dobrokhotov A.V., Kozyreva L.V. Monitoring evapotranspiration in an agricultural field and determination of irrigation rates and dates by automated mobile field agrometeorological complex // Water Resources. 2018. Т. 45. № 1. С. 133-137.
3. Mitášová H., Hofierka J. Interpolation by regularized spline with tension: II. Application to terrain modeling and surface geometry analysis // Mathematical Geology. 1993. Т. 25. № 6. С. 657-669.
4. Suckling P.W., Hay J.E. A cloud layer-sunshine model for estimating direct, diffuse and total solar radiation // Atmosphere. 1977. Т. 15. № 4. С. 194-207.
5. Remund J. et al. Worldwide Linke turbidity information // ISES Solar World Congress 2003. – International Solar Energy Society (ISES). 2003. Т. 400. С. 13.
6. Liang S. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I: Algorithms // Remote sensing of environment. 2001. Т. 76. № 2. С. 213-238.
7. Bastiaanssen W. G. M. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey // Journal of hydrology. 2000. Т. 229. № 1. С. 87-100.
8. Monin A.S., Obukhov A.M.F. Basic laws of turbulent mixing in the surface layer of the atmosphere // Contrib. Geophys. Inst. Acad. Sci. USSR. 1954. Т. 151. № 163. С. e187.
9. Olmedo G. F. et al. water: Tools and functions to estimate actual evapotranspiration using land surface energy balance models in R // R J. 2016. Т. 8. С. 352-369.
10. Lascano R. J., C. H. M. van Bavel and Evett S. R. A Field Test of Recursive Calculation of Crop Evapotranspiration // Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2010. Т. 53. № 4. С. 1117-1126.

УДК 550.8+551.243+553.9

ПРИМЕНЕНИЕ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ МОГТ-3Д ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПАЛЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОГО БОРТА ФЕРГАНСКОЙ ВПАДИНЫ

Жабборов С.М.
jabborovgeofizik@mail.ru
Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

В работе приводятся результаты анализа опубликованных работ по нефтегазоносности южного борта Ферганской впадины. На примере отдельной площади показана возможность применения сейсморазведки МОГТ-3Д для изучения структуры палеогеновых отложений с целью выявления мест возможных скоплений углеводородов.

Ключевые слова: нефтегазоносность, структура осадочной толщи, сейсморазведка МОГТ-3Д, временной разрез, палеоген, месторождения нефти и газа.

Сложность строения Ферганской внутриорогенной впадины – с большим размахом новейших движений и деформаций, вызывает необходимость применения современных методов геофизики для изучения особенностей геологического разреза. В общей структуре региона выделяются крупные структурные элементы: Центрально-Ферганская мегасинклиналь, Северная и Южная прибортовые ступени, Южный переходный пояс, Западно-окраинная ступень, прогибы Исфара-Ляканский, Кокджарский, Ляйлаканский и Нанайский. Большой вклад в изучение геологического строения, стратиграфии, нефтеносности этого региона внесли К.П. Калицкий, В.И. Вебер, Д.И. Мушкетов, Д.В. Наливкин, Г.И. Шатов, О.С. Вялов, С.А. Ковалевский, Н.П. Васильковский, Н.Т. Линдтроп, Н.А. Кудрявцев, Н.В. Шабаров, С.Н. Симаков, А.М. Габрильян, С.С. Шульц, Г.Х.Дикенштейн, А.В. Пейве, В.Н. Огнев, В.И.Попов, В.Б. Профирьев, С.И. Ильин, Г.А.Габриэлянц, А.А.Акрамходжаев, О.А. Рыжков, З.Р.Зокиров, Б.Б.Таль-Вирский, М.Э.Эгамбердиев, Б.Б.Ситдиков и др. Несмотря на то, что этот регион достаточно детально изучен, остаются нерешёнными многие вопросы структурно-тектонических особенностей размещения залежей углеводородов.

Одной из основных задач поисково-разведочных работ в нефтегазовой геологии является выявление мест благоприятных для скопления углеводородов, называемых ловушками [1]. К ним относится широкий набор элементов строения геологического разреза, среди которых наибольшее распространение имеют антиклинальные складки. Этот относительно простой вид ловушки легко обнаруживается обычными методами сейсморазведки (МОГТ 2D и др) [2]. Однако, в связи с высокой плотностью сейсморазведочных профилей в исследуемой территории потенциальная возможность их обнаружения низкая. Во-первых, все они уже известны, во-вторых, строение южного борта Ферганской впадины характеризуется распространением сложнодислоцированных складчато-разрывных элементов [3]. Поэтому основными объектами поисков здесь должны быть сложно-построенные геологические объекты, связанные с неантиклинальными и комбинированными ловушками. Для обнаружения таких элементов необходимо применение более совершенных методов, к которым относится трехмерная сейсморазведка. Задачей настоящей работы является анализ возможностей трёхмерной сейсморазведки для изучения сложнодислоцированной толщи палеогеновых отложений на примере отдельной площади Южного борта Ферганской впадины.

По сравнению с двумерными детальными сейсмическими наблюдениями трехмерная сейсморазведка позволяет существенно дополнить и уточнить информацию о строении среды с построением её детальной геологической модели.

Возможности трехмерной сейсморазведки широко обсуждаются в научной литературе [2,4,5]. Большой вклад в развитие сейсморазведки, в том числе и трехмерной внесли Бембель Р.М., Гогоненков Г.Н., Кузнецов В.И., Пузырев Н.Н., К.М.Маметов, Т.Л.Бабаджанов, Bone M., Tegland E., Gardner G., Mc. Donald J., Christopher L, A.Cordsen, M.Calbraith, J.Peirce, A.Chakraboty, D.Okava, B.Radovich и многие другие.

В таблице приводятся данные по этапам развития видов сейсморазведки и регистрируемых данных.

Таблица 1 – основные виды съёмки сейсморазведочными методами и регистрируемые данные

Этапы	Обозначение метода съёмки	Регистрируемые данные (определяемые по сейсмической записи)	Размерность
1	1D	t	1D
2	2D	L_x, t	2D
3	3D	L_x, L_y, t	3D
4	4D	L_x, L_y, t, τ	4D
Буквенные обозначения: t - время, L_x - удаление по x, L_y - удаление по y, τ - дата проведения съемки			

Как видно из таблицы с развитием методов организации наблюдений повышалась информативность сейсмической записи: появляется возможность регистрации не только времени (t) прихода отражённой сейсмической волны вдоль профиля, но и по площади с определёнными размерами (L_x , L_y).

Исследования трехмерной сейсморазведкой в Узбекистане были начаты в Центральном грабене Ферганской депрессии [5]. На основе изучения геологического строения разреза здесь были выделены локальные структуры, получена важная информация по всем возрастным подразделениям нефтегазоносных толщ юрско-мелового и палеоген-неогенового комплексов, построены карты литофизического состава отложений, был осуществлен подсчет запасов перспективных ресурсов УВ и даны рекомендации по дальнейшему направлению буровых работ. Этот район стал местом апробации трёхмерной сейсморазведки и полученные данные стали основой для получения и интерпретации материалов в других регионах. В последующем детальные наблюдения были выполнены и в других площадях, в том числе продолжаются и в Южном борту Ферганской впадины. При изложении результатов мы остановимся лишь на описании примеров по палеогеновым отложениям.

Ещё в семидесятых годах прошлого столетия было установлено, что нефтегазоносность палеогеновых отложений в Ферганской впадине имеет региональное распространение [6]. В последующем в Южном борту на основе детальных исследований были открыты месторождения в палеогеновых отложениях представленные, в большинстве случаев, нефтяными залежами, в отдельных случаях нефтяными залежами с газовыми шапками и чисто газовыми залежами. В южном борту к ним относятся месторождения: с нефтяными залежами – Ханкыз (III, VII), Авваль и Восточный Авваль (V), Чимион (IV, V), Палванташ (III, IV, VI), Андижан (V, VI, VII), Шарихан-Ходжиабад (III, V, VI, VII); нефтяные с газовой шапкой – Андижан (горизонт III), Палванташ (V, VII, VIII), Шарихан-Ходжиабад (VIII); чисто газовые – Хартум (VII).

Разрез палеогеновых отложений в описываемой части региона сверху вниз представлен бухарским, сузакским, алайским, туркестанским, ришстан-исфара-ханабадским и сумсарским слоями. В них установлено девять продуктивных горизонтов: IX и VIII – в бухарском, VII – в алайском, VI и V – в туркестанском, IV – в ришстанском, III и II (выделены условно) – в сумсарском. Выполнение сейсморазведочных наблюдений на изучаемой площади преследует цель изучения структурных особенностей палеогеновых отложений для уточнения и выявления перспективной локальной структуры-ловушки.

В пределах восточной части Южного борта Ферганской впадины сейсморазведочные работы МОГТ-3Д по изучению структуры палеогеновых отложений и других горизонтов выполнены силами Аввальской с/п на площадях Авваль, Кашкаркыр, Ханкыз, Капчагай.

Первичный полевой материал представляет собой цифровые записи на DVD-дисках, которые содержат сведения о местоположении и альтитудах пунктов возбуждения и приёма колебаний. К этому исходному материалу прилагаются схема расположения пунктов приёма (ПП) и пунктов взрыва (ПВ), а также схема кратности наблюдений. Они поступают на обработку по мере отработки полос в полевых условиях. Обработка данных выполнена Производственной геолого-методической партией (ПГМП) АО «Узбекгеофизика». Каждая отработанная полоса обрабатывалась отдельно на базе вычислительного центра с использованием аппаратно-программных комплексов (АПК) “Geovecteur Plus”, а позднее и “GeoClacteur Plus”.

Предусмотренный техническим проектом граф обработки включает стандартные процедуры состоящие из различных этапов: анализ материалов и вычисление статических поправок для каждого ПВ и ПП; подготовка носителей для ввода полевых материалов в память ЭВМ; ввод и переформатирование в формат “Geovecteur Plus” или “GeoClacteur Plus”; анализ качества полевой информации; выборочная визуализация первичных сейсмограмм; автоматизированный контроль качества; составление дефектной ведомости; компоновка SPS-файлов по координатам, пунктам возбуждения и пунктам приёма; геометризация; вычисление априорных статических поправок (по данным ЗМС или МСК); получение временных разрезов по выбранной сетке; определение параметров мьютинга, проверка кинематических поправок; редактирование сейсмограмм; коррекция кинематических поправок; получение предварительного сейсмического куба данных.

Предварительные временные разрезы по линиям приёма InLine (с шагом 24) и вдоль линии взрыва CrossLine (с шагом 50) составляются при помощи программы суммирования на основе выполнения ряда операций по загрузке полевого материала, присвоения геометрии, бинаризации, занесения библиотек априорных координат, априорной статики и кинематики.

На стадии обработки подбираются параметры фильтрации для подавления регулярных и случайных волн-помех. Для этого использована полосовая (FILTR) фильтрация в широком окне 12 - 70 Гц на времени 0 - 2000 м/с и 12 - 40 Гц на времени 2100-4900 мс. Также была использована коррекция за сферическое расхождение энергии сигнала с глубиной (SDICO). Сигнал после фильтрации выглядит так, как будто он прошёл через фильтр со значениями спектра 0 или 1. Это обеспечивает сохранение сигнала и в то же время оптимизирует подавление случайных помех. В результате применения этой технологической цепочки улучшается качество исходного материала - сейсмограммы (рис. 1) и, соответственно, качество временного разреза (рис. 2).

При обработке полос проводится получение вертикальных спектров скоростей по выбранным линиям (программа VESP). Предварительный анализ скоростей суммирования проводился по сетке 1×1 км, узлы которой выбирались на участках удовлетворительного качества для получения предварительных скоростей суммирования, которые бы не были сильно искажены статическими аномалиями. Получение таких “гладких” скоростных зависимостей является предварительным этапом перед первой итерацией коррекции статических поправок.

На основе определения вертикальных спектров и уточнения скоростей суммирования по каждой полосе наблюдения строится куб InLine и CrossLine с инкрементом 1, т.е. 25 м, а затем - общий куб по всей площади работ с помощью модуля STACK . Пример визуализации такого куба, с учётом мигрированных порций трасс и готового к передаче на АПК “Integral Plus” для качественной интерпретации показан на рисунке 3.

На основе сейсморазведочных данных получена новая модель геологической структуры площади по палеогеновым отложениям. Пример изображения такой модели приводится на рисунке 4. Как видно, здесь на глубине – 1100 метров выделена крупная антиклинальная складка амплитудой до 1200 м простирание которой имеет субширотное с небольшим отклонением на юго-запад. Структура осложнена широтным разломом, по которому северная часть складки взброшена на южную. Вертикальная амплитуда взбросового смещения в сводовой части достигает до 320 метров и постепенно угасает в направлении на юго-запад и северо-восток (рис.4).

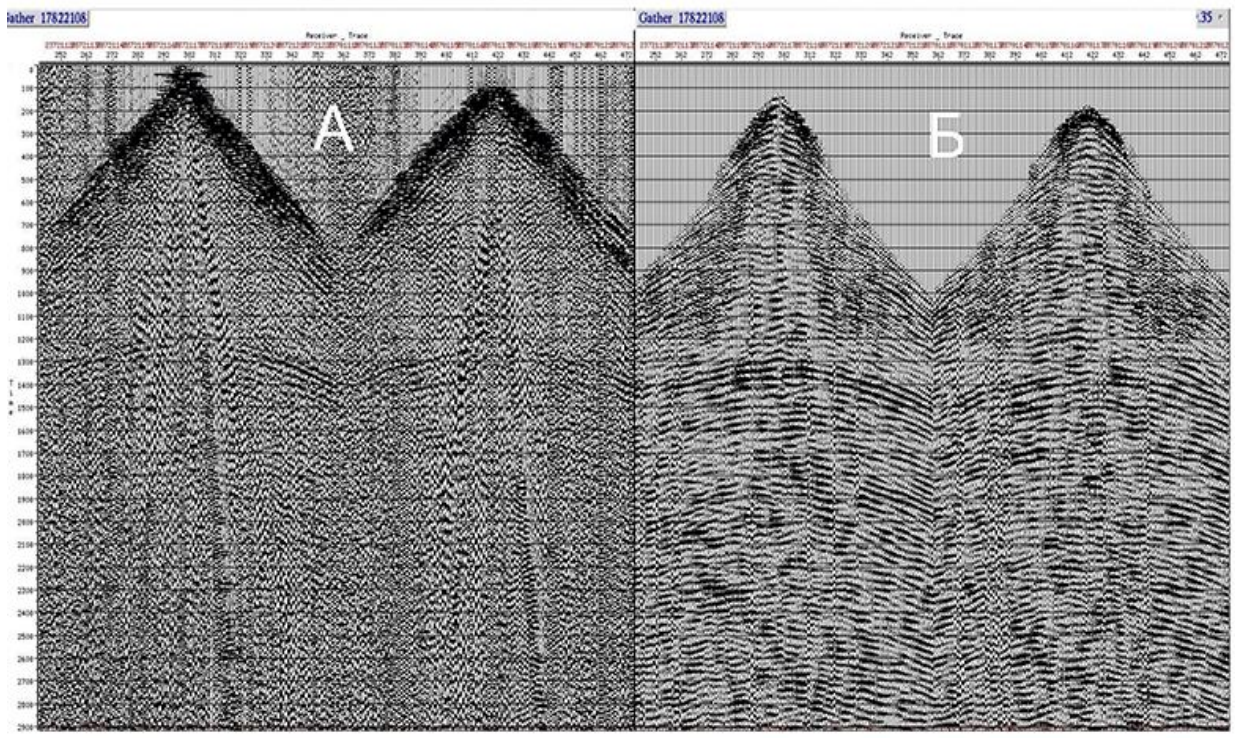


Рисунок 1 – Примеры сейсмограмм по двум линиям приёма до (А) и после (Б) FK фильтрации

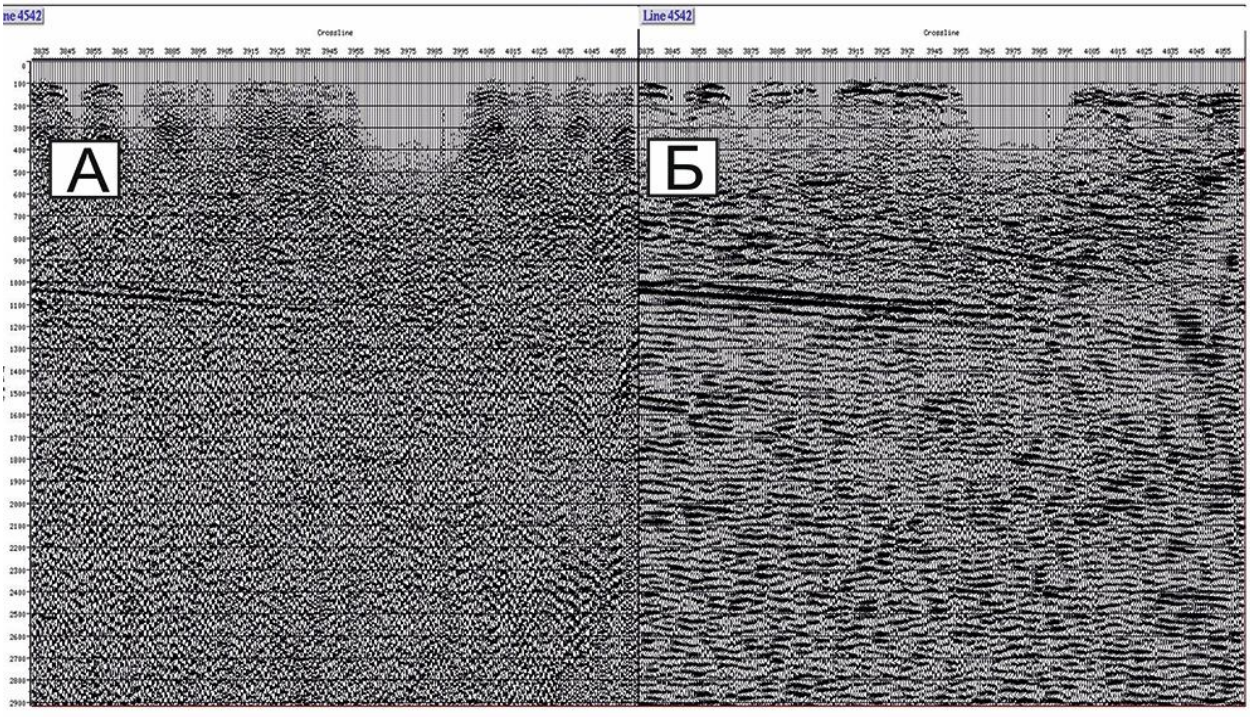


Рисунок 2 – Временной разрез по профилю 4542 до (А) и после (Б) FK фильтрации

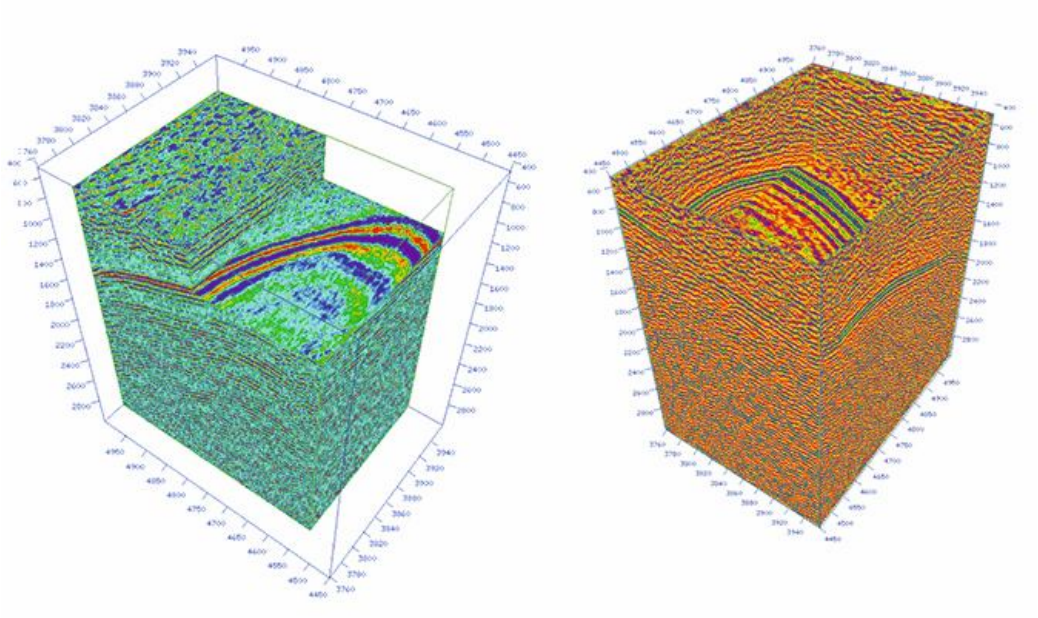


Рисунок 3 – Различные фрагменты временного куба амплитуд по данным МОГТ 3D

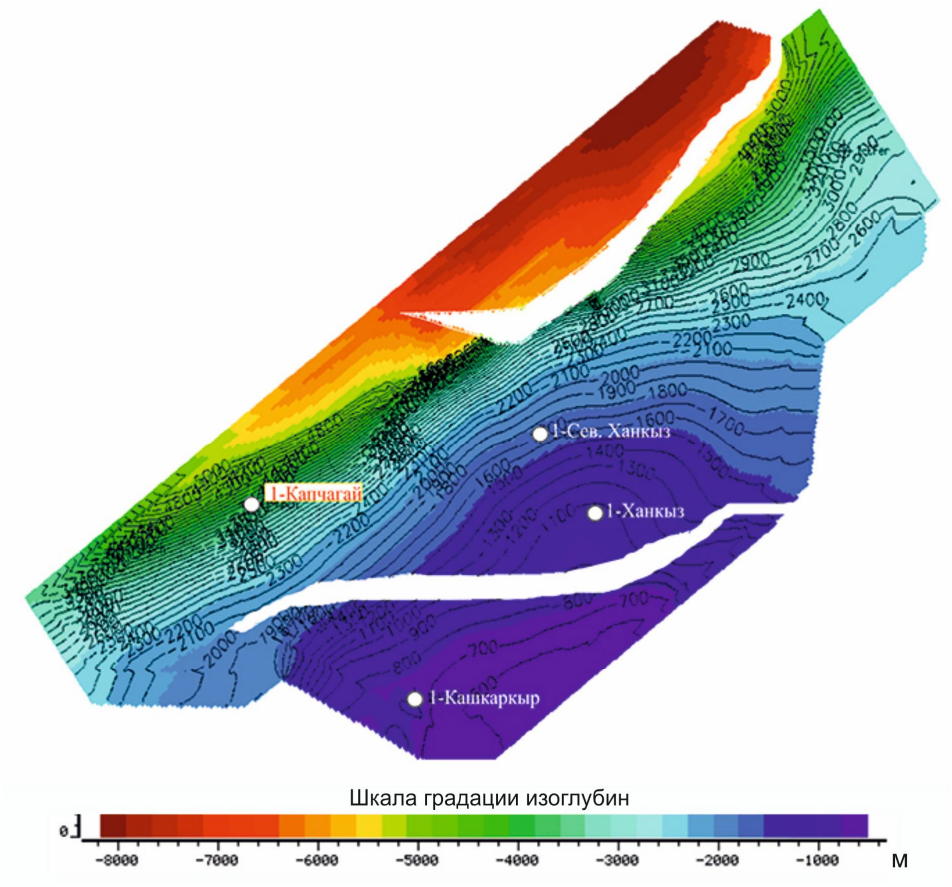


Рисунок 4 – Структурная карта (GRID) по отражающему горизонту (*P*) на участке Ханкыз-Капчагай, (Светлой половой отмечены зоны разрывных нарушений)

Опыт полевых работ и анализ особенностей машинной обработки и интерпретации данных показывают, что для улучшения качества и эффективности проводимых работ необходимо соблюдение ряда требований. Среди них наиболее существенными являются: правильный выбор системы наблюдения в условиях сложного геологического разреза: выбор

равномерной сети и кратности наблюдений; использование методов микросейсмокаротажа (МСК) и сейсмокаротажа для изучение верхней части разреза.

Применение 3D сейсморазведки в условиях южного борта Ферганской впадины позволяет получить более точное изображение резервуаров и дать количественную информацию об особенностях строения ловушки, степени однородности коллектора и содержания УВ. Результаты показывают, что основными преимуществами 3D сейсморазведки являются: улучшение качества структурной интерпретации с получением трехмерной модели. Трехмерная миграция данных позволяет восстановить истинное положение в пространстве элементов наклонных и криволинейных геологических границ, которые контролируют нефтяные залежи. Кроме того, облегчается сейсмостратиграфическая интерпретации, что позволяет выявлять сложные ловушки углеводородов не структурного типа.

Полученные данные могут быть использованы для определения запасов и передачи площади для проведения геолого-разведочных работ.

Литература

1. Абидов А.А. Современные основы поиска прогноза и поисков нефти и газа. Ташкент: Фан. 2012. 816 с.
2. Сейсморазведка. Справочник геофизика / Под ред. И.И. Гурвича, В.П. Номоконова. М.: Недра. 1981. 464 с.
3. Ситдиков Б.Б. Неотектоника Западного Тянь-Шаня (на примере Центральных Кызылкумов и Ферганской впадины). Ташкент: Фан. 1985. 144 с.
4. Бабаджанов Т.Л., Маметов К.М., Зуннунов Ф.Х. Объёмная сейсморазведка в Узбекистане // Геология и минеральные ресурсы. Ташкент. 2004. № 5. С. 35-40.
5. Маметов К.М. К вопросу интеграции методологии трёхмерной сейсморазведки с другими геолого-геофизическими методами // Neft va Gaz. Ташкент. 2006. № 6.
6. Нефтяные и газовые месторождения Средней Азии. Ферганская нефтегазоносная область. М.: Недра. 1965. С. 327-411.

УДК 553.9+550.8+551.243

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА ВОСТОЧНОГО УСТЮРТА В СВЯЗИ С НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬЮ

Жураев Э.М.
umrah@mail.ru
Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

В работе приводится геолого-геофизическая характеристика территории Восточного Устюрта в связи с нефтегазоносностью в целях обобщения и систематизации имеющихся данных для повторной обработки и переинтерпретации на базе новых программных средств и технологических возможностей.

Ключевые слова: геологическое строение, геофизические данные, сейсморазведка, нефтегазоносность, месторождения нефти и газа.

Описываемый в настоящей работе регион включает восточную часть Устюрта и приграничную с ней Араломорскую впадину (в пределах границ Республики Узбекистан). В последние десятилетия в этом регионе ведутся интенсивные поисково-разведочные работы на нефть и газ. Интерес к этой территории связан с перспективностью открытия новых месторождений углеводородов. Здесь были выполнены региональные геологические и геофизические исследования методами гравиразведки, сейсморазведки, магниторазведки. Они послужили основой изучения геологического строения, состава и структуры осадочных комплексов в связи с нефтегазоносностью. Проведены сейсморазведочные исследования МОГТ-2D и 3D [1,2,3], результаты которых позволили выявить ряд новых локальных структур для поискового бурения. В настоящее время накопился большой объём геолого-геофизических данных, которые ещё недостаточно полно использованы. В задачу настоящей работы входит обобщение и систематизация имеющихся данных с целью подготовки их к повторной обработке и переинтерпретации с использованием новых программных средств и технологических возможностей. Трудоёмкость и большой объём предстоящих исследований определяет постановочный характер изложения настоящей работы.

В структурно-тектоническом плане Восточный Устюрт представлен такими крупными структурными элементами, как Северо-Устюртская впадина, Центрально-Устюртская система поднятий, Южно-Устюртская впадина (система прогибов), граничащие с юго-восточной стороны с Куаныш-Коскалинским валом субмеридионального простирания. Отмеченные структурные элементы с востока окаймляются крупной Араломорской впадиной. В составе последней находятся Судочий прогиб, Тахтакаирский вал.

Большинство известных месторождений открыты в пределах Куаныш-Коскалинского вала и Судочего прогиба. В Аральской впадине и на плато Устюрт силами производственных поисково-разведочных предприятий АО «Узбекгеофизики» и других компаний были выполнены планомерные сейсмические исследования различными методами: МОВ, КМПВ, ВСП, ОГТ [3,4]. Эти исследования носили региональный характер для изучения общих черт глубинного геологического строения региона с определением перспективных направлений детализационных геологоразведочных работ.

Судочий прогиб в гравитационном поле выражен максимумом силы тяжести – соотношение между знаками пликативной дислокации и аномалиями силы тяжести здесь обратное. Магнитное поле в пределах Судочьего прогиба также характеризуется положительными значениями напряженности. По-видимому, особенности гравитационного и магнитного полей отражают не рельеф фундамента, а обусловлены его внутренним строением. Глубина залегания поверхности фундамента в наиболее погруженной части прогиба

составляет 4-5 км (в зоне суши) и 5-6 км (в морской зоне). В южной части прогиба разрез доюрских и юрских отложений сокращён (600-700 м и 1000-1200 м соответственно), а мощности меловых и палеогеновых резко возрастают, достигая 1700-1800 м и 500-600 м соответственно.

Территория всего плато Устюрт была покрыта региональными профилями ГСЗ-ОГТ, КМПВ. В результате этих работ было изучено в общих чертах глубинное строение региона, установлено блоковое строение фундамента, выделены основные структурно-тектонические элементы, глубинные разломы и крупные разрывные нарушения. По сейсмическим признакам отражательной способности фундамента в глубинном строении региона (Т.Л.Бабаджановым и др) выделены три структурно-вещественных типа земной коры: относительно стабильной слабодеформированным субстратом с двухъярусным строением (; расслоенный на всю мощность интрузивный комплекс с отражающими границами разных морфологий и положений; раздробленный наклонными и ветвящимися разломами ячеисто-блоковый тип консолидированной коры. Последний характерен для Судочего прогиба и Юго-западной части Араломорского прогиба. Нефтегазоносность этих подразделений различна - она характерна для верхней части первого и частично третьего типов земной коры, а в районе распространения третьего типа – не установлена. Первый тип коры распространяется в районах Барсакельмесской, Самской, Косбулакской, Центрально-Араломорской впадин. Второй соответствует северной части Центрально-Устюртской системы дислокаций. Для этой части характерно проявление условий тектонического поля растяжений с образованием рифтовых структур. Такая динамическая картина проявляется в некоторых соседних регионах (Прикаспийском [5], Бухаро-Хивинском [6]), в пределах которых сосредоточены большое число месторождений нефти и газа.

Каждый из отмеченных выше типов земной коры характеризуется свойственным глубинным строением, степенью проявления геодинамической активности. Анализ опубликованных работ по региону показывает, что этот «показатель» не достаточно принят во внимание при определении первоочередных площадей выполнения сейсморазведочных и других геофизических исследований.

Сейсморазведкой МОВ покрыта почти вся территория плато Устюрт со средней плотностью 0,26 пог. км на I кв. км, в морском варианте – вся западная и центральная часть акватории Аральского моря с плотностью 0,52 пог. км на 1 км^2 [4]. В результате этих исследований и буровыми работами было установлено, что в стратиграфическом отношении углеводородные скопления связаны в основном с юрскими отложениями. Известное газовое месторождение Урга с запасами по категории $C_1 + C_2$ 37 млрд. м^3 приурочено к верхнеюрским песчаникам. Практически во всех испытанных скважинах получены притоки газа дебитом до 30 - 50 тыс. м^3/сут. Кроме того, в скв. № 1 при забое в нижнеюрских отложениях произошел газо-водяной выброс, свидетельствующий о потенциальной газоносности этого интервала разреза и практически не изученного бурением.

На основании детального анализа вскрытых буровыми скважинами разрезов установлены комплексы пород с благоприятными условиями миграции и скопления углеводородов. Можно ожидать наличие их по всему разрезу юрских отложений, а при определенных условиях - и в доюрских. Установленные залежи газа приурочены к песчаникам и алевролитам с пористостью до 18 - 20 % и проницаемостью 20 - 40 мД. Вместе с тем, изучение материалов бурения, сейсморазведочных и гравиметрических данных по близлежащим к месторождению площадям позволило выявить литолого-фациальную изменчивость юрских отложений. Это обстоятельство объясняет трудности однозначного выделения одноименных пластов и горизонтов – практически на большом протяжении отмечается невыдержанность продуктивных пластов по латерали. В таких условиях геологического разреза необходим технологически новый подход с применение объёмной сейсморазведки. Здесь вероятно обнаружение неструктурных, литологически экранированных ловушек в горизонтах сложенных песчаниками.

Геологическое строение, литолого-фациальный состав пород юрских и меловых отложений, характер размещения газоносных горизонтов и песчаных коллекторов предполагают развитие в регионе целого набора разнообразных типов ловушек – литологических, стратиграфических, структурных, тектонических. Для их успешного обнаружения геофизическими методами нужны благоприятные геофизические условия, определяющие возможности их применения [3]. Так, анализ материалов ВСП показал наличие на территории Восточного Устюрта и Араломорской впадины горизонтального и вертикального градиентов скоростей. С учётом этих особенностей проводится интерпретация материалов площадных сейсморазведочных работ 3Д [2], выполненых с целью поиска и доразведки на месторождениях Бердах, Учсай, Шагырлык, Сургиль, на площадях Сев.Урга и Кабанбай. Учсайской сейсморазведочной партией были выполнены поисково-разведочные и детализационные сейсморазведочные работы 3Д масштаба 1:25000 в пределах Судочьего прогиба и Тахтакаирского вала. Целью их было уточнение геологического строения, находящихся в бурении нефтегазоперспективных структур Бердах, Вост.Бердах, Учсай и Шагырлык и оптимизация заложения на них глубоких поисково-разведочных скважин. Эти исследования позволили решить задачи по оценке параметров методики и технологии сейсморазведочных работ 3D, уточнить геологическое строение и геолого-геофизические модели месторождений Бердах, Вост.Бердах, Учсай и Шагырлык.

Таким образом, подводя итоги изученности и характеристике геолого-геофизических особенностей территории можно сделать следующие выводы: 1) территория Восточного Устюрта покрыта детальной сетью геофизических профилей, на основе которых были изучено строение разных глубинных уровней, выполнено сейсмостратиграфическое расчленение разреза с выделением нефтегазоносных толщ; 3) определены скоростные и другие показатели среды используемые при интерпретации материалов; 4) имеются потенциальные возможности использования накопленного первичного фактического материала для переоценки нефтегазоносности региона. Для этого необходимо ускорение внедрения более совершенных технологий обработки и интерпретации данных трёхмерной сейсморазведки, что идёт пока нескорыми темпами.

Литература

1. Бабаджанов Т.Л., Маметов К.М., Зуннунов Ф.Х. Объёмная сейсморазведка в Узбекистане // Геология и минеральные ресурсы. Ташкент. 2004. № 5. С. 35-40.
2. Маметов К.М. К вопросу интеграции методологии трёхмерной сейсморазведки с другими геолого-геофизическими методами // Neft va Gaz. Ташкент. 2006. № 6.
3. Бабаджанов Т.Л., Деревянко В.И., Ким Г.Б., Зуев С.Н. Новые открытия в Западном Узбекистане на структурах ранее признанными бесперспективными // Современные проблемы и пути освоения нефтегазового потенциала недр. Сб. науч. тр. Междунар. науч.-техн. конференции (г. Ташкент, 22 ноября 2012 г.). Ч. 1. Ташкент. 2013. С. 16-19.
4. Бабаджанов Т.Л., Ким Г.Б. Геофизические работы на нефть и газ в Узбекистане // Узбекский журнал Нефти и газа «Neft va gaz» . Ташкент. 2012. Спец. вып.
5. Сывороткин В.Л., Павленкова Н.И. Мировая рифтовая система и нефтегазоносные пояса планеты: новая трактовка геотектонической позиции Каспийского региона и возможности мониторинга // Пространство и Время. Альманах. 2014. Т. 5. Вып. 1. Ч. 2. С. 10.
6. Абдуллаев Г.С., Долгополов Ф.Г. Геодинамика и нефтегазоносность литосферы Узбекистана. Ташкент: УзНИО НГП. 2016. 362 с.

УДК 550.837.211

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИСТОКООБРАЗНОЙ АППРОКСИМАЦИИ ПРИ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Забинякова О.Б.
perah.92@inbox.ru, zabinyakova@gdirc.ru
Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

В работе приведены результаты применения метода истокообразной аппроксимации для анализа данных магнитотеллурического зондирования на примере синтетической модели.

Ключевые слова: истокообразная аппроксимация, прямая трехмерная задача магнитотеллурического зондирования, МТ- поле, тензор импеданса, корреляция.

При проведении геофизических исследований методом магнитотеллурического зондирования (МТЗ) наибольший практический интерес представляет решение обратных, преимущественно трехмерных задач, которые позволяют делать выводы о пространственном распределении геоэлектрических свойств рассматриваемой среды по компонентам магнитотеллурического поля (МТ-поля), наблюденным на земной поверхности [1]. Ввиду некорректности обратных задач МТЗ очевидно, что получаемые решения напрямую зависят от стартовой модели (начального приближения) геосреды. *Истокообразная аппроксимация магнитотеллурических данных* может применяться на этапе качественной интерпретации полевых МТ-данных – она позволяет определить первоначальное приближение для решения некорректной обратной задачи магнитотеллурического зондирования и, по возможности, снизить размерность решаемой обратной задачи [2, 3].

Напомним, что применение метода истокообразной аппроксимации основано на определении корреляции компонент *наблюденного* и *смоделированного* МТ-полей. Поясним, что под смоделированным полем понимается МТ-поле для однородного проводящего полупространства ($\rho_{в.п.}$ – удельное электрическое сопротивление вмещающего полупространства), с включенным в него элементарным объёмом, характеризующимся избыточной электропроводностью ($\rho_{э.о.}$ – удельное электрическое сопротивление элементарного объема). Перемещая элементарный объем по вмещающему полупространству, можно получить ряд достаточно простых трехмерных геоэлектрических моделей. Для каждой из этих моделей, решив прямую 3D задачу МТЗ, например, с помощью программы *mt3dfwd.exe* [4], можно смоделировать МТ-поле и определить его корреляцию с наблюденным. В результате полученную совокупность коэффициентов корреляции можно рассматривать как *трехмерную функцию местоположения элементарного объёма* и *оценивать местоположение неоднородностей в рассматриваемой среде*. Критерием наличия неоднородности считается отличие коэффициента корреляции от нуля.

В [3] были представлены основные этапы анализа магнитотеллурических данных с помощью метода истокообразной аппроксимации и описан соответствующий *программный комплекс*, который позволяет выполнять *расчет коэффициентов корреляции по значениям пяти компонент МТ-поля* (три компоненты вектора магнитной напряженности H_x, H_y и H_z и две компоненты вектора электрической напряженности E_x и E_y). Напомним, что программное обеспечение было разработано в интегрированной среде *Matlab*. Учитывая современные IT–тендеции, в дальнейшем нам видится целесообразным переход от Matlab к высокоуровневому языку программирования общего назначения *Python*, характеризующемуся минималистичным синтаксисом и колоссальной библиотекой стандартного функционала, при этом одним из основных преимуществ Python является то, что он распространяется под свободной лицензией Python Software Foundation License, позволяющей специалистам

использовать его без ограничений при разработке приложений разного назначения и сложности [5].

В рамках работ 2018 года была осуществлена доработка упомянутого программного обеспечения, а именно, предпринята попытка *применения метода истокообразной аппроксимации с использованием значений тензора импеданса*, который является одной из основных функций отклика в МТЗ. Программный код был расширен, и теперь, помимо использования программного обеспечения *mt3dfwd.exe* [4], позволяющего решать прямую трехмерную задачу магнитотеллурического зондирования в терминах полей, используется и инструмент *Mack_out.exe*, выполняющий конвертацию компонент МТ-поля в компоненты тензора импеданса. Таким образом, в обновленной версии программного комплекса для истокообразной аппроксимации МТ-данных матрица коэффициентов корреляции рассчитывается для соответствующих наблюденных и смоделированных комплекснозначных компонент тензора импеданса. Приведем некоторые результаты численных экспериментов для тестовой модели, полученные с помощью обновленного программного обеспечения.

Рассмотрим тестовую модель геоэлектрической среды, представляющую собой ограниченную однородную среду прямоугольной формы $25км \times 25км \times 1{,}65км$ сопротивлением 1000 *Ом·м* со вставкой в виде прямоугольной призмы размерами $10км \times 10км \times 0{,}2км$ сопротивлением 100 *Ом·м*, находящейся на глубине 150 *м* от поверхности. Введем прямоугольную трехмерную сетку: 10 ячеек по 2500 *м* в направлении каждой из осей *x* и *y*; 5 слоев в глубину (мощности слоев: 50, 100, 200, 500, 800, то есть неоднородная вставка располагается в третьем слое – рис. 1).

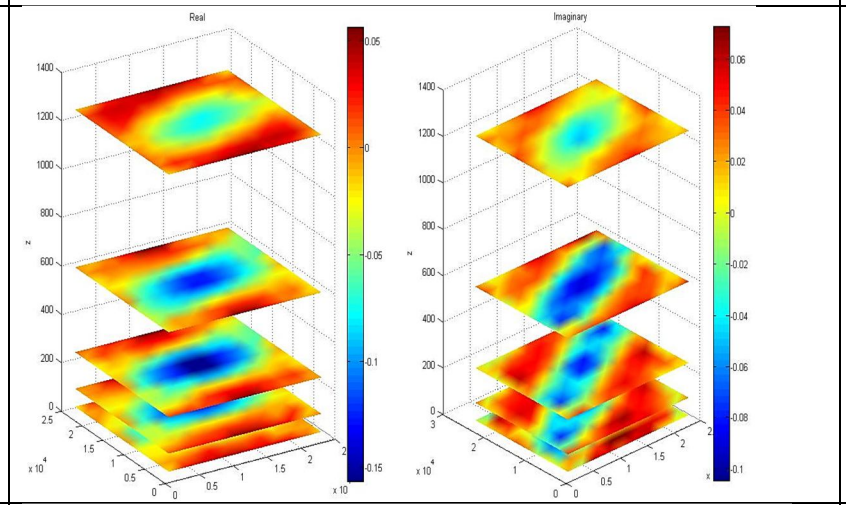
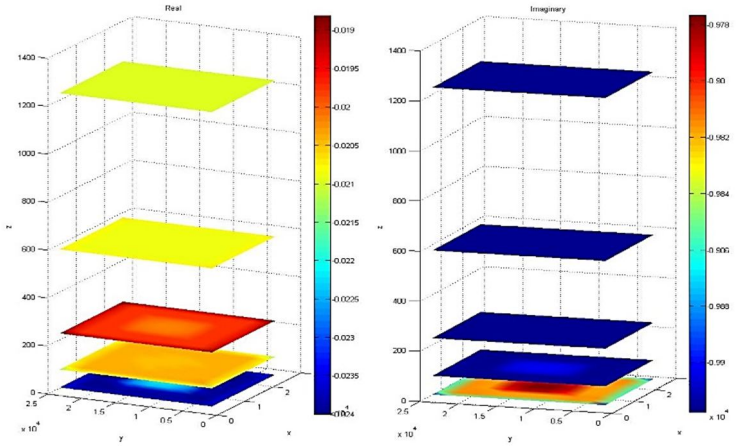
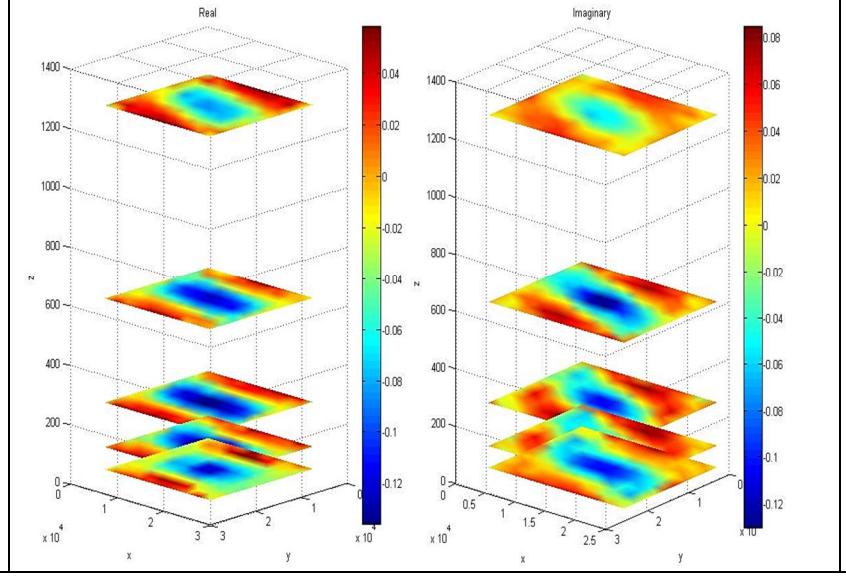
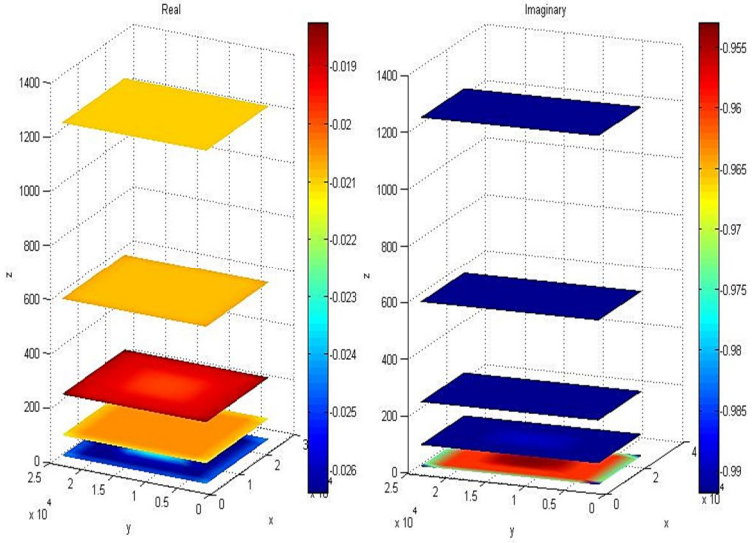
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	100	100	100	100	1000	1000	1000
1000	1000	1000	100	100	100	100	1000	1000	1000
1000	1000	1000	100	100	100	100	1000	1000	1000
1000	1000	1000	100	100	100	100	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Рисунок 1 – Горизонтальное сечение тестовой модели по третьему слою

Обратим внимание, что данная тестовая модель и результаты ее истокообразной аппроксимации рассматривалась в [3], где в процедуре аппроксимации коэффициенты корреляции считались по значениям компонент МТ-поля. Сейчас на том же самом примере продемонстрируем результаты истокообразной аппроксимации, рассчитанные по компонентам тензора импеданса. При этом наблюденное МТ-поле для рассматриваемой трехмерной геоэлектрической модели среды сымитируем с помощью программного обеспечения *mt3dfwd.exe* и *Mack_out.exe*.

Анализ результатов истокообразной аппроксимации удобно проводить в графическом виде: послойное отображение можно выполнять как отдельно по действительным и мнимым частям коэффициентов корреляции (таблица 2), так и по их абсолютным значениям (таблица 3). Величина отображаемого коэффициента корреляции распознается с помощью цветовой шкалы (синим цветом – меньшие значения, красным цветом – большие значения). В таблицах 2 и 3 приведены результаты истокообразной аппроксимации выполненной, для сравнения, двумя способами – коэффициенты корреляции считались как по значениям компонент МТ-поля, так и по значениям компонент тензора импеданса.

Таблица 2. Примеры сопоставления результатов истокообразной аппроксимации (по компонентам комплекснозначных коэффициентов корреляции)

№	Параметры ИА, *Ом·м*	Послойное отображение действительных и мнимых частей коэффициентов корреляции, рассчитанных по значениям МТ-полей	Послойное отображение действительных и мнимых частей коэффициентов корреляции, рассчитанных по значениям компонент тензора импеданса
1	$\rho_{в.п.} = 10$ $\rho_{э.о.} = 50$		
2	$\rho_{в.п.} = 10$ $\rho_{э.о.} = 100$		

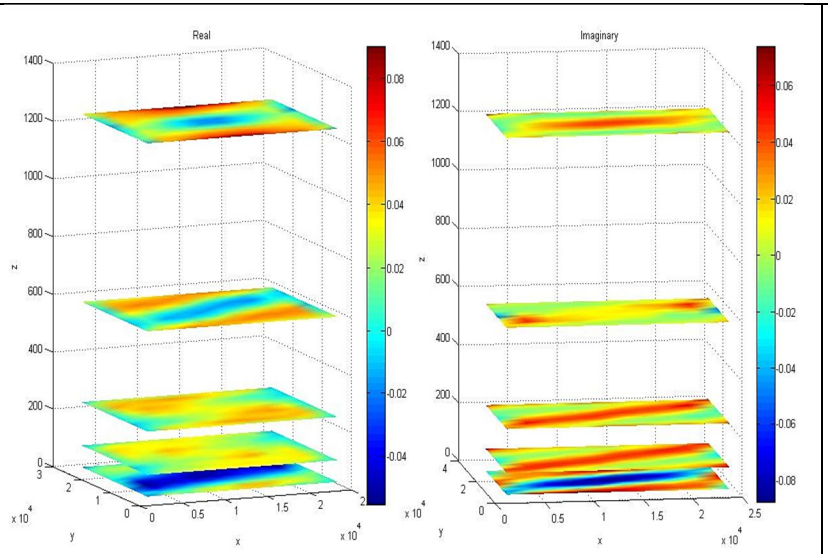
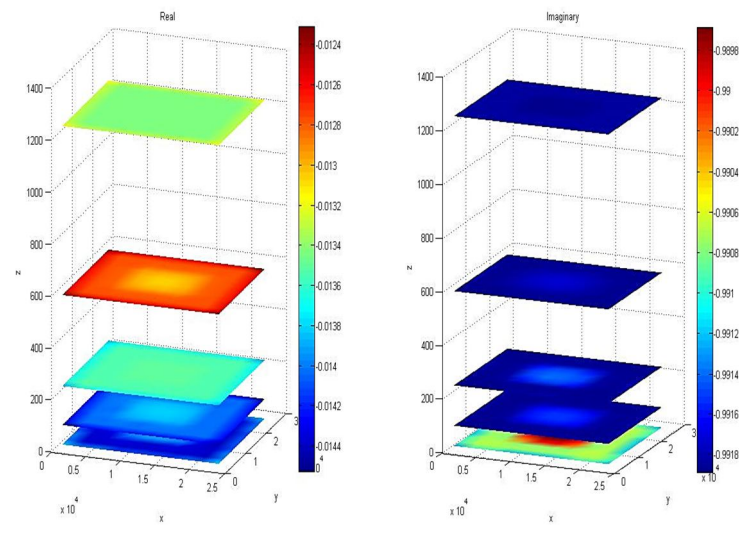
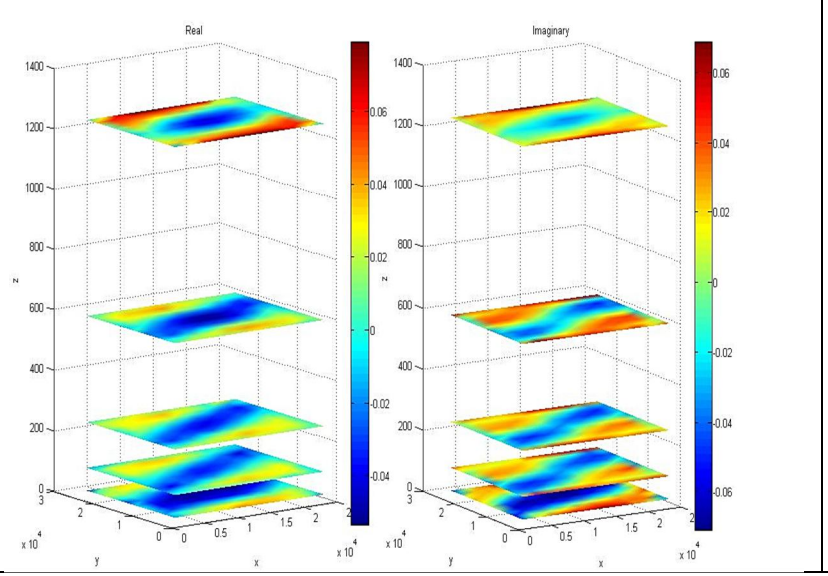
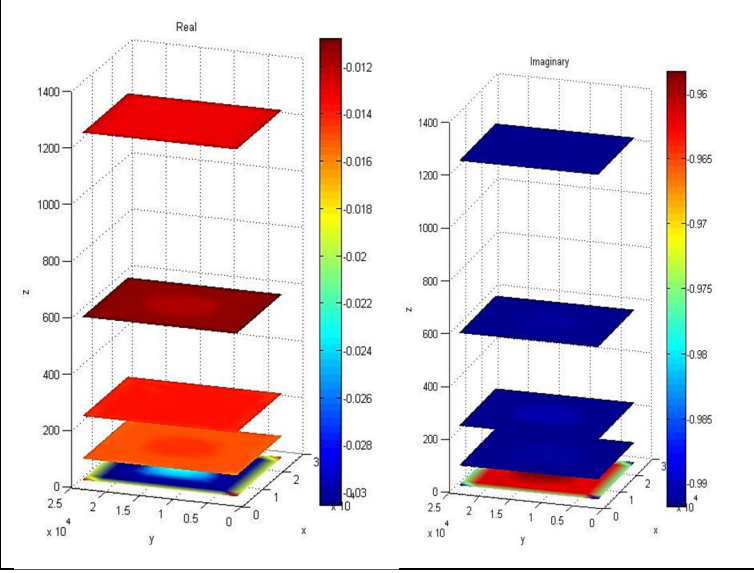
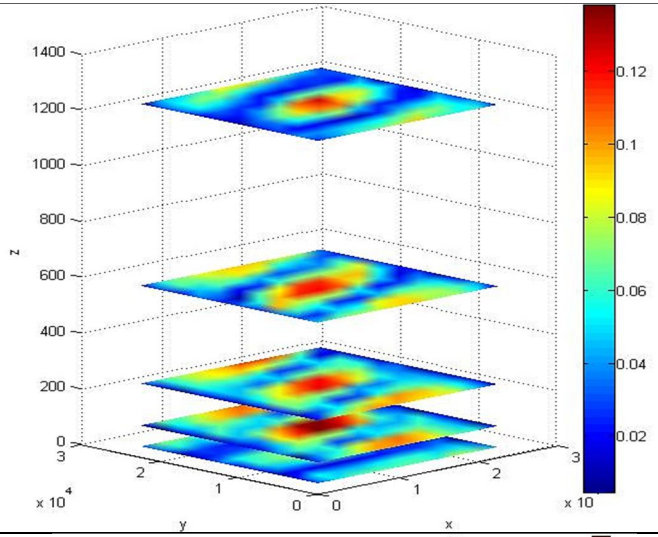
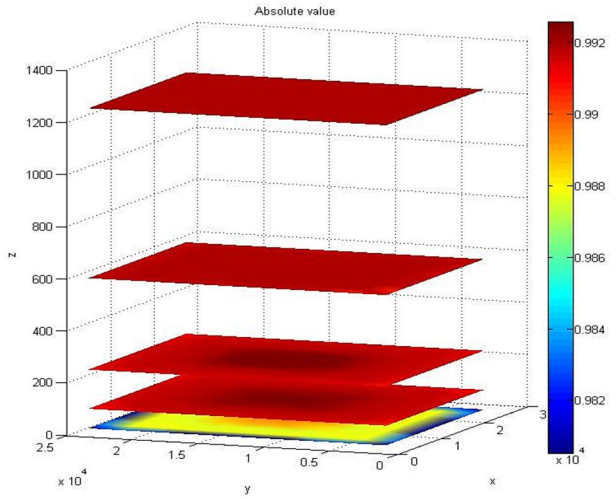
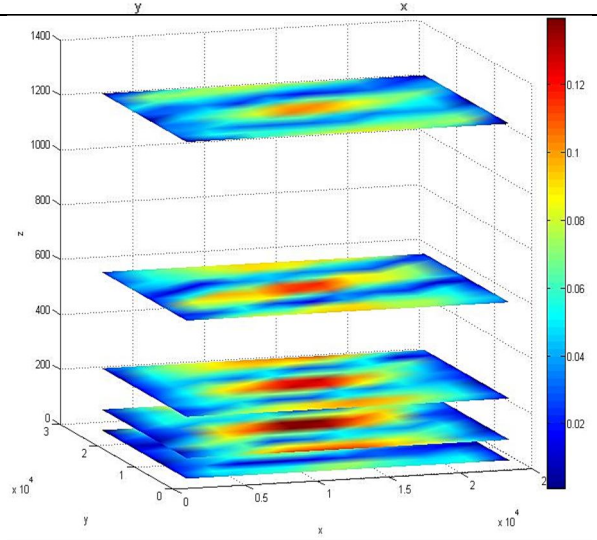
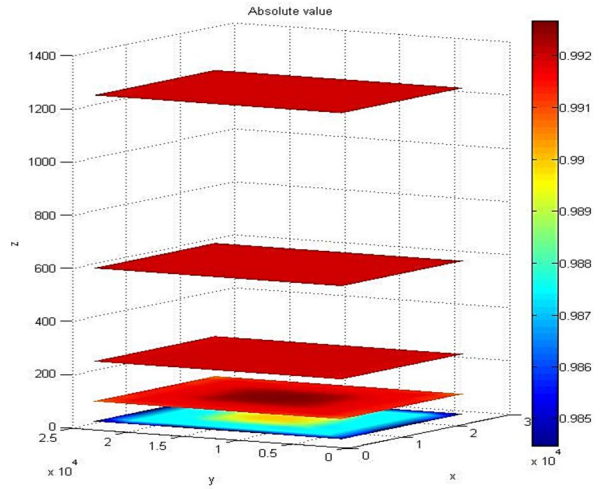
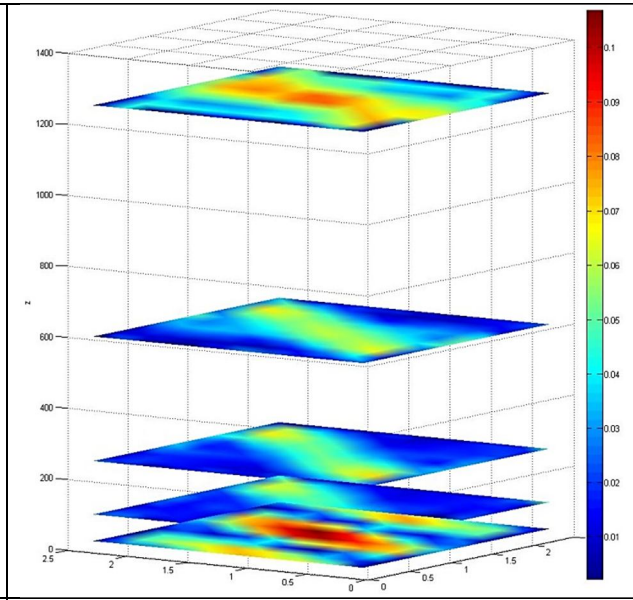
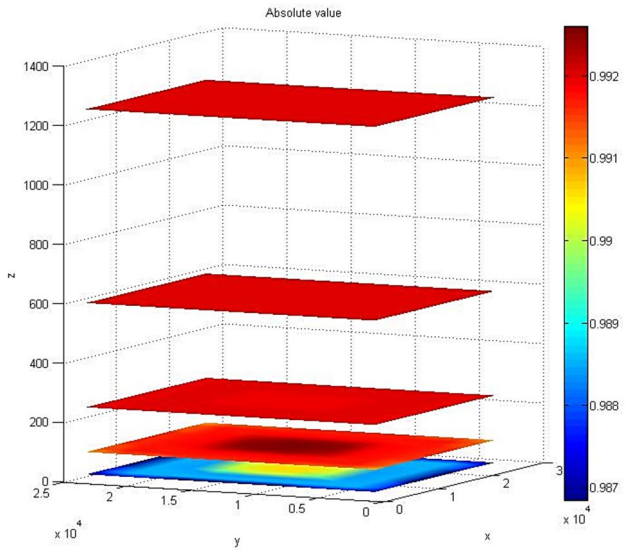
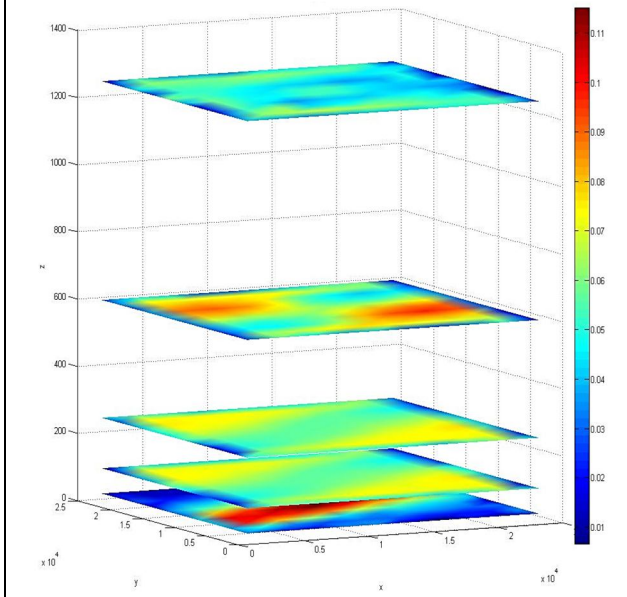
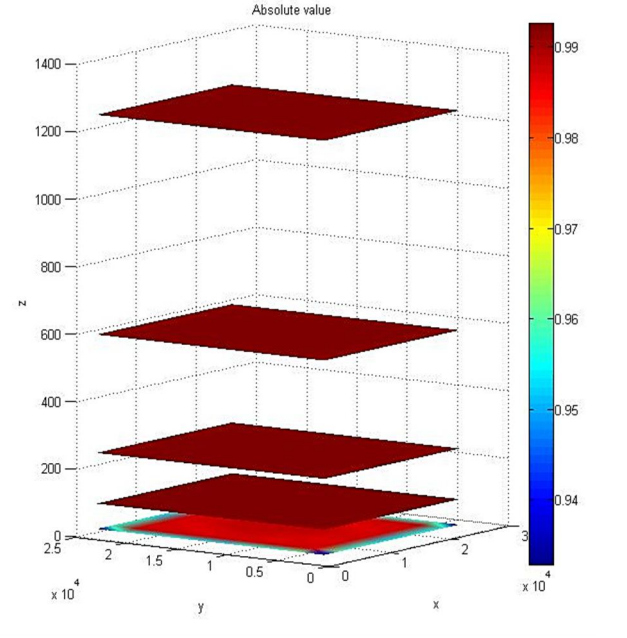
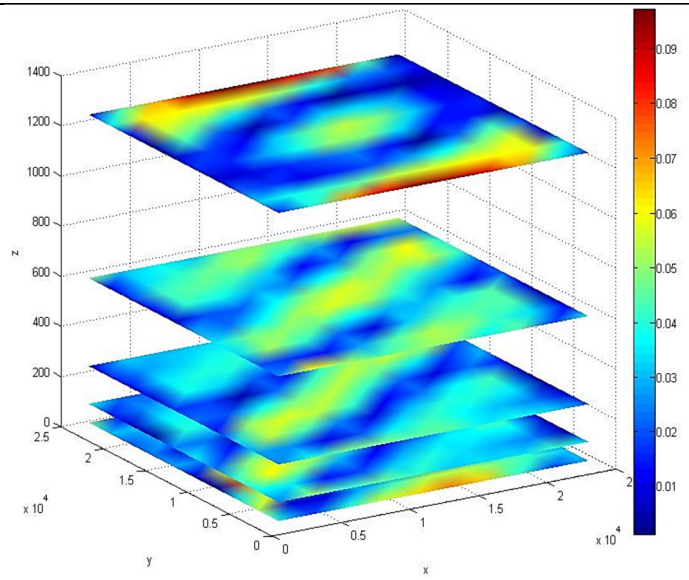
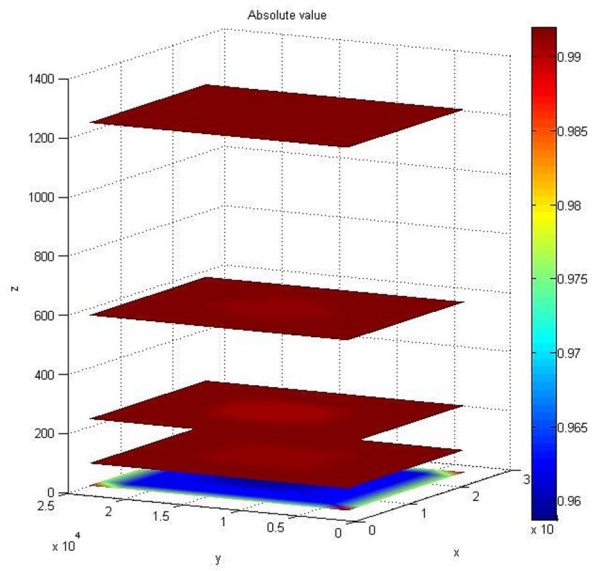
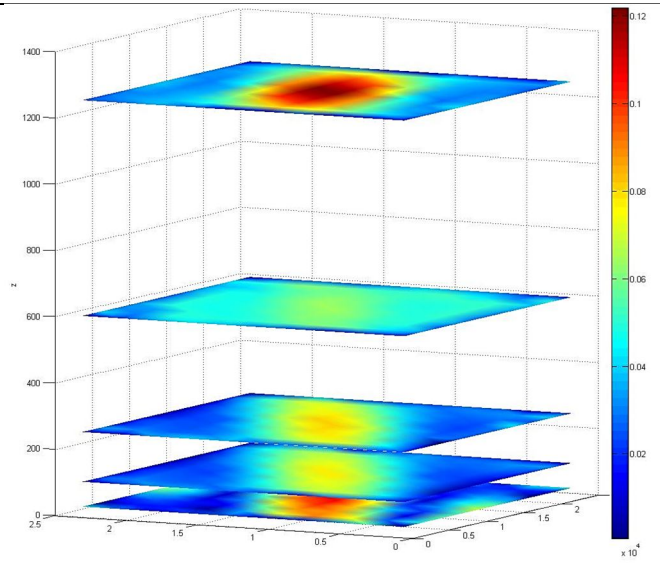
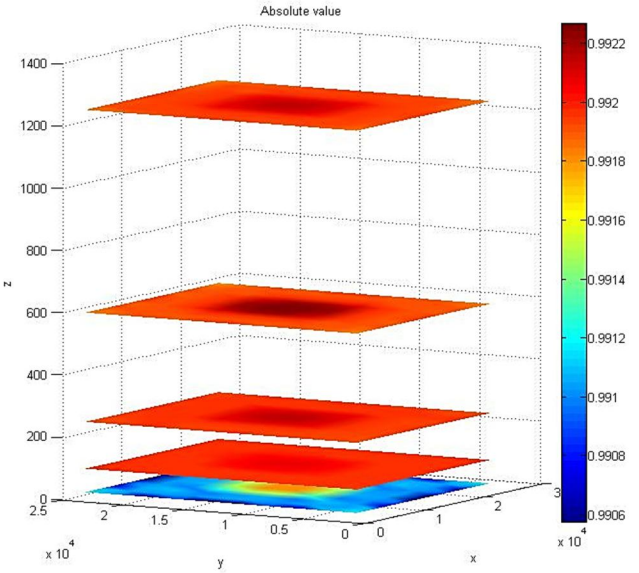
3	$\rho_{в.п.} = 100$ $\rho_{э.о.} = 200$		
4	$\rho_{в.п.} = 100$ $\rho_{э.о.} = 1000$		

Таблица 3. Примеры сопоставления результатов истокообразной аппроксимации (по абсолютным значениям коэффициентов корреляции)

№	Параметры ИА, *Ом·м*	Послойное отображение абсолютных значений коэффициентов корреляции, рассчитанных по компонентам МТ-поля	Послойное отображение абсолютных значений коэффициентов корреляции, рассчитанных по компонентам тензора импеданса
1	$\rho_{в.п.} = 10$ $\rho_{э.о.} = 0{,}1$		
2	$\rho_{в.п.} = 10$ $\rho_{э.о.} = 1$		

3	$\rho_{в.п.} = 100$ $\rho_{э.о.} = 10$		
4	$\rho_{в.п.} = 1000$ $\rho_{э.о.} = 100$		

5	$\rho_{в.п.} = 1000$ $\rho_{э.о.} = 1$		
6	$\rho_{в.п.} = 1000$ $\rho_{э.о.} = 500$		

Из примеров, приведенных выше, видно, что коэффициенты корреляции, рассчитанные по импедансам, более отчетливо отражают «геометрию» тестовой модели – слой, где расположена неоднородность (третий слой), характеризуется наибольшими значениями действительных частей коэффициентов корреляции и отображается красно-оранжевыми оттенками цветов (для вариантов 1 и 2 слой определился точно, для вариантов 3 и 4 искомый слой переместился на один уровень вверх, что также допустимо при качественной интерпретации МТ-данных), а по геометрии первого слоя можно определить расположение неоднородности в плане. При это обратим внимание, что с использованием коэффициентов корреляции, рассчитанных по МТ-полям, картина достаточно размытая – затруднено точное определение слоя, в котором располагается неоднородность.

Отметим, что общая длительность процедуры истокообразной аппроксимации для каждого из вариантов сочетания параметров $\rho_{в.п.}$ и $\rho_{э.о.}$ составляла около 30 минут (размерность матрицы коэффициентов корреляции $10 \times 10 \times 5$, количество циклов процедуры истокообразной аппроксимации – 500).

Таким образом, истокообразная аппроксимация позволяет оценить «геометрию» геоэлектрической структуры среды. При этом более отчетливую «геометрическую» картину геоэлектрической среды дают результаты истокообразной аппроксимации, где коэффициенты корреляции рассчитаны по импедансам. Также очевидно, что получаемый результат зависит от выбора процедурных параметров истокообразной аппроксимации: сопротивления вмещающего полупространства $\rho_{в.п.}$ и сопротивления перемещаемого по нему элементарного объема $\rho_{э.о.}$. Поэтому актуальным остается вопрос определения критериев выбора этих параметров и способа интерпретации получаемых для них результатов аппроксимации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант №17-05-00844).

Литература

1. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. М.: Научный мир. 2009. 680 с.
2. Александров П.Н., Александров А.Н. Истокобразная аппроксимация в задачах сейсморазведки и электроразведки // Тезисы докладов IX ежегодной международной конференции и выставки «Гальперинские чтения 2009», г. Москва, ЦГЭ, 27-30 октября 2009 г. М. 2009. С. 58–61.
3. Забинякова О.Б. Истокообразная аппроксимация в задачах магнитотеллурического зондирования // Современные техника и технологии в научных исследованиях: Сб. материалов X Междунар. конф. молодых ученых и студентов. Бишкек: НС РАН. 2018. С. 35–42.
4. Rodi W.L., Mackie R.L. Nonlinear conjugate gradients algorithm for 2-D magnetotelluric inversion // Geophysics. 2001. V 66. P. 174-187.
5. Электронный ресурс: https://ru.wikipedia.org/wiki/Python

УДК 621.317:550.34

АЛГОРИТМ РЕГИСТРАЦИИ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С МНОГОКАНАЛЬНОЙ КОММУТАЦИЕЙ ПРИ НЕИЗВЕСТНОМ УРОВНЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ПОМЕХ

Казначеев П.А.[1], Непеина К.С.[2]
p_a_k@mail.ru
[1] Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук,
г. Москва, Российская Федерация
[2] Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

В работе представлен алгоритм регистрации сейсмоакустических сигналов с многоканальной коммутацией при неизвестном уровне высокочастотных помех. В различных геофизических регистрирующих системах часто возникает необходимость оцифровки нескольких низкочастотных сигналов с помощью минимального набора аппаратных средств. Самый минимальный вариант аппаратной реализации такой системы предполагает использование компьютера с аналого-цифровым преобразователем в составе интегрированной звуковой карты и внешнего коммутатора сигналов с необходимым согласованием. В такой конфигурации необходима корректная коммутация сигналов для последующей оцифровки и учет возможных высокочастотных помех в сигналах, даже если таких помех не предполагается в нормальном информативном временном ряду. Для решения этих задач был разработан алгоритм захвата данных применительно к ранее разработанной градиентной установке регистрации сейсмоакустического сигнала. Алгоритм позволяет минимизировать аппаратную часть в плане стоимости и сложности, а также учесть как контролируемые, так и неконтролируемые особенности сигналов, в том числе – возможные высокочастотные помехи. Последнее заключается в оценке ошибки оцифровки сигнала, вносимой высокочастотной помехой, которую можно представить как некоторый «уровень достоверности».

Ключевые слова: регистрирующая система, сейсмоакустические сигналы, алгоритм, захват данных, аналого-цифровое преобразование, высокочастотные помехи, коммутация каналов.

Введение. Для научных задач, связанных с регистрацией геофизических данных, часто требуется получение представительного объема данных для первичного анализа. На таком этапе научного исследования зачастую нецелесообразно применение многофункциональных регистрирующих систем, отличающихся высокой сложностью и стоимостью. Если регистрируемые сигналы имеют низкочастотный характер (до первых десятков герц), то возможно использование одного аналого-цифрового преобразователя (АЦП) на большое количество каналов. Каналы при этом коммутируются на вход АЦП с помощью отдельного устройства – коммутатора. Такая схема является самой простой и экономичной из возможных, но её широкому распространению мешает несколько проблем. Рассмотрим их подробнее.

Первая проблема – установление сигнала после коммутации канала на вход АЦП. Оно связано с переходным процессом в цепи «выход коммутатора – согласующая цепь – вход АЦП». Длительность этого процесса не может быть сильно уменьшена, так как во многом определяется инерционностью коммутатора и АЦП.

Вторая проблема – отсутствие «истинной» аппаратной синхронности регистрации данных. Действительно, последовательная коммутация каналов на вход АЦП приводит к тому, что сигналы в разных каналах оцифровываются в последовательные, т.е. разные моменты времени.

Третья проблема – высокочастотные помехи во входном сигнале, наличие которых обычно не предусматривается исследователем. При этом под высокочастотными помехами

имеются ввиду сигналы с частотой от половины частоты оцифровки, отнесенной к числу каналов, до первых десятков килогерц. Эти помехи, как правило, связаны с промышленными сетями и приборами, но также могут быть обусловлены импульсным воздействием на первичный датчик геофизического поля (например, на геофон).

Методика. Авторы принимали участие в разработке градиентной установки регистрации сейсмоакустических данных для специфической геофизической задачи [1, 2]. Для достижения максимальной эффективности установки были предложены аппаратные и программные решения. Аппаратные решения рассмотрены подробнее в [3], и они позволили минимизировать влияние указанных проблем, насколько это возможно. Дальнейшее решение проблем было основано на разработке специфического алгоритма регистрации данных и его программной реализации.

Разработанный алгоритм включает в себя несколько уровней обращения с данными (рисунок). Количество независимых потоков данных соответствует количеству каналов M_1 (сигналов). Во времени захват данных разбит на:

- часовые блоки для последующей удобной записи файлов и статистической обработки;
- кадры регистрации, т.е. один период с *одинаковым* временем t_{fr} привязки данных *каждого* из каналов;
- блоков подзахвата данных, каждый из которых содержит значения сигнала в разных каналах, записанные в разные последовательные моменты времени; в каждом кадре регистрации по времени умещается M_2 блоков подзахвата данных;
- подвыборки «сырого» сигнала АЦП размером N_1 отсчетов, каждая из которых разбита на две части в N_2 и N_3 отсчетов.

С точки зрения программы АЦП производит непрерывную оцифровку сигнала на своем входе и формирует непрерывную «сырую» последовательность отсчетов. Далее из этой последовательности производится выделение подвыборок по N_1 отсчетов и их распределение по M_2 каналам в соответствии с задаваемым порядком коммутации. В каждой подвыборке N_1 производится пропуск первых N_2 отсчетов для ожидания процесса установления сигнала. N_2 зависит от конкретных аппаратных средств и подбирается экспериментальным путем при неизвестной инерционности АЦП и коммутатора. Из оставшихся N_3 отсчетов формируется значение сигнала в текущем канале в момент времени, соответствующий центру N_3. При выборе размера подвыборки целесообразно придерживаться соотношения $N_2 \approx N_3 \approx N_1/2$.

Далее после перебора всех M_1 каналов формируется блок подзахвата данных, который содержит M_1 значений, соответствующих разным каналам и разным последовательным моментами времени. За один кадр регистрации получается M_2 блоков подзахвата данных. Для получения значения сигнала в текущем канале, соответствующего именно времени регистрации кадра t_{fr}, делается интерполяция следующим образом. По всем M_2 значениям сигнала в одном канале из всех M_2 блоков подзахвата данных производится аппроксимация изменения сигнала на всей длительности кадра T_{sa}. По аппроксимирующей зависимости вычисляется значение сигнала в момент времени t_{fr}. Тип аппроксимирующей функции зависит от ожидаемого характера сигнала на временах, сопоставимых с длиной кадра, а также от числа M_2 блоков подзахвата данных. Для аппроксимации сигнала, близкого к гармоническому, по малому числу M_2 (4–10) подходит полином 1-й, 2-й или 3-й степени. (Рис. 1)

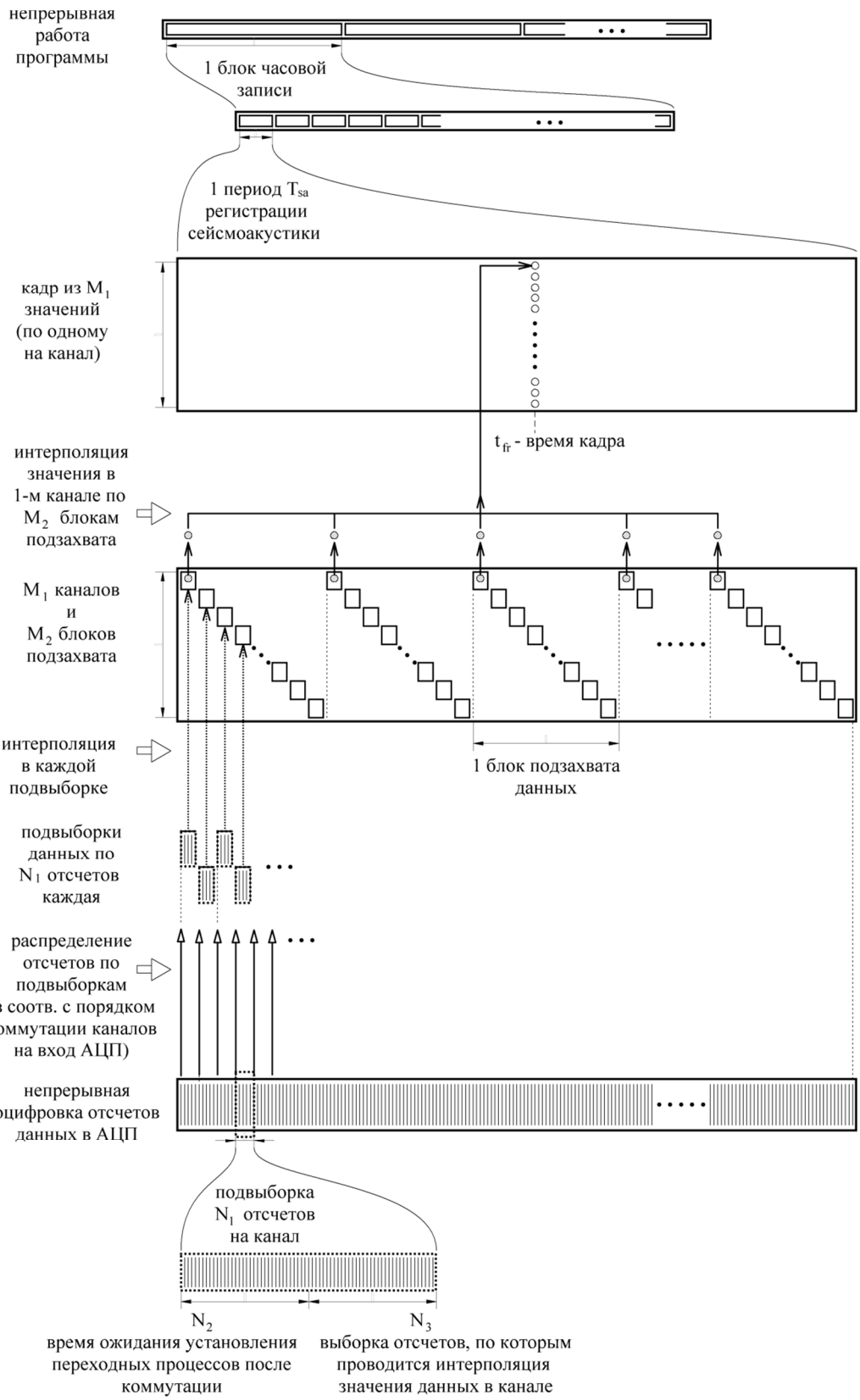


Рисунок 1 – Схема, иллюстрирующая принцип работы алгоритма захвата данных (пояснения см. в тексте)

Количество блоков подзахвата данных M_2, количество каналов M_1 и тип аппроксимирующей функции обязательно должны учитывать *ожидаемый* исследователем частотный состав сигнала. Этим гарантируется, что оцифрованный сигнал не будет содержать ошибок оцифровки *ожидаемого* сигнала. Поскольку кроме самого значения сигнала мы знаем

ошибку аппроксимации, то по этой ошибке можно судить о наличии *не ожидаемых* исследователем паразитных высокочастотных составляющих сигнала, которые нельзя было отфильтровать в аналоговой части. Характерное время изменения таких помех, с одной стороны, меньше длительности кадра, а с другой стороны, больше длительности подвыборки из N_1 отсчетов. В силу этого эффективная аналоговая фильтрация невозможна, иначе существенно увеличится инерционность установления переходного процесса при коммутации.

Для оценки текущей интенсивности помех можно ввести прямо зависящий от ошибки «уровень достоверности» сигнала d:

$$d = R_{rel} / R_{rel.bkg} \quad (1)$$

где R_{rel} – текущий уровень относительной ошибки аппроксимации (усреднение на малом интервале ~10-20 кадров); $R_{rel.bkg}$ – средний (фоновый) уровень относительной ошибки аппроксимации (усреднение на большом интервале ~100-200 кадров, выборка по «чистым» кадрам). Также $R_{rel.bkg}$ может задаваться как априорная информация.

Заключение. Применительно к регистрации сейсмоакустического сигнала можно сказать следующее. Исследования разных авторов (например, [4]) показывают, что сейсмоакустический шум имеет спадающую амплитудно-частотную характеристику в области частот от долей до единиц герц. Наблюдение за его вариациями представляет существенный интерес для исследования геодинамических процессов [2]. Величина и характер шума сильно зависят от геологического окружения и конкретного пункта наблюдения. Наличие и характер высокочастотных помех, в свою очередь, зависят от удаленности промышленной инфраструктуры, импульсных воздействий на геофоны, удаленности и силы телесейсмических событий и др. Исключить такие помехи полностью нельзя. Поэтому возникает задача исключения участков записи сейсмоакустического шума на интервалах действия таких помех, для чего и был разработан вышеописанный алгоритм. Превышение «уровнем достоверности» d по (1) некоторого фонового (в «тихих» условиях) или заранее установленного (в «шумных» условиях) значения может рассматриваться как действие высокочастотной помехи. Анализ «уровня достоверности» реальных данных заслуживает отдельного исследования. Пробные запуски работы алгоритма с контролируемым источником сигнала показали, что интервалы действия высокочастотных помех уверенно выделяются по повышенному значению «уровню достоверности».

Исследование выполнено при финансовой поддержке в рамках научного проекта РФФИ № 17-05-00844. и темы гос. задания ИФЗ РАН № 0144-2014-0096.

Литература

1. Александров П.Н., Казначеев П.А. Анализ волнового поля, измеряемого градиентной установкой // Воздействие внешних полей на сейсмический режим и мониторинг их проявлений. Тез. докл. Междунар. Юбил. науч. конф. Бишкек. 2018. С. 139–146.
2. Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Рыбин А.К., Александров П.Н., Матюков В.Е., Непеина К.С., Забинякова О.Б., Казначеев П.А. Теоретические обоснования исследований деформационных процессов в литосфере Земли на основе сейсмических и электромагнитных полей эндогенного происхождения // Математическое моделирование процессов и систем. По материалам пленарн. докл. VIII Междунар. молодежной науч.-практ. конф. Стерлитамак: Башк. гос. ун-т. 2018. С. 95-122.
3. Казначеев П.А., Матюков В.Е., Александров П.Н., Непеина К.С. Разработка трехкомпонентной градиентной установки для регистрации сейсмоакустического поля в геодинамически активных областях // Воздействие внешних полей на сейсмический режим и мониторинг их проявлений. Тез. докл. Междунар. Юбил. науч. конф. Бишкек. 2018. С. 54–57.
4. Хаврошкин О.Б. Некоторые проблемы нелинейной сейсмологии. М.: ОФИЗ РАН. 1999. 286 с.

УДК 550.343:551.1

ИЗУЧЕНИЕ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ГИДРОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ И ГИДРОМЕТЕОПАРАМЕТРОВ С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ КРИТЕРИЕВ ПОДГОТОВКИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ЮГО-ВОСТОЧНОМ КАЗАХСТАНЕ

Кобланов Ж.Б.
zhandos_koblanov@mail.ru
Институт сейсмологии, г. Алматы, Республика Казахстан

Изучены долговременные вариации гидрогеодинамических и гидрометеопараметров с целью выявления критериев подготовки сильных землетрясений в Юго-Восточном Казахстане. В процессе обработки данных были вычислены среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые значения выпавших осадков вблизи наблюдаемых водопунктов, и отслеживалось их влияние на формирование УПВ или $Q_{скв}$ самоизливающих скважин.

Ключевые слова: прогностический полигон, уровень подземных вод, дебит самоизливающих скважин, предвестники, прогноз землетрясений.

Вариации временного хода уровня подземных вод (УПВ), дебита самоизливающих скважин ($Q_{скв}$), а также температура воды ($T_{воды}$) являются наиболее информативными показателями геодинамического состояния сейсмоактивных районов [1,2]. В этой связи представляет большой интерес комплексный анализ долговременного хода УПВ или дебита скважин ($Q_{скв}$) с ходом во времени количества метеорных осадков ($Q_{осадки}$), атмосферного давления ($P_{атм}$) и температуры воздуха ($T_{возд}$), а также температуры воды ($T_{воды}$). Такой синхронный анализ проведен на примере Юго-Восточного Казахстана за период 1998-2012 гг., где имеются достаточное количество наблюдательных станций с непрерывным мониторингом УПВ (см.рис. 1).



Рисунок – 1 Карта расположения гидрогеохимических и гидрогеодинамических станций на Алматинском прогностическом полигоне (АПП)

В процессе обработки данных были вычислены среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые значения выпавших осадков вблизи наблюдаемых водопунктов и отслежено их влияние на формирование УПВ или $Q_{скв}$ самоизливающих скважин. Во временном ходе этих параметров четко выделяются 11-летные гидрогеологические циклы, на фоне которых формируются более мелкие волны: 2-3 года и 5-6 лет. Установлена прямая связь между количеством осадков и формированием УПВ ($Q_{скв}$). Через 50-90 дней после выпадения осадков в результате вертикальной фильтрации в скважинах появляется водное пополнение. Хорошая

корреляция между временным ходом выпавших осадков и формированием естественного режима в УПВ и $Q_{скв}$ отмечается примерно через 2 месяца (r=0,60-0,78). Более устойчивая и высокая корреляция достигается через 3 месяца (r=0,75-86). Однако этот фактор для каждого водопункта индивидуален [3,4,5].

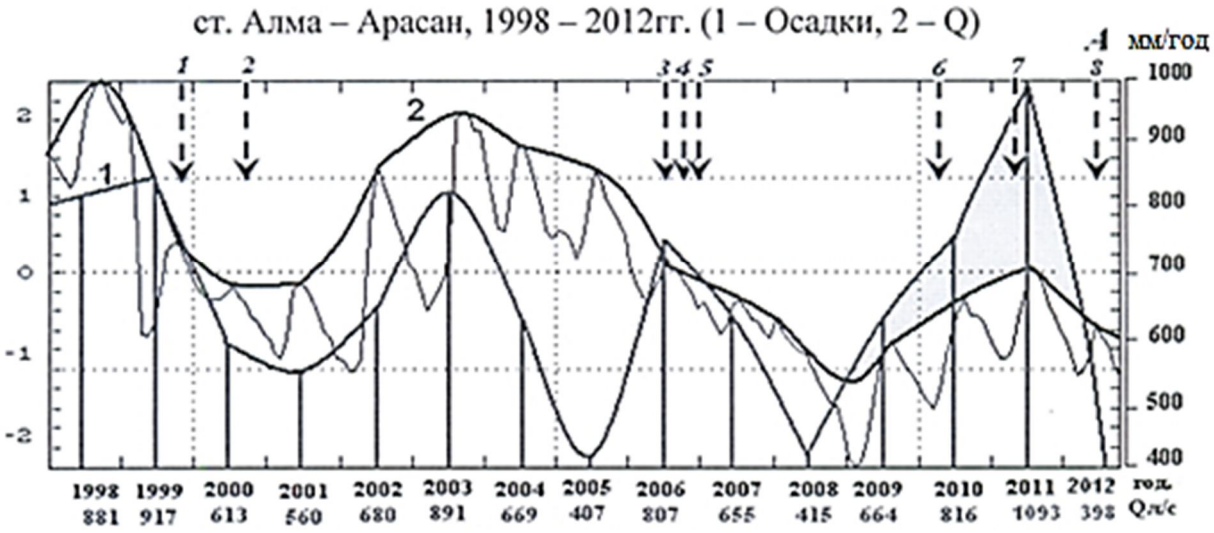


Рисунок – 2 Временной ход УПВ ($Q_{скв.}$) и осадков в районе ГГХ Алма-Арасан. Вертикальные линии - годовая сумма осадков. Вертикальные пунктирные стрелки землетрясение с К=>12

На примере временного хода (рис. 2) дебит скважин ($Q_{скв}$) на станциях Алма-Арасан, Горельник, Тау-Турген четко фиксируется объединение 11-летних циклов в более крупные 33-летние волны [6,7,8]. Непрерывное слежение за процессом формирования естественного долголетнего режима подземных вод сейсмоактивных районах показывает, что в отдельные годы в конце или начале гидрогеологических циклов отмечаются некоторые временные отрезки, которые характеризуются несоответствием сезонного хода УПВ или $Q_{скв}$ количества выпавших осадков (рис. 2).

При этом разрушаются положительные корреляции этих двух рядов, что является отражением несоответствия хода $Q_{скв}$ и выпавших осадков. В результате образуется достаточно большой избыток воды или недостаток объема воды в массивах горных пород, не отражающих в подъеме или снижении УПВ, ($Q_{скв}$). Такие факты были отмечены в 1999-2001 гг., 2006-2007 гг. и 2010-2012 гг. В эти периоды имело место высокое значение УПВ, ($Q_{скв}$) при недостаточном количестве выпавших осадков (например, 1997 г.) или при обильных осадках имело место очень низкое значение $Q_{скв}$ (2006-2007 гг.). Такие факты показывают, что именно эти интервалы характеризуется высокой сейсмической активностью на Алматинском прогностическом полигоне (АПП), когда реализуется несколько сильных землетрясений. Можно отметить, что в годы обильных осадков излишние объемы воды в Юго-Восточном Казахстане создают дополнительные напряжения в регионе, что обусловливает возникновение сильных землетрясений. В годы резкого изменения $P_{атм}$ и УПВ($Q_{скв}$) отмечается также резкая сейсмическая активизация, например, 1999, 2000, 2003, 2007, 2009, 2010-2012 гг. Также факты резкого нарушения обычных противофазных соотношений временного хода между УПВ($Q_{скв}$), $P_{атм}$ и $T_{воз}$ можно рассматривать как важные критерии активизации сейсмичности и реализации отдельных землетрясений.

Анализ многолетнего хода дебита или УПВ в скважинах в центральной части АПП за период 2014-2018 гг. показывает, что в 2014 г. было отмечено наиболее низкое стояние УПВ в глубоких скважинах. С этого периода начинается очередной около 5±1 летний гидрогеологический цикл, который завершился в 2018 г. с полной потерей устойчивого сезонного хода. Завершение этого цикла характеризуется с наиболее низким значением УПВ (рис. 3) с большим градиентом снижения (см. рис. 4) который представляет собой отношение средне месячных значений $Q_{скв}$ к общему (фоновому) значению за весь период наблюдения.

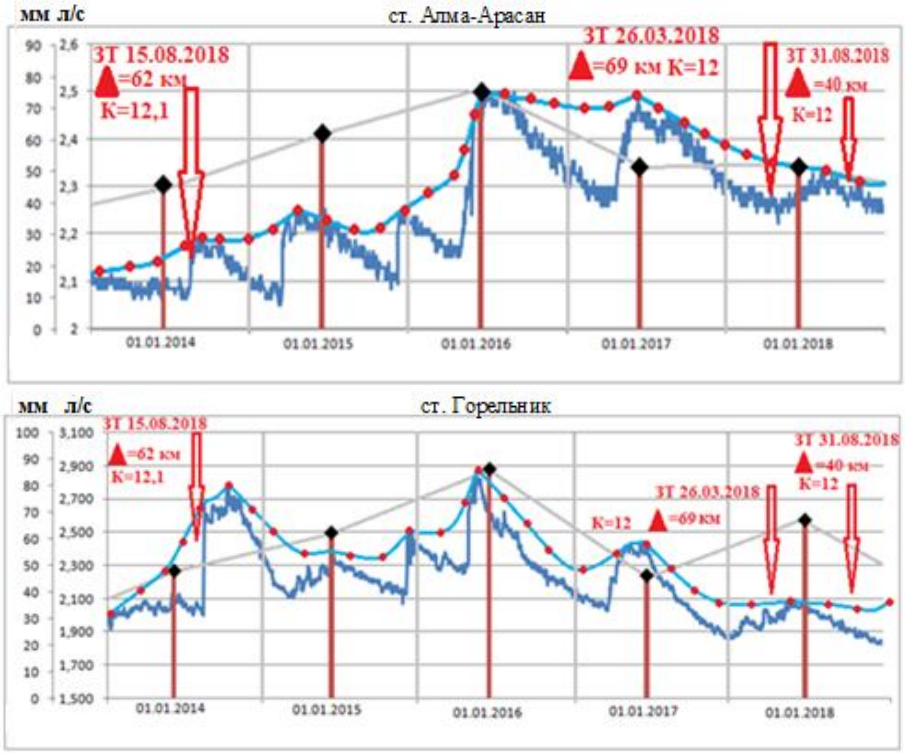


Рисунок – 3 Долголетний временной ход $Q_{скв}$ и осадков на ГГХ станциях АПП Вертикальные стрелки – среднегодовые значения осадки за 2014-2018 гг.

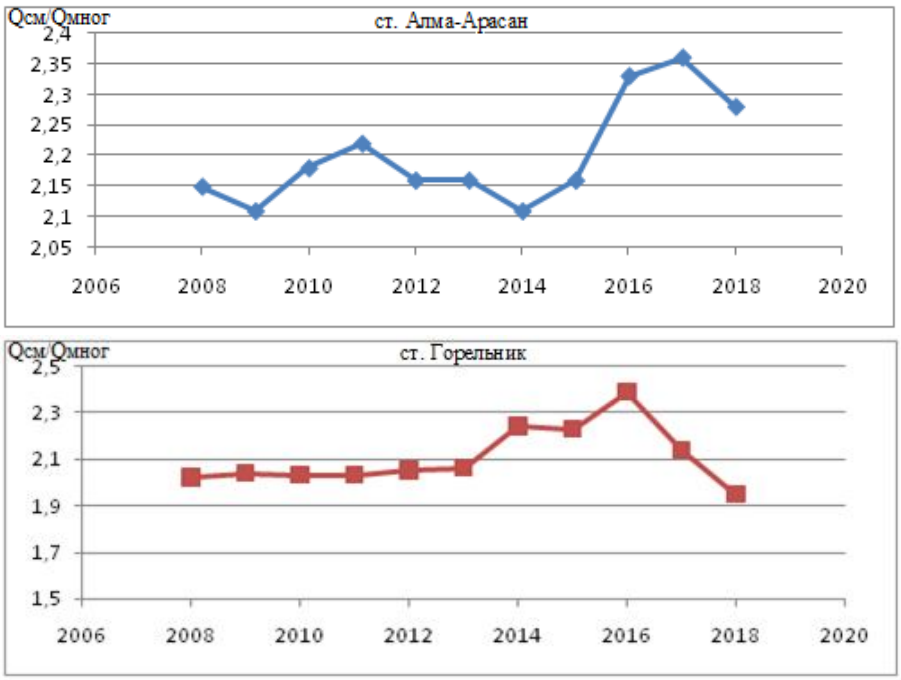


Рисунок – 4 Среднегодовой временной ход $Q_{скв}$ в ГГХ станциях на АПП за 2008-2018 гг.

Такая ситуация, безусловно, является аномальной принимая во внимание тренд рассматриваемых показателей в среднесрочном плане. На рисунках мы видим, что только в начале и в конце многолетнего волнового сезонного хода (2014 и 2018 гг.) на полигоне произошли по два сильных землетрясений, а в течение 2015-2017 гг. такие землетрясения не происходили. Слабые (К=6 - 10) землетрясения проявились на фоновом уровне. Однако такое положение (потеря устойчивого сезонного хода с резким снижением УПВ) при достаточно высоком уровне осадков не проявляется в восточных и западных флангах полигона.

Учитывая выявленные критерии, а также имея ввиду то, что по данным многолетних

режимных наблюдений чувствительность ГГД станций к процессам подготовки сильных землетрясений (К>13) находится в радиусе 150-200 км от точки наблюдения, можно предположить, что следующее землетрясение в 2019 году (К=12±1) может произойти в пределах достаточно большой площади Зайлийско-Кетменской сейсмогенерирующей зоны (рис. 5).

Возможный среднесрочный прогноз сильных землетрясений на 2019 г. по данным гидрогеодинамических критериев

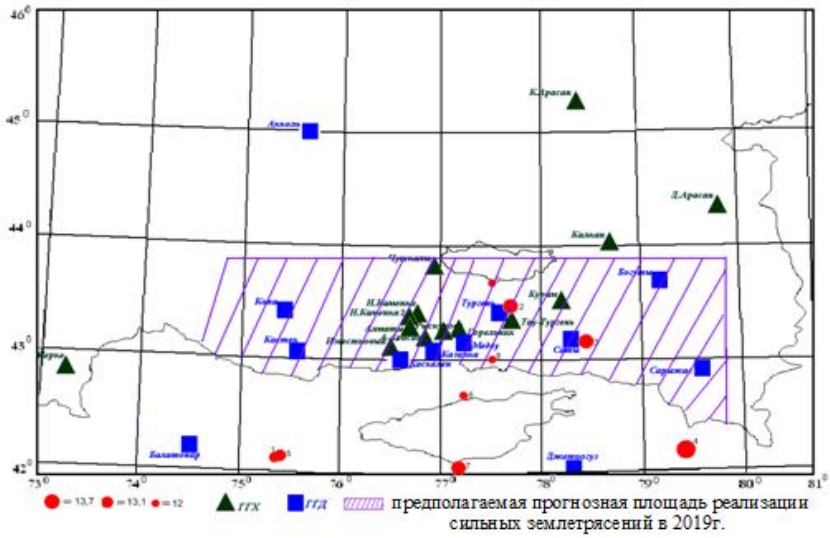


Рисунок – 5 Расположение эпицентров землетрясений с К≥12,0 на территории АПП за период 2010-2018 гг.

Литература

1. Абдуллаев А.У. Флюидный режим земной коры как отражение современных геодинамических процессов (на примере Тянь-Шаня). Алматы: Эверо. 2002. 352 с.
2. Абдуллаев А.У. Теория отражения современных геодинамических процессов во флюидном режиме земной коры // Доклады НАН РК. 2002. № 6. С. 65-72.
3. Абдуллаев А.У. Циклические процессы в гидросфере и их влияние на геодинамику // Современная геодинамика и сейсмический риск Центральной Азии. Алматы. 2004. С. 152-159.
4. Абдуллаев А.У., Таймбетова Г.К. Некоторые показатели напряженно-деформационного состояния земной коры по вариациям гидрогеодинамических параметров подземных вод // Современная геодинамика и сейсмический риск Центральной Азии. Алматы. 2003. С. 186-188.
5. Абдуллаев А.У., Есенжигитова Е.Ж. и др. Долговременные периодические вариации гидрометео-атмосферных факторов и динамических показателей подземных вод в Юго-Восточном Казахстане // Прогноз землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмического риска Центральной Азии. Тез. 7-го Междунар. Казахстанско-Китайского симп. Алматы. 2010. С. 59-60.
6. Абдуллаев А.У. Ритмопериодические явления в гидросфере Земли и их влияние на геодинамические процессы // Современная геодинамика и сейсмический риск Центральной Азии. Тез. докл. 5-го Казахстанско-Китайского междунар. симп. Алматы. 2003. С. 98-99.
7. Коноплянцев А.А., Ковалевский В.С., Семенов С.М. Естественный режим подземных вод и его закономерности. Труды ВСЕГИНГЕО. Новая серия. 1963. № 2. С. 121-134.
8. Штангелев В.С. Связь между сейсмической активностью и режимом поверхностных и подземных вод // Физика Земли. 1983. № 3. С. 96-102.

УДК 550.837.211

ИЗМЕРЕНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Колмогоров А.С.
kimkapitan96@gmail.com
Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

В настоящей работе рассмотрены основы метода магнитотеллурического зондирования и этапы становления метода в Научной станции РАН. Показаны способы улучшения качества обработки данных магнитотеллурического мониторинга.

Ключевые слова: метод магнитотеллурического зондирования, вариации геомагнитного поля, магнитотеллурический мониторинг.

Метод магнитотеллурического зондирования. В настоящее время магнитотеллурика включает в себя:

- Магнитотеллурическое зондирование – основано на измерениях вариаций электрического и магнитного поля;
- Магнитовариационное зондирование – основано на измерении компонент магнитного поля.

Метод магнитотеллурического зондирования (МТЗ) – метод электроразведки, с помощью которого исследуется распределение электропроводности в земной коре и верхней мантии, и основан он на изучении естественного переменного электромагнитного поля Земли. Теория МТЗ строится на модели, в основе которой лежит представление, что внутри геоэлектрического разреза плоская электромагнитная волна распространяется в вертикальном направлении. В качестве основной характеристики плоской электромагнитной волны и степени воздействия на нее проводящей среды обычно пользуются отношением двух взаимно перпендикулярных компонент поля (например, Ex к Hy), которое называется импедансом (Z = Ex/Hy). Под магнитотеллурическим полем (МТ-поле) понимают переменную составляющую естественного электромагнитного поля Земли. Происхождение магнитотеллурического поля связывается с космическими и ионосферными процессами. Переменные магнитные поля, связанные с токами в ионосфере и с деформацией магнитного поля Земли, индуцируют в Земле переменное электрическое поле, а поскольку горные породы обладают конечным сопротивлением, в Земле возбуждаются электрические токи (так называемые теллурические токи). Сам процесс магнитотеллурического зондирования заключается в изучении зависимости импеданса, измеряемого на дневной поверхности Земли, от частоты магнитотеллурического поля.

В переменном электромагнитном поле содержатся колебания различных частот. По причине поверхностного скин-эффекта происходит затухание высокочастотных колебаний с увеличением глубины. Из этого следует, что высокочастотная составляющая спектра дает информацию лишь о приповерхностных областях земной коры, а низкочастотная составляющая спектра дает информацию о глубинных областях земной коры [1].

На сегодняшний день метод МТЗ является одним из основных методов электроразведки, это обусловлено:

- Низкой стоимостью производства полевых работ;
- Большой мобильностью – существующая на данный момент аппаратура позволяет выполнять зондирования в труднодоступных районах;
- Широко развитым комплекс программного обеспечения для обработки и интерпретации и анализа данных;

- Экологичностью метода магнитотеллурического зондирования (не требует проведения буровых и взрывных работ, не требует использование генераторных установок)

МТЗ используется:

- При фундаментальных исследованиях глубинного строения земной коры и верхней мантии;
- МТЗ и АМТЗ используется для поиска и разведки месторождений полезных ископаемых:
    - Углеводороды: нефть и газ;
    - Гидротермальные источники и резервуары подземных вод;
    - Рудные полезные ископаемые;
    - Нерудные полезные ископаемые;

В создание и развитие МТЗ внесли огромный вклад ученные А. Н. Тихонов, М. Н. Бердичевский, Ваньян Л. Л., Л. Каньяр, Брюнелли Б. Е. и другие.

Этапы развития электроразведочной аппаратуры для метода МТЗ в ЛГМИ. Важным фактором развития МТЗ стало обновление аппаратурного парка. ЦЭС-2 была первой станцией для МТЗ, которой пользовались в Научной Станции РАН (НС РАН). Измерение компонент магнитного поля выполнялось с помощью штатных магнитометров и индукционных датчиков ЦЭС-2. Длина диполей составляла 100 м.



Рисунок 1 – ЦЭС-2 ведется запись

Позднее полевые работы проводились с помощью компьютеризированного измерительного комплекса МТ-ПИК (рис. 2), разработанного сотрудниками НС РАН.

В настоящее время работы МТЗ производятся с помощью измерительных комплексов MTU -5, AMTU-5 (рис. 3), производства канадской фирмы Phoenix.



Рисунок 2 – Станция МТ-ПИК



Рисунок 3 – Комплект станции MTU-5

Ниже представлена таблица технических характеристик используемых станций.

Таблица - 1 Технические характеристики используемых станций

	ЦЭС-2	МТ-ПИК	MTU-5	AMTU
Датчики	Крупногабаритные индукционные датчики	Крупногабаритные индукционные датчики	Среднегабаритные датчики МТС-50	Среднегабаритные датчики МТС-30
Размеры	Крупногабаритные	Среднегабаритные	малогабаритные	малогабаритные
Средство хранения информации	Магнитная лента	Память компьютера	Flash карты формата compact flash	Flash карты формата compact flash
Длина диполей	100	100	25	25
Частотный диапозон	H<0.1 Hz 0.1 Hz< C<1 Hz 1 Hz<B<10 Hz	H<0.1 Hz 0.1 Hz<C<1 Hz 1 Hz<B<10 Hz	384 Hz to 0.00001 Hz	10000 Hz to 0.3 Hz

Основные типы геомагнитных вариаций и их природа. Вариации геомагнитного поля, с которыми часто приходится встречаться при проведении электроразведочных, являются:

- Суточные вариации;
- Магнитные бури;
- Бухтообразные вариации;
- Пульсации;
- Атмосферики

Суточные вариации (рис. 4) принято разделять на Sq- и Sd-вариации. Sq – вариации – это регулярные изменения, период которых равен 23 часа 56 минут. Амплитуда суточных вариаций достигает несольких десятков нанотесл. Sq – вариации сезонно зависимы: летом амплитуды вариации в разы больше, чем зимой [2].

Sd – вариации – нерегулярные суточные вариации, они наблюдаются в дни магнитных бурь. Их период равен около 24 часов.

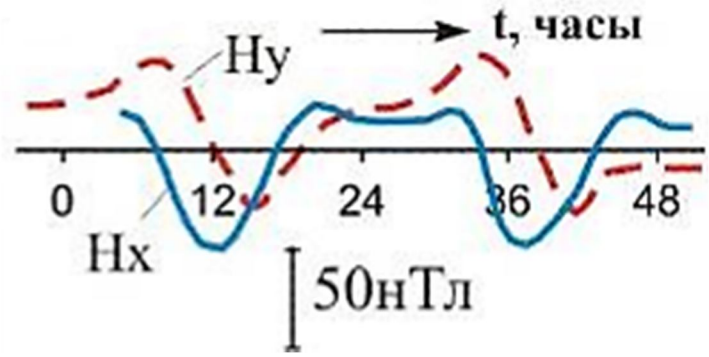


Рисунок 4 – Суточные вариации [3]

Магнитные бури (рис.5) – это возмущения магнитного поля земли амплитуда, которых равна многие сотни нТл. Эти вариации фиксируются по всему миру. Источником данных вариаций являются вспышки на Солнце [3].

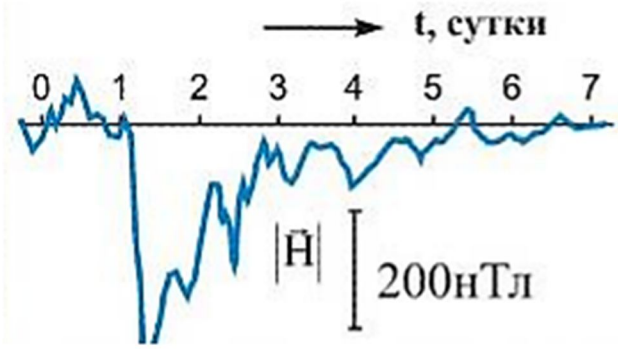


Рисунок 5 – Магнитные бури [3]

Пульсации относятся к классу короткопериодных колебаний (КПК) магнитотеллурического поля. Их частотный спектр носит случайный характер, диапазон частот 10-2—10 порядка 10^{-3} до 5-10 Гц с максимумом периода в интервале 10—60 с. Амплитуда КПК для магнитного поля в средних широтах обычно достигает нескольких нТл; для электрического поля — до 10 мВ/км. Принято выделять два вида пульсаций:

- Pc – регулярные вариации, представляющие совокупность квазисинусоидальных вариаций, непрерывно следующих друг за другом (рис.6);

- Pi – не регулярные вариации, проявляющиеся цугами колебаний, разделенными во времени периодами относительно спокойного поля.

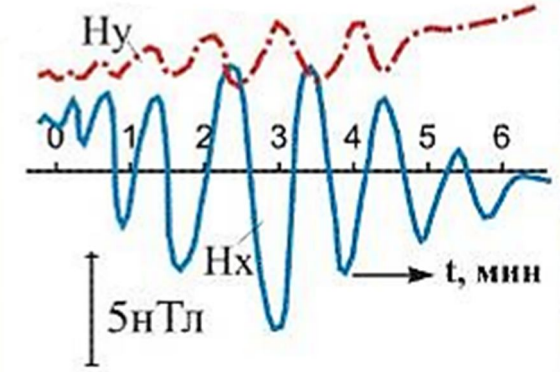


Рисунок 6 – Коротко периодические колебания (пульсации) [3]

Бухтообразные вариации (рис.7) – вариации, которые имеют плавный подъем и последующие уменьшение значений магнитного поля. Длительность от получаса до 3 часов. Источником бухтообразных вариаций являются ионосферные струйные токовые системы. Название этот тип вариаций получил засчет того, что форма вариаций похожа на морскую бухту или залив. Интенсивность бухт возрастает в вечернее время.

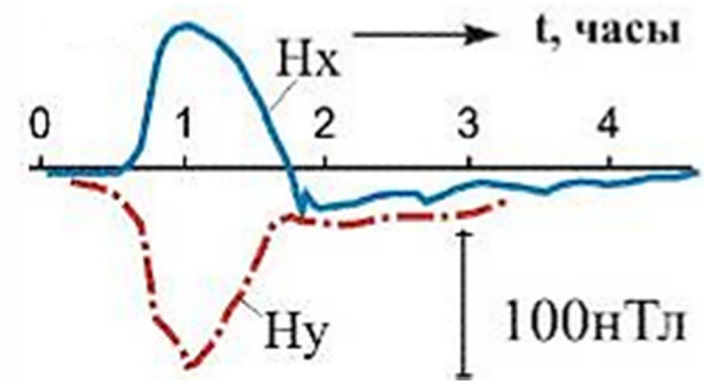


Рисунок 7 – Бухтообразные вариации [3]

В спектре переменного естественного электромагнитного поля Земли выделяются вариации в звуковом диапазоне частот, которые связаны с грозовой деятельностью в атмосфере Земли и представляют собой совокупность импульсов (атмосфериков). Атмосферики представляют собой цуги квазисинусоидальных колебаний. Головные из них следуют с частотой около нескольких кГц, а последующие (хвост атмосферика) с значительно меньшей частотой. Интенсивность атмосфериков возрастает в послеполуденное время. Летом она в несколько раз выше, чем зимой.

Для МТЗ наибольший интерес представляют бухтообразные вариации, КПК и атмосферики, поскольку они являются полезными сигналами при проведении магнитотеллурических исследований.

Основные этапы обработки данных магнитотеллурического мониторинга. В результате полевых работ станция производит запись данных которые состоят из:

- Файл формата .tbl – содержит данные о записи.
- Файлы формата .TSn. – содержатся данные записи в виде временных рядов.

С помощью программы SSMT и преобразования Фурье данные записи из временных рядов преобразуются в частотные и формируются в виде файлов формата .mth, .mtl.

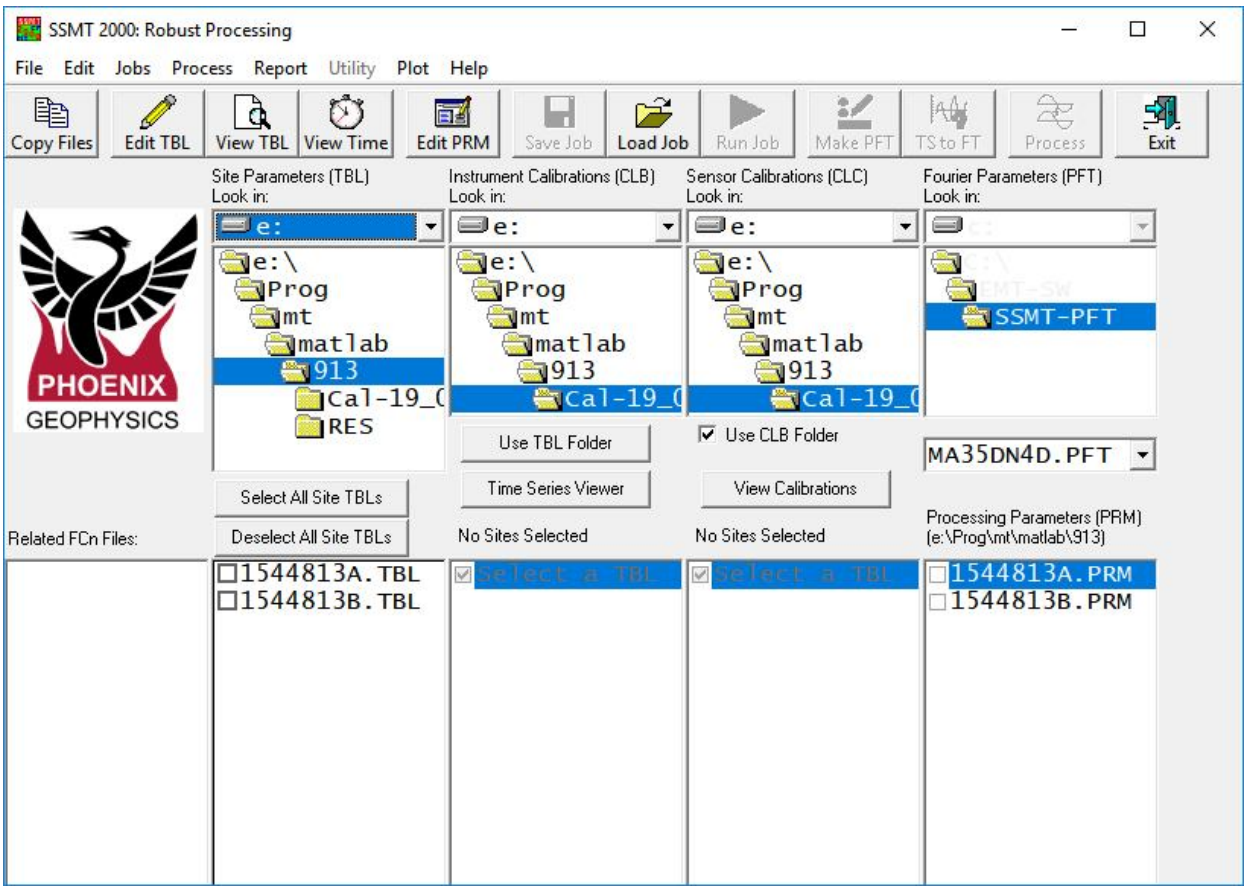


Рисунок 8 – интерфейс программы SSMT–2000

Основное время обработки данных занимает работа с программой MT-Corrector, которая позволяет просматривать и редактировать частотные зависимости компонент тензора импеданса и передаточных функций. В результате обработки с помощью программы mt-corrector на выходе получается файл формата *.edi, который содержит в себе интерполированные кривые частотных кривых зависимости компонент тензора импеданса.

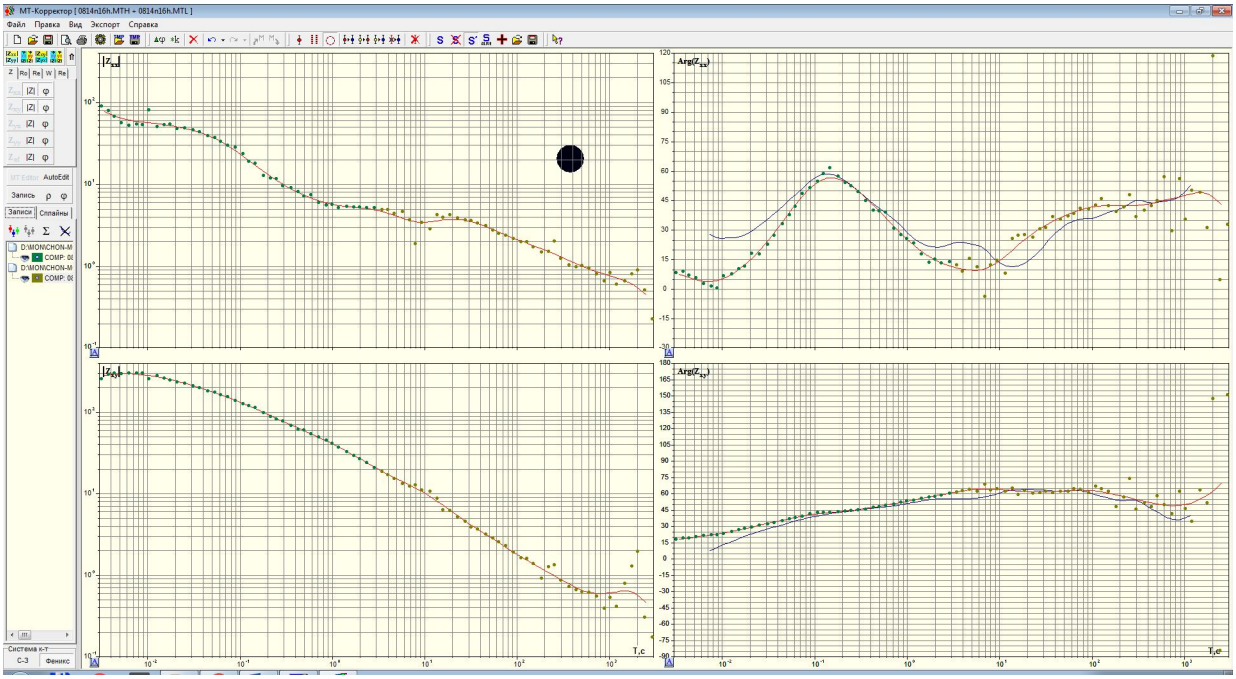


Рисунок 9 – интерфейс программы MT-Corrector

Методика оптимизации обработки данных с помощью программы MT-corrector. В связи с увеличением помех на стационаре Чун-Курчак, возникла необходимость разработать методику, которая позволила бы улучшить качество обработки данных. Основа новой методики заключается в следующем:

- Среди записей мониторинга Чун-Курчак с 2003 по 2013 годы были выбраны записи с максимально хорошим качеством сигнала и была получена среднестатистическая кривая, которая служила в качестве реперной кривой для записей более низкого качества.
- В качестве опорных кривых были выбраны фазовые кривые, так как считаются, что они более стабильные [1].
- Применение гистограмм позволило значительно улучшить качество фазовых кривых, а также позволило упростить их редактирование.
- Использование дисперсионного соотношение кривых фаз и кривых кажущихся сопротивлений также способствовало улучшению качества получаемых кривых и упростило редактирование данных.

Таким образом в результате оптимизации обработки данных значительно улучшилось качество обработки данных. В результате истинность записей значительно возросла.

Литература

1. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. М.: Научный мир. 2009. 677 с.
2. Рокитянский И.И. Индукционные зондирования земли. Киев: Наук. думка. 1981. 296 с.
3. Жамалетдинов А.А. Магнитотеллурический метод изучения строения массивов горных пород. Учеб. пособие. Апатиты. 2014. 103 с.

УДК 539.3+53.097

МЕТОДИКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ОДНООСНОМ СЖАТИИ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД

Кульков Д.С., Чешев М.Е.
kulkov.dmitrii@yandex.ru, cheshevmihail@yandex.ru
Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

В работе представлена методика предварительной обработки сигналов акустической эмиссии, мониторинг которой используется в задачах исследования процессов деформации горных пород на различных стадиях. Основу методики составляет использование информации, полученной при исследовании волновых форм акустической эмиссии, а также анализ их амплитудно-частотных спектров. Разработанная методика позволяет в автоматическом режиме выделить полезные сигналы из массива данных, для последующего расчета накопления событий и активности акустической эмиссии.

Ключевые слова: акустическая эмиссия, отбраковка шумовых компонент, амплитудно-частотный спектр, волновая форма.

Введение. Акустическая эмиссия представляет собой явление излучения упругих волн, возникающее в результате необратимых или частично обратимых изменений структуры твердых тел под влиянием внешних и внутренних факторов различной физической природы [1]. Она широко используется для мониторинга процесса деформации образцов горных пород в лабораторных экспериментах [2]. Целью данной работы является разработка методики предварительной обработки сигналов акустической эмиссии (АЭ) для выделения полезных и шумовых компонент волновых форм, при проведении лабораторных экспериментов на одноосное сжатие образцов горных пород.

Аппаратура и методика. Эксперименты проводились на рычажной установке, которая позволяет реализовать режим одноосного сжатия с максимальной нагрузкой до 250 кН [3]. В качестве образцов использовался образец гранита в форме прямоугольного параллелепипеда, размерами Д х Ш х В (35см х 22см х 79см). Схема регистрации акустико-эмиссионных сигналов представлена на рис.1. Процесс регистрации сигналов АЭ происходит в автоматическом режиме, при превышении порога значений амплитуды дискриминатора, которые задаются в начале эксперимента. Интервал времени записи сигнала определяется периодом дискретизации и объемом буфера памяти АЦП.

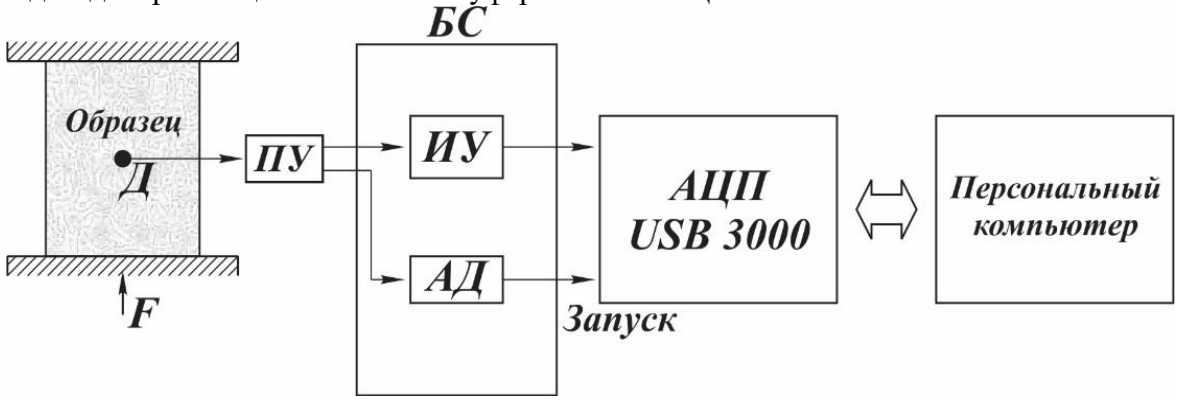


Рисунок 1 – Схема измерительного тракта АЭ. Д – датчик акустической эмиссии, ПУ – предварительный усилитель, БС – блок синхронизации, ИУ – измерительный усилитель, АД – амплитудный дискриминатор

Считывание данных осуществляется датчиками SE-2MEG-P, производства компании DECI - США, которые работают в частотном диапазоне от 200 кГц до 2 МГц, а оцифровка

сигналов производится 8-канальным блоком АЦП USB 3000, и записывается на жесткий диск персонального компьютера. В качестве программного обеспечения для программы обработки использовался пакет Matlab [4]. В связи с тем, что при записи, аппаратура регистрирует не только полезные сигналы акустической эмиссии, но и ложные, в виде аппаратурных шумов, появилась необходимость выявления данных шумовых компонент, из общего объема сигналов, полученных в ходе эксперимента, которые могут быть следствием работы различных механизмов, в том числе и электромагнитных «наводок». На рис.2 показаны типичные полезные сигналы акустической эмиссии и шумовые компоненты.

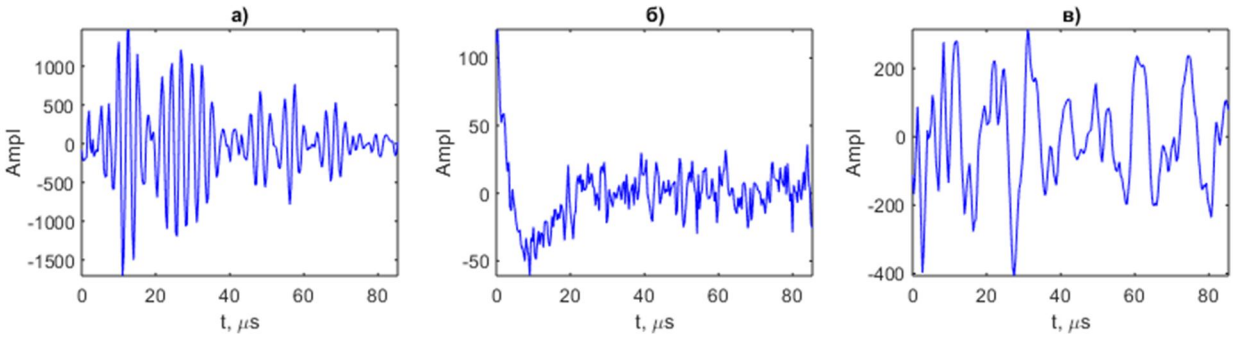


Рисунок 2 – Примеры сигналов, регистрируемые в ходе лабораторных экспериментах: а) полезный сигнал, б) шум, в) комбинация полезного сигнала и шума

Как видно из рис.2а полезный сигнал АЭ характеризуется резким нарастанием амплитуды и затем медленным спадом (затуханием). В среднем длительность волновой формы сигнала АЭ составляет ~ 40 мкс [4]. В отличии от полезного сигнала, шумовые и комбинированные не имеют таких признаков, а также характеризуются малой амплитудой.

Для предварительной обработки сигналов АЭ, полученных в ходе эксперимента, строится Фурье – спектр, каждого сигнала (рис. 3).

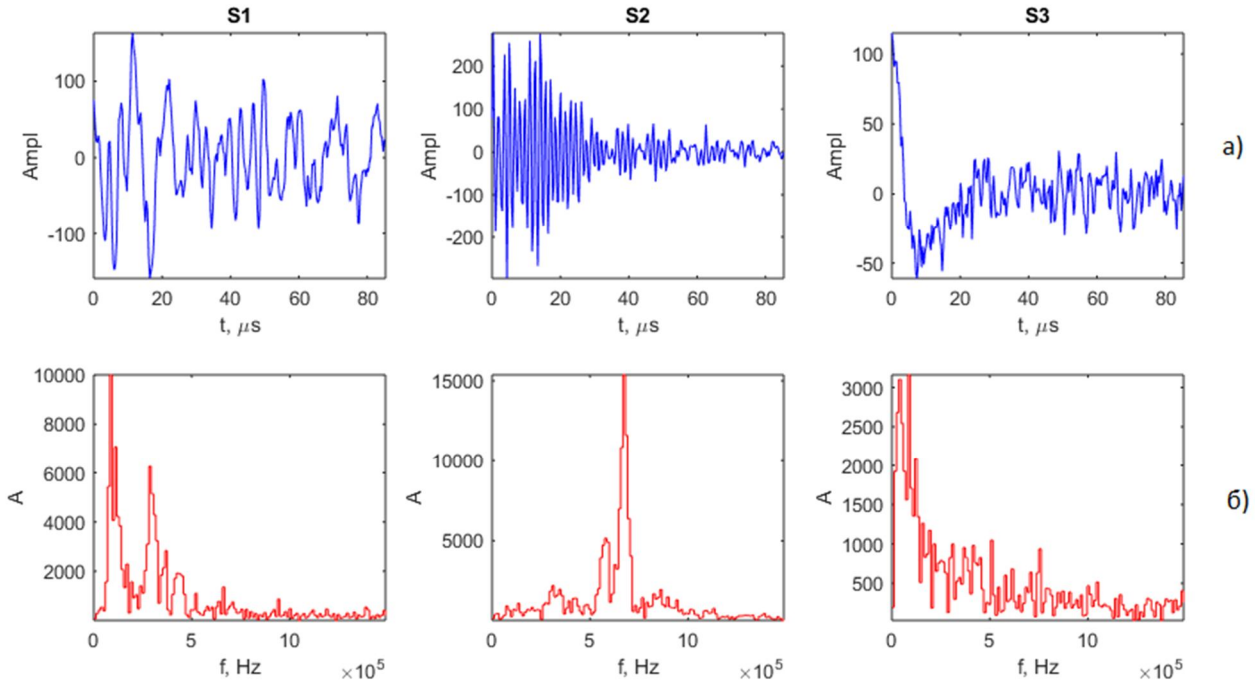


Рисунок 3 – Сигналы АЭ (а) и их амплитудно-частотный спектр – Фурье (б). S1 – комбинированный сигнал, S2 – полезный сигнал, S3 – шум

Результаты и обсуждение. Анализ полученных данных и характеристик регистрирующей аппаратуры показал, что наиболее эффективно фильтровать частоты, вне

рабочего диапазона датчика (от 0 до 200 кГц). Результат фильтрации частот в этом диапазоне представлен на рис.4.

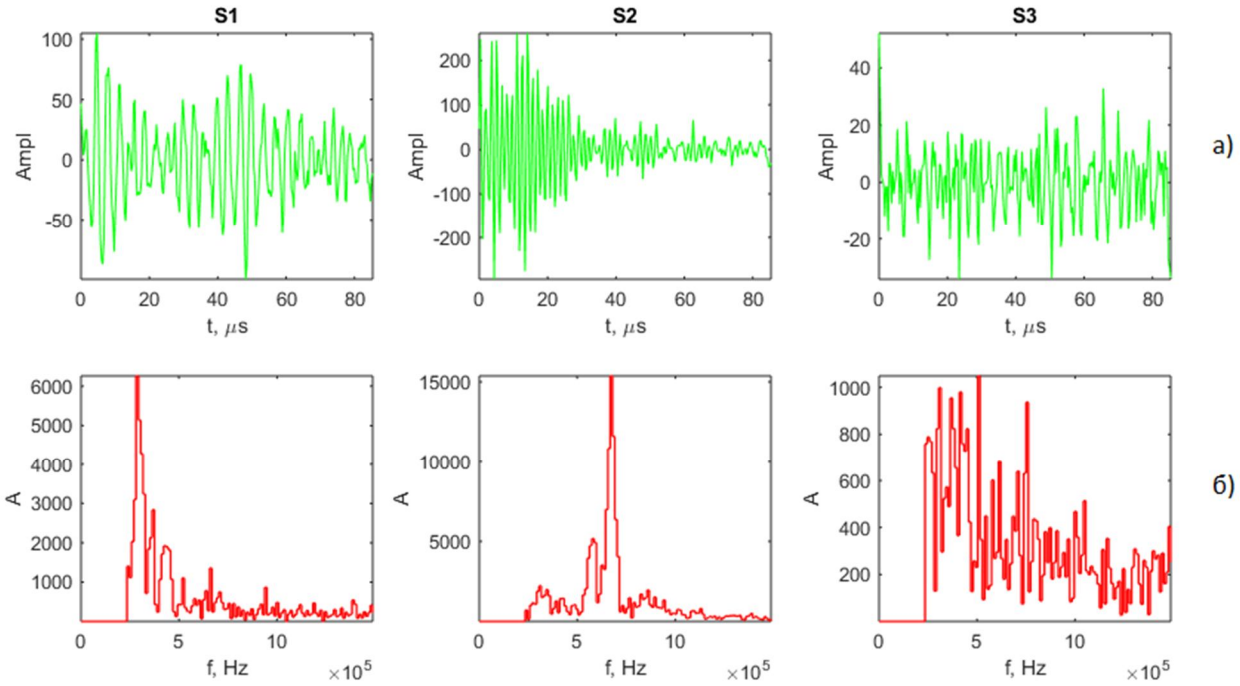


Рисунок 4 – Результаты фильтрации частот сигналов АЭ. S1 – комбинированный сигнал, S2 – полезный сигнал, S3 – шум

Процедура фильтрации показала, что волновая форма изменилась у комбинированных (рис. 4, S1) и шумовых сигналов (рис. 4, S3), а сигналы с полезной волновой формой (рис. 4, S2) практически не претерпели изменений, что позволяет точнее их классифицировать и выделять из общего массива данных.

Отбраковка сигналов осуществлялась по следующим критериям. Анализ показал, что большая часть мощности полезного акустического сигнала находится во временном отрезке от 0 до 40 мкс [5], что рассчитывается в виде доли мощности волновой формы сигнала на данном отрезке, к мощности всего сигнала:

$$P_1 = \frac{\sum_{t=0}^{tn} S^2}{\sum_{t=0}^{t_{end}} S^2},$$

где S^2 – мощность сигнала, t_n – длительность участка содержащего волновую форму (~ 20-40 мкс), t_{end} – длительность всего сигнала.

Также рассчитывались отношения сумм амплитудно-частотного спектра в диапазоне от f_n до f_{end} к сумме амплитуд в спектре всего сигнала:

$$P_2 = \frac{\sum_{fn}^{f_{end}} A}{\sum_{f=0}^{f_{end}} A},$$

где A – амплитуда спектра, f_n – предел чувствительности датчика (200 кГц), f_{end} – 1,5 МГц (исходя из предела дискретизация АЦП USB 3000 - 3 МГц).

Согласно анализу у полезных сигналов значения P_1 и P_2 до и после преобразования не должны меняться существенно (в пределах 10%), а у зашумленных сигналов эти параметры будут различаться сильнее (от 30 до 70%).

Общее количество сигналов в эксперименте составило 40950 волновых форм, количество шумовых составило 1409 волновых форм, что составляет 3,44% от общего количества.

Выводы. Предложенные критерии отбраковки позволяют производить предварительное выделение полезных и шумовых компонент из общего количества сигналов,

получаемых в ходе лабораторных экспериментов на одноосное сжатие горных пород. Данная методика позволяет проводить отбраковку в автоматическом режиме, исключая человеческий фактор. Дальнейшее развитие автоматической отбраковки предполагает выделение полезных волновых форм на различных этапах разрушения геоматериалов с помощью методов кластерного анализа.

Литература

1. H.R. Hardy Jr, Acoustic Emission Microseismic Activity, Vol. 1: Principles, Techniques and Geotechnical Applications (Taylor & Francis, London, 2003)
2. Закупин А.С., Авагимов А.А., Богомолов Л.М. Отклики акустической эмиссии геоматериалов на воздействие электроимпульсов при различных величинах сжимающего напряжения // Физика Земли. 2006. № 10. С. 43-50.
3. Закупин А.С., Боровский Б.В. Пат. 2012148683/28 РФ. Рычажная установка для статических и динамических испытаний материалов в условиях одноосного сжатия. БИ. 2015. № 5.
4. Дьяконов В. Matlab. Полный самоучитель. М.: ДМК Пресс. 2012. 768 с.
5. Мубассарова В.А. Влияние электромагнитных полей на скорость деформации и дефектообразование в нагруженных образцах горных пород. Автореф. дис. … канд. физ.-мат. наук. М. 2018. 20 с.

УДК 621.3+550.8.08

АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОМЕХОВОЙ ОБСТАНОВКИ В ПОЛЕВЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Лашин О.А.
legyss@mail.ru
Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

В работе представлены результаты разработки мобильного анализатора спектра, позволяющего оперативно проводить оценку помеховой обстановки на полевом измерительном пункте, в котором предполагается проводить работы по электромагнитному мониторингу земной коры или другие исследования, использующие электромагнитные методы.

Ключевые слова: анализатор спектра, электромагнитный мониторинг земной коры.

В Научной станции РАН (г. Бишкек) проводятся работы по созданию современного электроразведочного измерительного комплекса с шумоподобными зондирующими сигналами (ЭРК ШПС) [1]. В 2018 году были проведены полевые испытания ЭРК ШПС в трех разных по геологической структуре пунктах. При выборе этих пунктов исследовательская группа не раз сталкивалась с ситуацией, когда выбранный пункт для проведения зондирования земной коры не подходил из-за большого уровня помех от промышленной силовой сети частотой 50 Гц и ее гармонических составляющих. Были случаи, когда наблюдались помехи синусоидальной формы, модулированные по амплитуде с несущей частотой 50 кГц и выше, уровень которых составлял 25% от диапазона измеряемых сигналов. При исследовании помеховой обстановки с помощью осциллографа сложно оценить спектральный состав помех, так как в одной полевой точке могут преобладать низкочастотные помехи в другой высокочастотные. Если же известен спектральный состав помех в конкретном полевом пункте, то выбирая подходящие по частотному диапазону датчики регистрируемых сигналов и соответствующую предварительную аналоговую фильтрацию можно проводить исследования земной коры в определенном диапазоне глубин.

Для оперативной оценки помеховой обстановки был разработан мобильный анализатор спектра, с помощью которого можно измерить частоты тональных помех и их амплитуды, а также визуально оценить общий уровень импульсных помех, вызванных грозовыми разрядами, промышленными установками и т.д. Отличительной особенностью разработанного анализатора спектра являются малые габариты, мобильность и большой динамический диапазон порядка 80 дБ. В настоящее время в мире выпускаются мобильные цифровые осциллографы со встроенной функцией быстрого преобразования Фурье (БПФ), однако динамический диапазон анализируемого спектра в этих приборах не превышает в среднем 48 дБ. Стоит отметить, что стоимость цифрового осциллографа со встроенным анализатором спектра типа MS220T фирмы Micsig (производства Китай) больше чем на порядок превышает стоимость разработанного анализатора спектра.

Рассмотрим принцип работы разработанного анализатора спектра. Структурная схема анализатора спектра приведена на рис. 1. Входной сигнал, подаваемый на аналоговый вход «IN» анализатора спектра поступает на вход пассивного аттенюатора «ATT», с помощью которого осуществляется переключение диапазона исследуемых напряжений. С выхода «ATT» сигнал поступает на вход предварительного усилителя «AMP». В предварительном усилителе сигнал усиливается и приводиться к шкале аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Также в нем установлен прецизионный, малошумящий источник опорного напряжения «V_{REF}» для АЦП. Применение внешнего источника опорного напряжения «V_{REF}»

позволило снизить собственные шумы анализатора спектра на 5 дБ, по сравнению с применением встроенного в АЦП опорного источника напряжения.

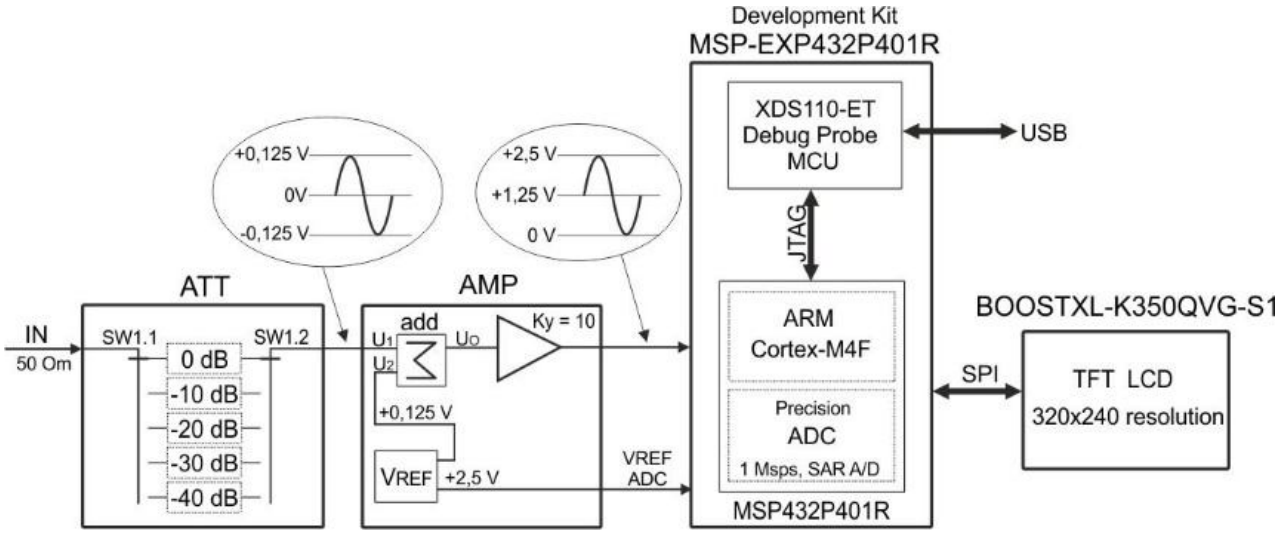


Рисунок 1 – Структурная схема анализатора спектра: АТТ – аттенюатор, АМР – усилитель, MSP-EXP432P401R – отладочная плата выполненная на базе микроконтроллера MSP432P401R со встроенным JTAG-отладчиком, BOOSTXL-K350QVG-S1 – жидкокристаллический дисплей с разрешением 320×240 точек

Сигнал с выхода предварительного усилителя поступает на прецизионный 14-разрядный АЦП, входящий в состав микроконтроллера типа MSP432P401R [2] фирмы Texas Instruments. АЦП выполнен по SAR-технологии, что позволяет проводить измерения как гармонических сигналов, так и импульсных. Максимальная частота выборки АЦП 1 MSPS позволяет измерять спектр сигнала до 500 кГц. Для визуализации информации к микроконтроллеру MSP432P401R подлечен LCD-дисплей типа BOOSTXL-K350QVG-S1 фирмы Kentec [3] с диагональю 3,5 дюйма. На рис. 2 показан внешний вид отладочной платы MSP-EXP432P401R [4] фирмы Texas Instruments, на которой выполнена главная измерительно-вычислительная часть анализатора спектра.

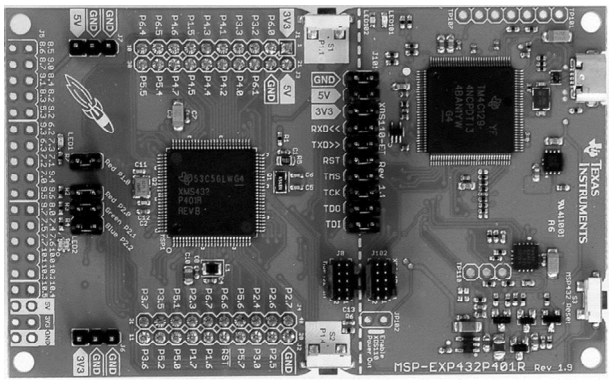


Рисунок 2 – Внешний вид отладочной платы MSP-EXP432P401R

Основой отладочной платы MSP-EXP432P401R, является микроконтроллер MSP432P401R, выполненный на ядре ARM Cortex-M4F. На этой же плате установлен JTAG-отладчик. При выборе микроконтроллера со встроенным АЦП учитывались характеристики индукционного датчика сигналов, входящего в состав ЭРК ШПС. С их учетом необходимо было обеспечить динамический диапазон не менее 60 дБ и частотный диапазон исследований спектра сигнала от 0,5 Гц до 200 кГц. Для обеспечения вычисления БПФ в реальном времени

рассматривалась производительность ядра микроконтроллера и его потребление. Основные технические характеристики анализатора спектра приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики анализатора спектра

№ п.п.	Наименование параметра	Величина	Единица измерения
1	Входное сопротивление	50	Ом
2	Диапазоны входных напряжений при положении аттенюатора АТТ: «0 дБ» «-10 дБ» «-20 дБ» «-30 дБ» «-40 дБ»	 125 – 0,015 395 – 0,048 1250 – 0,153 3,95 – 0,00048 12,5 – 0,0015	 мВ мВ мВ В В
3	Размер окна БПФ, при t = 1 t = 2 t = 3 t = 4	 512 1024 2048 4096	
4	Частота дискретизации сигнала, при f = 1 f = 2 f = 3 f = 4	 1,024 102,4 10,24 1,024	 МГц кГц кГц кГц
5	Время непрерывной работы не менее	10	ч

Разрешение по частоте, обеспечиваемое анализатором спектра в зависимости от частоты дискретизации и размера окна БПФ приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Разрешение по частоте анализатора спектра

Размер окна БПФ	Частота дискретизации, в кГц			
	1024	102,4	10,24	1,024
512	2 кГц	200 Гц	20 Гц	2 Гц
1024	1 кГц	100 Гц	10 Гц	1 Гц
2048	500 Гц	50 Гц	5 Гц	2,5 Гц
4096	250 Гц	25 Гц	2,5 Гц	0,25 Гц

Микроконтроллер MSP432P401R работает под управлением специально разработанной программы. Структурная схема программы приведена на рис. 3. Рассмотрим принцип ее работы.

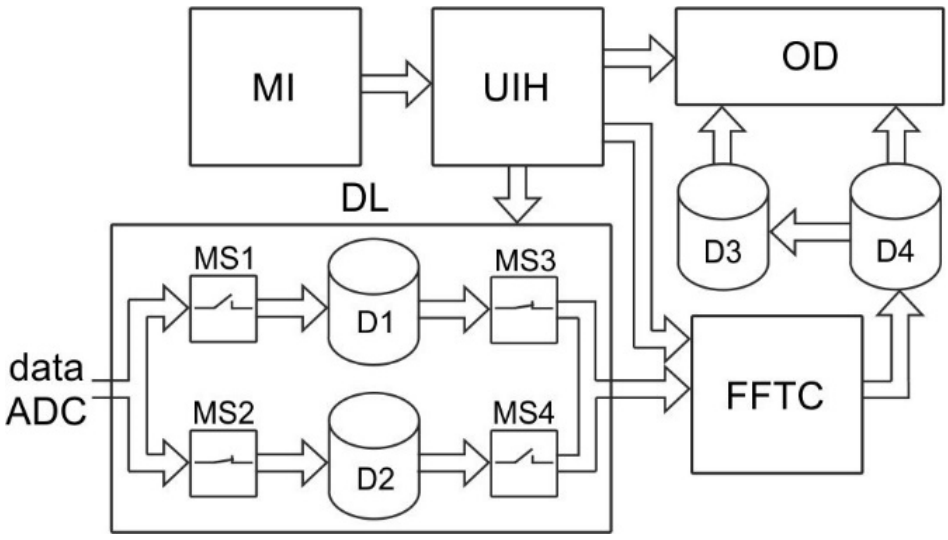


Рисунок 3 – Структурная схема программы анализатора спектра: MI – инициализация микроконтроллера; UIH – обработчик интерфейса пользователя; OD – устройство вывода информации (LCD-дисплей); DL – регистратор данных; FFTC – модуль вычисления БПФ

После включения питания производиться инициализация микроконтроллера «MI», затем обработчик интерфейса пользователя «UIH» выводит на устройство вывода информации «OD» (в данном случае дисплей) подписанные оси амплитуды в логарифмическом масштабе и частоты в линейном масштабе. После обслуживания устройства вывода информации «OD» обработчик интерфейса пользователя «UIH» запускает регистратор данных «DL» и модуль вычисления БПФ «FFTC» с параметрами, установленными по умолчанию. Если пользователь через «UIH» введет новые параметры, то работа модулей «DL» и «FFTC» будет остановлена, затем будет произведена их настройка в соответствии с новыми параметрами, введенными пользователем, далее производится запуск модулей «DL» и «FFTC». Цифровые данные с выхода АЦП поступают в регистратор данных «DL» в котором для ускорения работы программы реализованы два буфера данных D1 и D2 коммутируемые модулями MS1 – MS4 (рис. 3). Пока регистрация данных производиться в буфер данных D2 расчет БПФ осуществляется по данным из буфера D1. К моменту времени, когда данные с выхода АЦП заполнят буфер D2 модуль «FFTC» успевает рассчитать БПФ по данным из буфера D1 и переходит в режим ожидания завершения записи данных в буфер D2. После чего производится расчет БПФ по данным записанным в буфер D2 и начинается запись данных с выхода АЦП в буфер D1.

Для ускоренной прорисовки графиков используются два буфера данных D3 и D4. Данные с модуля расчета БПФ «FFTC» поступают в буфер данных D4 затем на устройство вывода информации «OD» и в буфер D3. Таким образом в буфере D3 всегда хранится предыдущее значение данных графика спектра, выводимого на дисплей в виде гистограммы. Для того чтобы перед прорисовкой нового графика спектра не стирать всю область, выделенную для графика, идет пошаговое сравнение столбцов гистограммы (значений оси амплитуд) выводимых на дисплей из буфера данных D4 со значением столбцов гистограммы сохраненными в буфере D3, если значение первого столбца в буфере новых данных D4 больше значения первого столбца в буфере D3, то производиться дорисовка столбца гистограммы до нужного значения, если же меньше, то стирается часть столбца или весь столбец и т.д.

На рис. 4 показан внешний вид разработанного анализатора спектра.

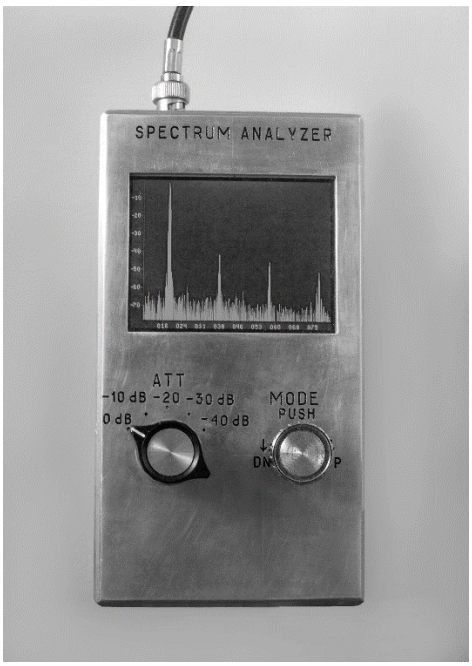


Рисунок 4 – Внешний вид анализатора спектра

Разработанный анализатор спектра был испытан в лабораторных и полевых условиях, в результате чего были подтверждены указанные выше характеристики. Кроме оценки помеховой обстановки на полевых измерительных пунктах данный прибор оказался востребованным при отработке электронных узлов разрабатываемой в НС РАН аппаратуры. Автономное питание анализатора спектра при настройке электронных цепей в условиях лаборатории играет очень важную роль так как при этом обеспечивается отсутствие паразитной связи через цепи питания исследуемого электронного узла с анализатором спектра. Важно отметить, что с помощью разработанного прибора можно проводить измерения коэффициента гармонических искажений электрическими цепями в пределах от 0,015 % и более.

Работа выполнена в рамках государственного задания Научной станции РАН в г. Бишкеке (тема АААА-А19-119020190065-6 «Разработка аппаратно-программных средств и основ технологии электромагнитного мониторинга геодинамических процессов в сейсмоактивных зонах и оценки их опасностей»).

Литература

1. Ильичев П.В., Бобровский В.В. Применение шумоподобных сигналов в системах активной геоэлектроразведки (результаты математического моделирования и полевого эксперимента) // Сейсмические приборы. 2014. Т. 50. № 2. С. 5-19.
2. Электронный ресурс: MSP432P401R, http://www.ti.com/product/MSP432P401R (дата последнего посещения 20.02.2019).
3. Электронный ресурс: Kentec QVGA Display BoosterPack, http://www.ti.com/tool/BOOSTXL-K350QVG-S1 (дата последнего посещения 20.02.2019).
4. Электронный ресурс: MSP-EXP432P401R, http://www.ti.com/tool/msp-exp432p401r (дата последнего посещения 20.02.2019).

УДК 621.38:550.37

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ В ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЕ

Лисимов М.О.
makcimeil@mail.ru
Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

В работе представлен пример использования для передачи цифровых (управляющих) сигналов в разрабатываемой НС РАН геофизической измерительной аппаратуре оптоволоконных кабельных линий связи, обеспечивающих повышенную помехоустойчивость и надежность аппаратуры.

Ключевые слова: электроразведочный измерительный комплекс, электромагнитный мониторинг земной коры, волоконно-оптические системы, оптический кабель.

В лаборатории перспективных аппаратурных разработок (ЛПАР) Научной станции РАН проводятся работы по создание нового современного аппаратно-программного электроразведочного измерительного комплекса с шумоподобными сигналами (ЭРК ШПС) [1], предназначенного для исследования динамических процессов, протекающих в земной коре методом зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗСБ) [2]. В ходе проведения лабораторных и полевых экспериментов с изготовленным макетным образцом ЭРК ШПС выявилась недостаточная надежность в его работе связанная с применением в схеме и конструкции измерительного комплекса электрических линий, выполненных в виде витых пар медных проводов, по которым управляющие сигналы, формируемые блоком управления и регистрации сигналов (БУРС), подаются в генератор зондирующих сигналов (ГЗС) и формирователь градуировочных сигналов (ФГС), рис. 1. Выяснилось, что проводные линии передачи сигналов, даже если они выполнены в виде витых пар, не обеспечивают полной защиты электрической схемы аппаратуры от воздействия внешних и внутренних источников помех, несмотря на примененные в схеме элементы, обеспечивающие гальваническую развязку электрических цепей приемной и зондирующей частей ЭРК ШПС. Главным и основным источником внутренних помех в ЭРК ШПС является ГЗС, а именно его силовой коммутатор, обеспечивающий формирование мощных импульсов тока в индукционной зондирующей рамке (ИЗР), рис.1. В процессе проведения экспериментальных работ наблюдались случаи полного отказа в работе ЭРК ШПС проявляющегося в виде сбоя микроконтроллера, входящего в БУРС и управляющего работой всей аппаратуры. Как правило, такие сбои происходили при амплитудах импульсов напряжения более 120 В, подаваемых через $R_{БОТ}$ на ИЗР. Для расширения диапазона исследуемых глубин земной коры требуется увеличение тока в зондирующей рамке при сохранении (уменьшении) длительности фронтов импульсов, а для этого потребуется дальнейшее повышению амплитуды импульсов напряжения, подаваемых на последовательно включенные ИЗР и $R_{БОТ}$. Повышение мощности зондирующих сигналов также отрицательно сказывается на соотношении сигнал-помеха на выходе приемной части измерительного комплекса. В связи с выше изложенным, задача обеспечения устойчивой и надежной работы ЭРК ШПС становится очень актуальной, а для этого необходимо было устранить указанные выше недостатки в работе измерительного комплекса.

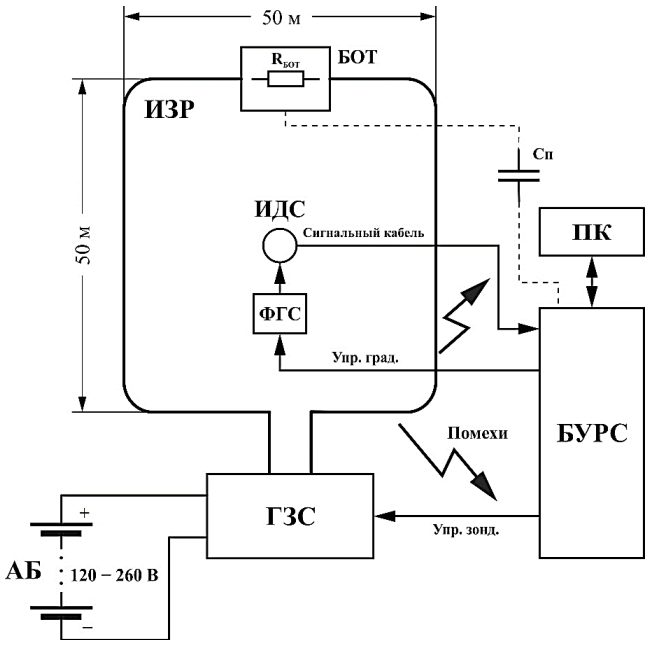


Рисунок 1 – ЭРК ШПС, схема структурная: ГЗС – генератор зондирующих сигналов; БОТ – блок ограничения тока; ИЗР – индукционная зондирующая рамка; ИДС – индукционный датчик сигналов; ФГС – формирователь градуировочных сигналов; БУРС – блок управления и регистрации сигналов; ПК – персональный компьютер; АБ – аккумуляторная батарея

Был проведен поиск возможных альтернатив витым медным парам проводов. Выбор остановился на оптических кабелях. Оптический кабель (ОК) предназначен для передачи информации, содержащейся в модулированных электромагнитных колебаниях оптического диапазона. В настоящее время используется диапазон длин волн от 0,8 до 1,6 мкм, соответствующий инфракрасным волнам. Оптический кабель содержит один или несколько световодов. Световод состоит из оптического волокна и покрытия. Оптическое волокно (ОВ) из стекла изготавливается обычно с внешним диаметром 100 – 150 мкм. Оптическое волокно состоит из сердечника с показателем преломления n1 и оболочки с показателем преломления n2, причем n1>n2. К общим достоинствам оптических волокон относятся:

- широкополосность (до нескольких десятков терагерц);
- малые потери (0,154 дБ/км);
- малый диаметр (125 мкм);
- малая (30 г/км) масса;
- эластичность (минимальный радиус изгиба 2 мм);
- механическая прочность (выдерживает нагрузку на разрыв около 7 кг);
- отсутствие взаимной интерференции (перекрестных помех);
- отсутствие влияния внешних электромагнитных помех (грозовые разряды, близость линий электропередачи, импульсы тока в силовой сети);
- взрывобезопасность (гарантируется абсолютной неспособностью волокна быть причиной искры);
- высокая электроизоляционная прочность (волокно длиной 20 см выдерживает напряжение до 10000 В);
- высокая коррозионная стойкость, особенно к химическим растворителям, маслам, воде.

Несмотря на многочисленные преимущества перед другими способами передачи информации волоконно-оптические системы имеют также и некоторые недостатки, главным образом связанные с высокой стоимостью прецизионного монтажного оборудования [3]. В

основном по этой причине волоконно-оптические линии не были изначально применены в конструкции ЭРК ШПС.

В 2018 году было принято решение о замене всех проводных кабельных линий связи по которым передаются управляющие цифровые сигналы на оптоволоконные линии связи, обладающие значительными преимуществами по сравнению с медными витыми парами. Основное и главное преимущество заключается в том, что никакие виды электромагнитных помех не могут влиять на качество передачи информации в оптическом волокне. Благодаря этому, оптическое волокно может располагаться вблизи мощных источников электромагнитных помех, например, рядом с проводом зондирующей рамки ГЗС. Оптическое волокно не проводит электрический сигнал, в результате чего обеспечивается полная гальваническая развязка между источником сигнала и приемником. Оптическое волокно не чувствительно к внешним электромагнитным воздействиям, и само не излучает никаких сигналов в окружающую среду, в результате уменьшается уровень излучения, создаваемого цифровыми сигналами, которые наводятся на вход высокочувствительного индукционного датчика или приемной индукционной рамки. В связи с применение в ЭРК ШПС волоконно-оптических линий передачи была произведена доработка блоков ГЗС, ФГС и БУРС. В эти устройства были установлены оптические приемники и передатчики. Применение волоконно-оптических линий передачи способствовало также лучшей электромагнитной совместимости блоков и узлов измерительного комплекса. Влияние одного блока ЭРК ШПС на другой через индуцированные электромагнитные наводки и помехи практически полностью устраняется, что очень важно для достижения необходимого очень большого (около 200 дБ) динамического диапазона регистрируемых сигналов.

Для осуществления поставленной задачи был проведен поиск и выбор среди широкого спектра предлагаемых производителями волоконно-оптических систем. Главным критерием при выборе было то, что оптоволоконные линии должны эксплуатироваться в геофизической измерительной аппаратуре в полевых условиях. Важными параметрами при выборе были: длина кабеля, его механическая и химическая устойчивость к агрессивной среде (вода, грязь, механические воздействия), коэффициент затухания сигнала, цена. В результате была выбрана волоконно-оптическая система фирмы «Broadcom» [4], состоящая из оптического кабеля HFBR-EUS100Z, оптического передатчика AFBR-1639Z и оптического приемника AFBR-2529Z. Технические характеристики выбранной волоконно-оптических системы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики волоконно-оптической системы

№ п.п.	Наименование параметра	Величина	Единица измерения
1	Затухание в кабеле Источник: 660 nm LED, 0.5 NA (HFBR-15xxZ) Длина:50м	Min. 0,15 Typ. 0,22 Max. 0,27	dB/m
2	Эталонное затухание Источник: 650 нм, 0,5 NA (monochrometer) Длина: 50 м	Min. 0,12 Typ. 0,19 Max. 0,24	dB/m
3	Числовая апертура	Min. 0,46 Typ. 0,47 Max. 0,50	
4	Диаметр (сердечник и оболочка)	Min. 0,94 Typ. 1,00 Max. 1,06	мм
5	Константа задержки распространения	5	нс/м
6	Масса на единицу длины	5,3	г/м

При замене кабелей управления на оптоволокно потребовалось модернизировать выходные цепи БУРС и входные цепи ГЗС. На рис. 2 показана структурно-функциональная схема передачи сигналов управления между БУРС и ГЗС.

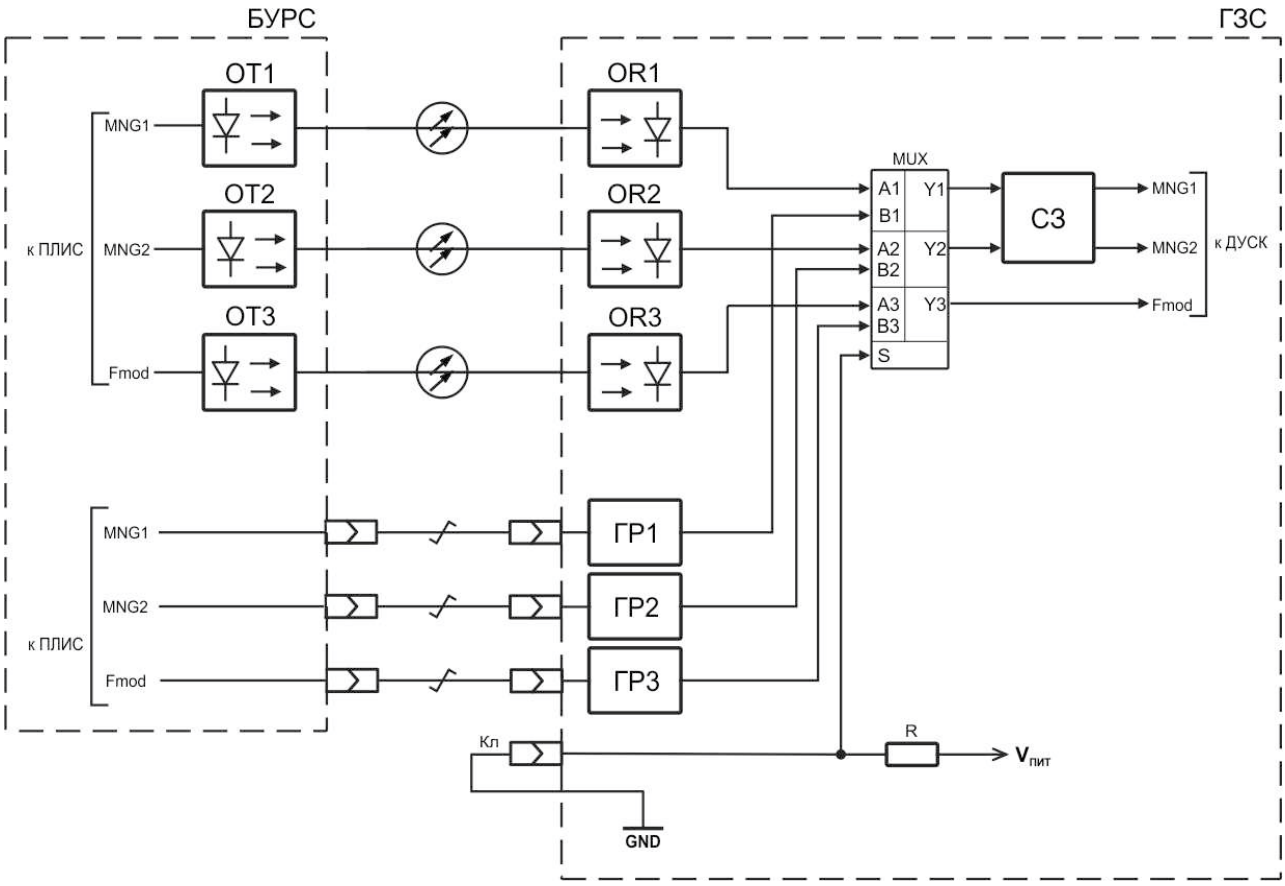


Рисунок 2 – Передача управляющих сигналов между БУРС и ГЗС, схема структурно-функциональная: ОТ1-ОТ3 оптические передатчики; OR1-OR3 - оптические приемники; ГР1-ГР3 – устройства гальванической развязки (оптопары); MUX – мультиплексор; СЗ – схема защиты; ДУСК – драйвер управления силовыми ключами; MNG1 и MNG2 – сигналы управления формированием положительного и отрицательного зондирующих токовых импульсов; Fmod – высокочастотная последовательность прямоугольных импульсов используемых для обеспечения гальванической развязки управляющих сигналов MNG1 и MNG2 в схеме ДУСК

В БУРС были установлены оптические передатчики ОТ1-ОТ3, обеспечивающие преобразование сигналов MNG1, MNG2 и Fmod в оптические для передачи их через волоконно-оптические линии на вход ГЗС, где с помощью оптических приемников OR1-OR3 эти сигналы снова преобразуются в электрические.

Для обеспечения преемственности и сравнения работы новой схемы со старым вариантом исполнения БУРС в котором не предусмотрено использование оптических кабелей в новой схеме ГЗС оставлены проводные входы управления. Для переключения входов управления используется сигнал Кл. Входной проводной разъем выполнен таким образом, что при подключении к нему проводной линии управления, мультиплексор MUX отключает оптические приемники OR1–OR3 и подключает выходы оптопар ГР1–ГР3. При отключении проводного кабеля управления, на выход схемы проходят сигналы с выходов оптических приемников OR1-OR3.

Входная согласующая плата ГСЗ, как и в предыдущем варианте имеет схему защиты силовых ключей (СЗ). Логика работы СЗ заключается в исключении ситуации одновременной установки на линиях управления MNG1 и MNG2 уровня логической единицы. Такое может

случиться при неисправности БУРС или при повреждении кабеля управления. При этом может произойти повреждение силовых ключей, драйверов управления силовыми ключами (ДУСК) и аккумуляторов силового питания.

После установки волоконно-оптической системы проверялось функционирование ЭРК ШПС в лабораторных условиях при использовании двух линий управления, проводного кабеля и оптической линии связи. Далее проводились полевые испытания ГЗС в составе ЭРК ШПС, в ходе которых использовались оптические линии управления. При всех испытаниях сбоев в работе комплекса выявлено не было.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме НИР «Разработка аппаратно-программных средств и основ технологии электромагнитного мониторинга геодинамических процессов в сейсмоактивных зонах и оценки их опасностей», регистрационный номер АААА-А19-119020190065-6.

Литература

1. Ильичев П.В., Бобровский В.В. Применение шумоподобных сигналов в системах активной геоэлектроразведки (результаты математического моделирования и полевого эксперимента) // Сейсмические приборы. 2014. Т. 50. № 2. С. 5-19.
2. Каменецкий Ф.М. Электромагнитные геофизические исследования методом переходных процессов. М.: ГЕОС. 1997. 162 с.
3. Электронный ресурс: Волоконно-оптические линии связи, http://static.scbist.com/scb/uploaded/1_1391236138.doc, (дата последнего посещения 20.02.2019).
4. Электронный ресурс: Broadcom (HFBR-EUS100Z), https://www.broadcom.com/products/fiber-optic-modules-components/industrial/eval-kits-accessories/cables/hfbr-eus100z, (дата последнего посещения 20.02.2019).

УДК 551.24

ОСОБЕННОСТИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ТЕРРИТОРИИ СРЕДИННОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

Малосиева М.Т.
malosieva.rita@mail.ru
Институт сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики,
г. Бишкек, Кыргызская Республика

В статье приведены результаты исследования геофизических полей территории Срединного Тянь-Шаня. Составлены и проанализированы карты аномальных магнитного (ΔT)а и гравитационного (Δg)а полей в масштабе 1:1 000 000. Нанесены основные разломы и выявлены главные аномалии. Отмечены особенности рельефа поверхности Мохо на изучаемой территории.

Ключевые слова: аномальное магнитное поле, аномальное гравитационное поле, разломы, аномалии, поверхность Мохо.

Для исследования особенностей геофизических полей территории Срединного Тянь-Шаня ($\varphi = 40^0 00' – 42^0 00'$ N, $\lambda = 74^0 00' - 80^0 00'$ E) составлены: карта аномального магнитного поля (ΔT)а и карта гравитационного поля (Δg)а в редукции Буге. На рисунке 1 приведена карта аномального магнитного поля (ΔT)а изучаемой территории, построенная на основе схематической карты аномального магнитного поля СССР масштаба 1:1 000 000 [1]. На карту нанесены известные региональные разломы.

Как видно, здесь аномальное магнитное поле сложное по своему характеру. В целом, оно слабое, с интенсивностью от «-» 1.0 мэ до «+» 1.0 мэ, на фоне которого выделяются также незначительные магнитные аномалии обоих знаков от «-» 3.0 мэ до «+» 4.0 мэ. И тем не менее, характер магнитного поля четко отражает разломы по тем или иным признакам [2]. Так, разлом Кетмень-Тюбинский (1) трассируется двумя положительными аномалиями интенсивностью «+» 2.0 мэ (координаты центра первой аномалии 41°50' N, 74°05'E) и «+» 3.0 мэ (координаты центра второй аномалии 41°55'N, 74°40'E), изодинамы которых вытянуты вдоль простирания указанного разлома. Разлом «Линия Николаева» (2) трассируется чередованием аномалий как положительного знака до «+» 4.0 мэ, так и отрицательного до «-» 2.0 мэ на фоне слабого отрицательного аномального магнитного поля интенсивностью до «-» 1.0 мэ. Наиболее значительная магнитная аномалия на «Линии Николаева» расположена в западной части разлома (координаты центра аномалии 41°09' N, 75°28'E). Она характеризуется вытянутыми вдоль разлома изодинамами с максимальной амплитудой до «+» 4.0 мэ. Аномалия вызвана, по-видимому, внедрением интрузивного тела трещинного типа, представленной породами основного состава (гранодиоритами и габбро-диоритами). Аномальное магнитное поле, где располагается Северо-Нарынский (3) разлом, слабое, отрицательное, с интенсивностью от «-» 0.25 мэ до «-» 0.5 мэ. Оно, скорее всего, определяется наличием здесь мощного осадочного комплекса немагнитных пород. Расположенный несколько южнее Центрально-Нарынский (4) разлом, четко проявляющийся в широтном направлении от меридиана 75°45'E до меридиана 76°30'E, имеет по магнитным данным свое продолжение в юго-западном направлении. Эта скрытая под рыхлыми отложениями часть Центрально-Нарынского (4) разлома трассируется на фоне слабого аномального магнитного поля положительного знака двумя следующими друг за другом положительными аномалиями: первая (координаты центра аномалии 41°01' N, 79°30'E) и вторая (координаты центра аномалии 41°08' N, 75°00'E) с интенсивностью «+» 2.0 мэ до «+» 1.5 мэ соответственно.

Южнее Центрально-Нарынского разлома, вплоть до Атбашы-Инильчекского разлома, аномальное магнитное поле отрицательное с серией отдельных незначительных по площади

положительных аномалий и носит мозаичный характер. И только между разломами Атбашы-Инылъчекским (5) и Южно-Атбашынским (Аксайским) (7) наблюдается значительная по протяженности (до 80 км) отрицательная магнитная аномалия северо-восточного направления интенсивностью до «-» 3.0 мэ. Аномалии, вероятно, обусловлены наличием здесь мощного осадочного комплекса немагнитных горных пород. Южнее Южно-Атбашынского (Аксайского) (7) разлома аномальное магнитное поле слабое, отрицательного знака интенсивностью от «-» 0.25 мэ до «-» 1.0 мэ. Северо-Кокшаальский (8) разлом, который здесь расположен, не отмечается какими-либо отличительными особенностями в характере аномального магнитного поля.

На рисунке 2 приведена карта аномального гравитационного поля (Δg)а изучаемой территории, построенной на основе материалов наземной [3] и космической [4] съемок масштаба 1:1 000 000.

Отметим, что в целом вся изучаемая территория находится в глубоком гравитационном минимуме. Изоаномалы гравитационного поля изменяются по номиналам от «-» 170 мГал до «-» 340 мГал.

Как видно из карты (рисунок 2), аномальное гравитационное поле носит сложный характер. В южной части исследуемой территории вплоть до Северо-Кокшаальского разлома аномальное гравитационное поле спокойное. Оно монотонно уменьшается в северном направлении от «-» 170 мГал до «-» 310 мГал. Изоаномалы гравитационного поля плавные, имеют северо-восточное направление и практически параллельны друг другу. В северо-западной части территории, начиная от Северо-Кокшаальского (8) разлома вплоть до «Линии Николаева», характер гравитационного поля резко меняется. Гравитационное поле состоит здесь из серии изолированных аномалий разной формы и интенсивности, хотя тенденция к их северо-восточному направлению сохраняется.

Вызывает особый интерес локальная Атбашынская гравитационная аномалия (координаты центра 41°10'N, 75°45'E). Максимальная интенсивность Атбашынской аномалии «-» 330 мГал. Она четко оконтуривается изоаномалой с номиналом «-» 310 мГал, вытянута в северо-восточном направлении вдоль Атбашы-Инылъчекского разлома на расстояние до ~ 80 км при ширине в центральной части ~ 18 км, что соответствует признакам отражения разломов в аномальном гравитационном поле [5].

Вторая – Кара-Сайская гравитационная аномалия, также располагается на Атбашы-Инылъчекском разломе, в его восточной части (координаты центра аномалии 41°35'N, 77°50'E). Аномалия характерна наличием глубокого минимума номиналом «-» 340 мГал. Она четко оконтуривается изоаномалой номиналом «-» 310 мГал, причем изоаномалы линейно вытянуты вдоль разлома примерно на 75 км.

Известно, что изменения аномального гравитационного поля в редукции Буге обусловлены особенностями рельефа поверхности Мохо [6, 7], то есть изменения глубин поверхности Мохо соответствуют изменениям гравитационного поля. В нашем случае, судя по величинам и характеру гравитационного поля в юго-восточной части исследуемой территории, глубина поверхности Мохо увеличивается в виде пологого уступа от «-» 53 км (гравитационное поле «-» 170 мГал) (район Таримской впадины) до «-» 63 км (гравитационное поле «-» 280 мГал - «-» 300 мГал) (район территориального расположения Северо-Кокшаальского разлома).

В северо-западной части исследуемой территории, где гравитационное поле носит мозаичный характер, характеризуясь чередованием незначительных по размерам, часто изометрических по форме аномалий интенсивностью от «-» 250 мГал до «-» 300 мГал, глубины поверхности Мохо образуют соответствующую мозаику из впадин и поднятий в пределах от «-» 60 км до «-» 63 км. Наибольшие глубины отмечаются в районе Атбашынской аномалии до «-» 65 км и в районе Кара-Суйской аномалии до «-» 67 км.

Таким образом, показано, что наибольшее углубление поверхности Мохо отмечается в центральной части изучаемой территории.

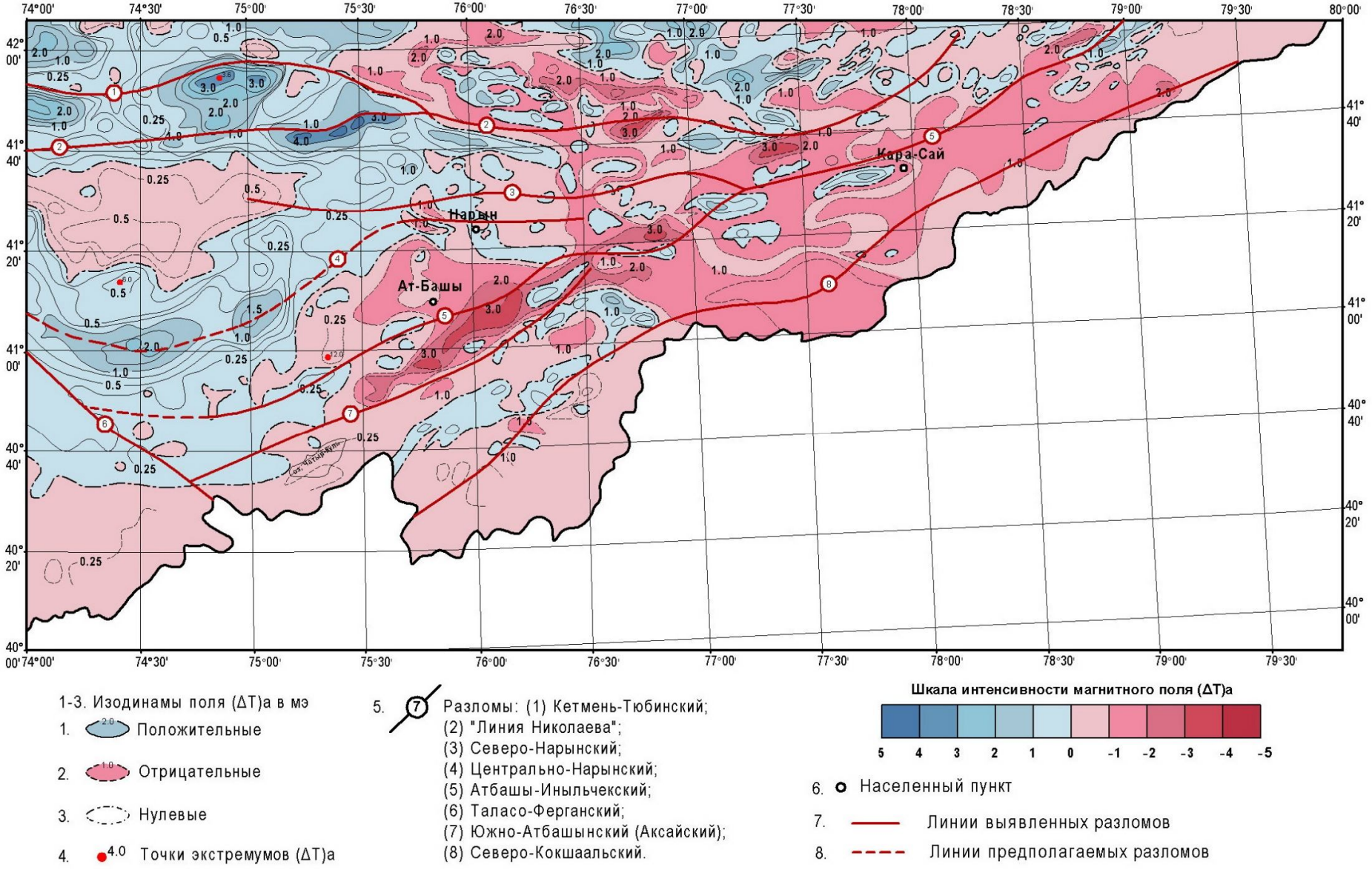


Рисунок 1 - Карта аномального магнитного поля (ΔT)a района исследования масштаба 1:1 000 000

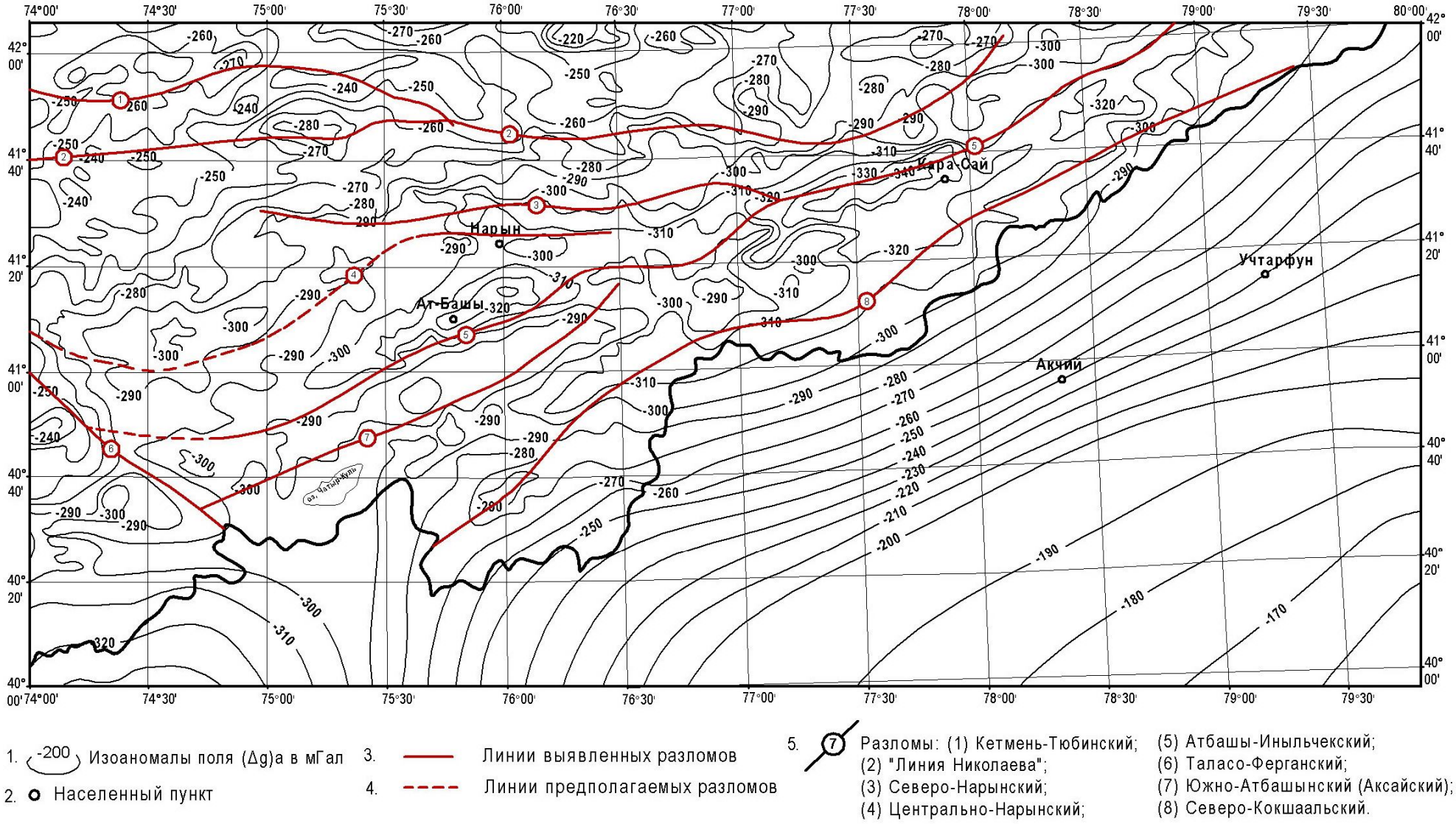


Рисунок 2 - Карта аномального гравитационного поля (Δg)а района исследования масштаба 1:1 000 000

В итоге проведенный анализ карты аномального магнитного поля (ΔT)а показал, что в целом изучаемая территория характеризуется слабым магнитным полем с отдельными локальными аномалиями как положительного, так и отрицательного знака, которые, как правило, приурочены к региональным разломам. Положительные аномалии обусловлены внедрением в земную кору тел, породы которых представлены гранодиоритами и габбро-диоритами. Отрицательные аномалии обусловлены наличием мощного комплекса осадочных немагнитных пород. Анализ карты аномального гравитационного поля (Δg) выявил спокойный характер поля юго-восточной части изучаемой территории и сложную мозаику отдельных изолированных аномалий в северо-западной части. Также было показано, что региональные разломы четко картируются в соответствии с признаками отражений их как в магнитном, так и в гравитационном полях. С помощью корреляционной зависимости между величинами аномального гравитационного поля и глубинами залегания поверхности Мохо было выявлено, что названная поверхность монотонно углубляется с юга на север.

Литература

1. Схематическая карта аномального магнитного поля СССР (листы К-43 и К-44) 1:1000000 масштаба. Управление геологии Киргизской ССР. 1987.
2. Погребной В.Н., Гребенникова В.В., Першина Е.В. Результаты интерпретации локальных (остаточных) аномалий (ΔT)а поля Кочкорского участка Северного Тянь-Шаня // Вестник Института сейсмологии НАН КР. 2013. № 2. С. 100-105 (http://www.jornal.seismo.kg).
3. Карта-схема аномального гравитационного поля (Δg)а в редукции Буге 1:1000000 масштаба. Составлена по материалам Госгеолагентства КР.
4. NASA global detailed gravimetric geoid based upon 2 combinations of the G.S.F.C. GEM 10 Earth model and 1x1 surface gravity data // Greenbelt (Md). NASA-Goddard Space Flight Center. 1977. № 20771.
5. Погребной В.Н., Гребенникова В.В. Выявление основных признаков отражения глубинных и сейсмоактивных разломов в гравитационном (Δg)а поле // Геодинамика, оруденение и геоэкологические проблемы Тянь-Шаня. Материалы междунар. конф., посвященной 70-летию Института геологии НАН КР. Бишкек: Илим. 2013. С. 172-178.
6. Белявский Н.А. Строение земной коры континентов по геолого-геофизическим данным. М.: Недра. 1981. 432 с.
7. Федынский В.В. Разведочная геофизика. М.: Недра. 1967. 672 с.

УДК 550.8+551.243+553.9

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ РЕШЕНИИ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ ЗАДАЧ НА ПЛОЩАДИ АВВАЛ ФЕРГАНСКОЙ ВПАДИНЫ

Мамадалиев Б.М.[1], Дононов Ж.У.[2]
umrah@mail.ru, jasurdononov@mail.ru
[1]Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, Республика Узбекистан
[2] Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Республика Узбекистан

Работа посвящена проблеме изучения структуры нефтегазоносных районов и выявления локальных ловушек залежей нефти и газа по материалам геофизических исследований. На примере Южного борта Ферганской впадины приводится описание отдельных результатов применения сейсморазведки.

Ключевые слова: нефтегазоносность, структура осадочной толщи, сейсморазведка, временной разрез, месторождения нефти и газа, Ферганская впадина.

Ферганская впадина находится между крупными горными сооружениями Тянь-Шаня - Туркестано-Алайской и Чаткало-Кураминской системами. В неотектоническом плане впадина относится к орогенной области и характеризуется высокой контрастностью новейших тектонических движений. Горные поднятия вокруг впадины имеют отметки до 4-4,5 км, а отложения палеогеновых пород имеют местами глубины порядка до 6-7 км. Общий суммарный размах новейших движений составляет около 10-11 км. Поиски и разведка залежей нефти и газа в этом регионе позволили открыть здесь большое число месторождений. Несмотря на то, что на поисково-разведочные работы затрачиваются огромные средства, открытие новых месторождений значительно сократилось. Возможной причиной этому может быть неэффективное использование геофизических методов. Задачей настоящей работы является анализ состояния использования их на примере площади Аввал и приграничных районов Южного борта Ферганской впадины. Данная площадь является составной частью Кызыларча-Аввальского поднятия, которая входит в состав Ханкызской группы складок Южной Ферганы. Здесь выявлены локальные структуры и открыты месторождения Ханкыз, Кашкаркир, Аввал, Восточный Аввал, Центральный Аввал и др (рис.1). Необходимость расширения геофизических исследований определяется тем, что часто дорогостоящие скважины оказываются «пустыми».

В истории освоения нефтегазоносного потенциала впадины известно большое число отрицательных результатов бурения. Из краткой исторической сводки Г.С. Абдуллаева и др [1] видно, что таких случаев в истории поисково-разведочных работ региона множество. В 1950-1951 гг. на площади Акпилял было пробурено пять глубоких скважин, которые установили северное моноклинальное падение палеоген-меловых отложений и испытание в них перспективных горизонтов дало отрицательные результаты. В 1955-1956 гг. на Кызыларчинской площади пробурено 23 структурные скважины, на основе которых было уточнено глубинное строение структуры под поверхностью предбактрийского среза [1]. В 1958-1959 гг. в предполагаемом своде на этой же площади пробурена скважина 1-Ю, в которой испытания четырех интервалов в палеозое, семи - в юре, двух - в нижний мелу показали отрицательные результаты. В 1971 г. пробурена скважина 8, где испытание кровельной части палеозоя и семи объектов в разрезе юры дало отрицательные результаты. В 2001-2002 гг. в своде Кызыларчинской структуры пробурена скважина 9, в которой испытания четырех объектов в палеозое, двух - в юре и одного - в подошве мела также дали отрицательные

результаты. В 2002 г. по рекомендации А. А. Абидова и др. на площади Акпилял заложена поисковая скважина 8 с вскрытием VIII горизонта палеогена (632 м), в которой по заключению ГИС палеогеновые пласты оценены как водонасыщенные [1,2]. При таких результатах требовалось расширение использования геофизических методов. К этому времени относится и начало применения трёхмерной сейсморазведки [3,4]. Благодаря расширению геофизических исследований в пределах Южного борта установлено более 100 локальных складок, в 32-х из них выявлены месторождения нефти и газа, что составляет около 62 % от общего числа месторождений Ферганской впадины. Вместе с тем, случаи отрицательных результатов бурения повторяются. Для решения этой проблемы благодаря научным исследованиям коллектива ИГИРНИГМ совместно с сотрудниками АО «Узбекгеофизика» стали внедряться нетрадиционные методы поисков нефти и газа, основанные на микстгенетической концепции синтеза УВ [6], а также расширилось комплексное применение геофизических методов [7].

Развитие геофизических методов позволяет не только повысить точность определения мест их заложения, но и осуществлять прямые поиски с определением наличия продукта. К таким методам относятся высокоточная сейсморазведка, высокоточная модификация электроразведки методом МТЗ, высокоточная гравиразведка и др. Имеются примеры эффективного применение этих методов вместе с геотермическими и геохимическими наблюдениями [6, 8].

Полевыми экспедициями АО «Узбекгеофизика» в Ферганской впадине проводятся целенаправленные поисково-разведочные работы на нефть и газ согласно геологическим заданиям. Здесь силами Аввальской сесмической партии (с/п) были выполнены исследования структуры палеогеновых отложений и других горизонтов на площадях Аввал, Кашкаркир, Ханкыз, Капчагай. Сейсморазведочные наблюдения выполнялись с целью изучения структурных особенностей палеогеновых отложений, уточнения и выявления перспективных локальных структур.

В Южном борту на основе детальных исследований были открыты месторождения в палеогеновых отложениях представленные, в большинстве случаев, нефтяными залежами, в отдельных случаях нефтяными залежами с газовыми шапками и чисто газовыми залежами. В южном борту к ним относятся месторождения (рис.1):

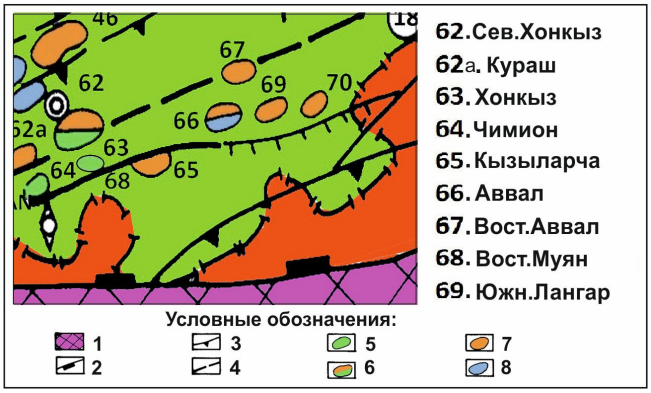


Рисунок 1 – Схема расположения месторождений и локальных объектов исследований центральной части Южного борта Ферганской впадины (1 – выходы на дневную поверхность палеозойского фундамента, 2 – главнейшие разломы (Южно-Ферганский), ограничивающие впадину и горные сооружения, 3 – разломы, ограничивающие крупные структурные элементы, 4 – разрывные нарушения. Месторождения: 5 – нефтяные, 6 – газовые. Локальные объекты: 7 – установленные, 8 – подготовленные)

с нефтяными залежами – Ханкыз (горизонты III, VII), Аввал и Восточный Аввал (V), Чимион (IV, V), Палванташ (III, IV, VI), Андижан (V, VI, VII), Шарихан-Ходжиабад (III, V, VI, VII); нефтяные с газовой шапкой – Андижан (горизонт III), Палванташ (V, VII, VIII), Шарихан-Ходжиабад (VIII); чисто газовые – Хартум (VII)

Сейсмогеологические условия Южного борта Ферганской впадины, и в частности Кызыларча-Аввальской площади характеризуются сложным волновым полем. Однако опыт проведения сейсморазведочных работ (МОГТ2D и МОГ3D) в соседних площадях показывает возможность решения задач по уточнению структуры перспективных горизонтов для определения мест заложения поисковых скважин. В районе восточнее от описываемой площади (Варык-Шорсинская группа складок) отмечаются поля отсутствия отражений вблизи разрывных нарушений. Эта картина наблюдается и на пл. Ханкыз, в сводовой части складки. Анализ материалов позволил группе специалистов АО «Узбекгеофизика» (Р.Р. Девятов и др.) установить необходимые параметры фильтрации помех на основе выявления причин ухудшения информативности разрезов. Основными причинами являются здесь как внешние (влияние резкопересеченного рельефа, строение ЗМС), так и глубинные факторы, в частности, обилие флексурно-разрывных дислокаций и, связанных с ними зон разуплотнения. Сочетание локальных структурных осложнений с разрывными нарушениями благоприятствуют формированию тектонически экранированных ловушек. Однако их выделение связано с технологическими трудностями обработки и интерпретации материалов для получения более точных данных. Тем не менее, полученные материалы для более глубокой части разреза (на временах от 1 до 3,5 с) показывают, что отражающие границы отбиваются не только при определённых параметрах сети наблюдений, но и при соответствующей подготовке материалов на основе различной фильтрации волн помех. В качестве примера более или менее четкого отображения в материалах сейсморазведки отражающего горизонта антиклинальных ловушек простого и осложненного нарушением типа можно показать разрез площади Хонкыз (рис.2) со сходными с площадью Аввал структурными условиями.

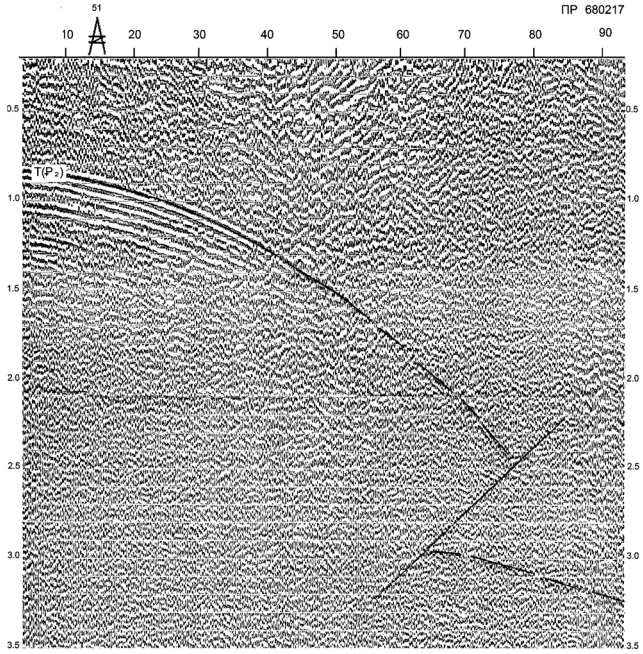


Рисунок 2 – Временной разрез по профилю ПР680217 на площади Хонкыз Кызыларча-Аввальской группы складок Южного борта Ферганской впадины (по материалам АО «Узбекгеофизика»)

В последние 5-8 лет наблюдается отработанная система геофизических наблюдений и оперативной обработки полевого материала. Большой объём материалов поступает в Производственную геолого-методическую партию (ПГМП) АО «Узбекгеофизика», где производится поэтапная обработка материалов. Следует отметить, что здесь до недавнего времени использовался аппаратно-программный комплекс (АПК) “Geovecteur Plus” и затем “GeoClacteur Plus”. К настоящему времени осуществляется переход на новый уровень

обработки и интерпретации материалов на основе современных технологических разработок (Sclumberger:Petrel и др).

Важно отметить, что наряду с сейсморазведочными работами проводятся немалые объёмы электроразведочных работ. Целевая направленность и решаемые задачи имеют широкий спектр – от изучения регионального глубинного строения, до непосредственного прямого поиска залежей УВ (Юлдашев Г. и др.). При выполнении электроразведочных наблюдений широко внедряются новейшие технологически разработки канадской фирмы Phoenix (аппаратурный и программный комплексы на базе System). Поэтому перспективной задачей ближайших лет является с одной стороны развитие методов 3D сейсморазведки с применением в комплексе с высокоточной электроразведкой и гравиразведкой, с другой, необходимость повторной обработки и переинтерпретации имеющихся геофизических материалов на основе новых программно-аппаратных комплексов.

Таким образом, применение методов 2D и 3D сейсморазведки в сложных тектонических условиях южного борта Ферганской впадины показывает возможность получения более точных изображений резервуаров и количественных данных особенностей строения ловушек, коллекторских свойств и содержания в них УВ. Главным преимуществом этих исследований является возможность разработки более информативной трёхмерной модели изучаемого объекта.

Литература

1. Абдуллаев Г.С., Педдер Ю.Г., Гадоев А.И. Перспективы Кызыларча-Аввальского поднятия на обнаружение тектонически и стратиграфически экранированных залежей углеводородов // Узбекский журнал нефти и газа. 2012. № 3. С.23-26.
2. Закиров А.А. Уточнение геологической модели месторождения Восточный Авваль // Узбекский журнал нефти и газа. 2002. № 4. С. 11-14.
3. Бабаджанов Т.Л., Маметов К.М., Зуннунов Ф.Х. Объёмная сейсморазведка в Узбекистане // Геология и минеральные ресурсы. Ташкент. 2004. № 5. С. 35-40.
4. Маметов К.М. К вопросу интеграции методологии трёхмерной сейсморазведки с другими геолого-геофизическими методами // Neft va Gaz. Ташкент. 2006. № 6.
5. Ферганская нефтегазоносная область // Нефтяные и газовые месторождения Средней Азии / Под ред. Г.Х. Дикенштейна. М.: Недра. 1965. С. 327-411.
6. Абдулаев Г.С., Долгополов Ф.Г. Геодинамика и нефтегазоносность литосферных блоков Узбекистана. Ташкент: УзНИО НГП. 2016. 362 с.
7. Юлдашев Г.Ю., Сорокотяга Л.П. Пути повышения эффективности электроразведочных работ при прогнозировании продуктивности выявленных и поиска новых перспективных объектов на восточной части Ферганской впадины // Вестник Национального университета (НУУз) (ЎзМУ Хабарлари).Ташкент. 2015. № 3/1. С. 134-141.
8. Umurzakov, R. , Abidov, H. and Yuldashev, G. (2017) Geologic-Geophysical Indicators of the Deep Structure of Zones of Geothermal Anomalies for Allocation of Channels of the Deep Heat and Mass Transfer. Open Journal of Geology, 7, 1452-1463. doi: 10.4236/ojg.2017.79097. http://www.scirp.org/journal/ojg/

УДК 550.34.034+550.34.052

АВТОМАТИЗАЦИЯ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ЧАСТОТНОГО СОСТАВА СЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА, РЕГИСТРИРУЕМОГО СЕТЬЮ KNET

Мансуров А.Н.
sur@gdirc.ru
Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

В работе приведено описание методики расчета плотности спектра мощности сейсмического сигнала и изложены аспекты применения этой методики к данным сети KNET. Приведен пример интерпретации полученных результатов.

Ключевые слова:плотность спектра мощности, сейсмический сигнал, KNET, методика, алгоритм.

Введение. Киргизская сейсмологическая сеть KNET была установлена в августе-сентябре 1991 года в результате совместных усилий ряда научных организаций из США и СССР. Станции сети оборудованы широкополосными сейсмографами с цифровой регистрацией сигнала, что было близко к наилучшим технологиям на момент создания сети и позволяет использовать весь массив данных сети в сейсмологических исследованиях по актуальным на сегодняшний день методикам. Важной особенностью сети является то, что сейсмографы установлены на скальных породах далеко от крупных водоемов и индустриальных комплексов. Благодаря этому принято утверждать, что некоторые сейсмические станции сети являются одними из наименее шумных в мире [1]. При этом на данных момент не проводилось крупномасштабных исследований, позволяющих строго обосновать такое утверждение.

В данной работе изложены технологические аспекты исследования частотного состава, регистрируемого сетью KNET сейсмического шума и его вариаций во времени.

Методика анализа частотного состава сейсмограмм. Частотный состав сейсмического шума изучался путем построения плотности спектра мощности (ПСМ) сигнала для всех трех измеряемых компонент (E, N, Z). Суть этой методики, подробно описанной в [2], состоит в следующем:

1. Формируется набор исследуемых сегментов записи сейсмического сигнала.
2. Для каждого рассматриваемого сегмента вычисляется спектр мощности.
3. Для всего набора исследуемых сегментов выбирается несколько (порядка сотни) узловых значений частоты и каждый спектр мощности дискретизируется к этим значениям частоты со сглаживанием.
4. Также для всего набора данных выбирается несколько (порядка сотни) диапазонов значений мощности и строится **матрица плотности спектра мощности**, в которой каждый столбец соответствует частоте, а каждая строка – диапазону значений мощности. Значение каждого элемента матрицы рассчитывается как отношение количества сегментов, для которых на данной частоте значение спектра мощности попадает в данный диапазон, к общему количеству рассматриваемых сегментов.
5. Полученные матрицы спектров мощности визуализируются в виде тепловых карт (англ. *heatmap*).

Данная методика реализована, в частности, в библиотеке *obspy* [3], предназначенной для обработки и анализа сейсмологических данных.

Подготовка исходных данных. В качестве исходных данных исследования использовались фрагменты записей волновых форм сейсмического сигнала длительностью 15 минут (900 секунд) с максимальной доступной *KNET* частотой дискретизации (100 Гц). Это позволило с достаточной достоверностью получать спектры записанного станциями сигнала в диапазоне от 0,01 до 50 Гц, что полностью перекрывает полосу плоской частотной характеристики сейсмодатчика *STS-2* (0,01-10 Гц) и полосу 10-40 Гц, в которой нелинейность АЧХ датчика (относительное усиление сигнала и сдвиг по фазе) исправляется фильтрами [4].

Чтобы исследовать изменение частотного состава шума в зависимости от времени суток, сезона и с годами работы сети, из всего массива записей *KNET* были выбраны фрагменты, начинающиеся в 00, 06, 12 и 18 часов UTC каждого дня каждого из четырех месяцев – марта, июня, сентября и декабря за все годы с марта 1999 по июнь 2017. Для каждого такого отрезка времени выбирались данные по трем каналам (*HHE* – запад-восток, *HHN* – юг-север и *HHZ* – надир-зенит) по каждой из десяти станций (*AAK* – Ала-Арча, *AML* – Алмалы-Ашуу, *CHM* – Чумыш, *EKS2* – Эркин-Сай, *KBK* – Карагай-Булак, *KZA* – Кызарт, *TKM2* – Токмак, *UCH* – Уч-Тёр, *ULHL* – Улахол и *USP* – Успеновка).

Каждый фрагмент записи был извлечен в отдельный файл формата *miniSEED*, содержащий запись одного канала одной станции. С учетом того, что доступность данных наблюдений сети в среднем составляет 98-99%, всего было сформировано около 240000 таких файлов, для которых данные доступны без прорех на всей длине временного отрезка.

Так как объектом исследования был выбран сейсмический шум, регистрируемый сетью KNET, необходимо было исключить из рассмотрения записи, содержащие землетрясения, и записи, содержащие сильные помехи. Такой отбор правомочен и необходим в том смысле, что при любом качественном исследовании на основе записей сейсмического сигнала исходные волновые формы просматриваются и исключаются заметные помехи, а при исследованиях на основе шума исключаются также землетрясения и микросейсмы.

Для осуществления такого отбора волновые формы всех фрагментов были графических изображены и сохранены в файлы формата PNG. Средствами веб-программирования был подготовлен инструмент для их просмотра, который отображал одновременно записи всех каналов всех станций для одного временного отрезка. Инструмент позволял одним кликом мышки переключать просматриваемый отрезок, добавлять в список исключаемых данных все записи данного отрезка либо записи только по одной или нескольким станциям.

В результате тщательного просмотра записей было отобрано 55500 mseed-файлов, которые были затем использованы для построения распределений плотности спектра мощности.

Алгоритм обработки данных и его реализация на языке Python. Как было сказано выше, в данной работе была использована библиотека obspy, предоставляющая класс *obspy.signal.spectral_estimation.PPSD*, реализующий методику частотного анализа. Была написана программа на языке Python, применяющая этот класс к имеющимся mseed-файлам для расчета плотности спектра мощности и его построения тепловых карт.

Для того чтобы исследовать изменение частотного состава сейсмического шума в зависимости от времени суток, времени года и с годами работы сети KNET, было решено сформировать несколько выборок временных отрезков записи сейсмического сигнала и строить распределения плотности спектра мощности для каждой выборки отдельно. В частности, были сформированы выборки, включающие:

- Все подлежащие обработке записи (по данной станции и каналу);
- Все записи, сделанные в определенное время суток (00, 06, 12 или 18 часов UTC);
- Все записи, сделанные в определенный месяц всех лет (март, июнь, сентябрь или декабрь);
- Все записи, сделанные в определенный год (с 1999 по 2017);
- Все записи, сделанные в определенный месяц определенного года.

Таким образом, данные из каждого mseed-файла попадали сразу в пять выборок. Каждой выборке присваивалось имя, состоящее из латинских символов, цифр и знаков

препинания. Например, отрезок записи канала *HHE* (запад-восток) станции *AML* с 06:00 по 06:15 UTC 5 сентября 2012 года попадал в выборки «AML.HHE.all», «AML.HHE.hour-6», «AML.HHE.mon-9», «AML.HHN.year-2012» и «AML.HHN.year-2012_mon-9.png». Включение в имя каждой выборки названия станции и канала обеспечивало раздельный анализ каждого канала каждой станции.

В итоге программа для расчета плотности спектра мощности работала по следующему алгоритму:

1. получить список mseed-файлов, подлежащих обработке;
2. для каждого mseed-файла:
   a. прочитать его содержимое при помощи библиотекой obspy;
   b. для каждой волновой формы в файле (в данной работе каждый файл содержал ровно одну волновую форму):
      i. определить имена выборок, в которые должна попасть данная волновая форма по ее метаданным (станция, канал, время начала записи);
      ii. для каждой выборки:
         1. найти объект класса *obspy.signal.spectral_estimation.PPSD* в ассоциативном массиве по названию выборки, если объект для этой выборки еще не создан, то создать его и поместить в ассоциативный массив;
         2. добавить волновую форму в набор данных этого объекта;
3. Посредством метода класса *obspy.signal.spectral_estimation.PPSD* сохранить в формат *NumPyZipped* данные каждого объекта этого класса, созданного и заполненного в процессе обработки (на тот случай, если в будущем захочется графически изобразить эти данные другим способом);
4. Посредством метода класса *obspy.signal.spectral_estimation.PPSD* построить тепловую карту плотности спектра мощности по данным каждого объекта этого класса.

Так как расчет спектров мощности 55500 фрагментов волновых форм длиной 90000 отсчетов каждый занимает существенное количество времени, актуальной являлась задача распараллеливания этих вычислений. Для того список *mseed*-файлов разбивался на части, в каждую из которых входили данные с одной из станций сети *KNET*. Затем для каждой из этих частей 2-й шаг вышеприведенного алгоритма выполнялся в отдельном процессе при помощи стандартного модуля *multiprocessing*. Так как никакая выборка не могла содержать данных разных станций, проблемы объединения результатов обработки не возникало. Передача списка *mseed*-файлов осуществлялась посредством аргумента *args* конструктора класса *multiprocessing.Process*, а возврат ассоциативного массива объектов класса *obspy.signal.spectral_estimation.PPSD* в главный процесс – с использованием класса *multiprocessing.Queue*. Аналогичным образом был распараллелен процесс визуализации результатов.

Для улучшения внешнего вида графических построений был переопределен метод *plot* класса *obspy.signal.spectral_estimation.PPSD* при помощи наследования от этого класса. Код переопределенного метода основан на коде оригинального метода, после чего были внесены небольшие изменения.

Примеры результатов. В итоге для каждой выборки, к которой имелись входные данные, было построено графическое изображение плотности спектра мощности сейсмического сигнала, всего 2760 изображений. Публикация и интерпретация всех полученных результатов лежат за рамками тематики данной работы. Примеры полученных изображений показаны на рисунках 1 и 2. Кроме плотности спектра мощности исследуемых выборок на рисунки вынесены кривые моделей высокого и низкого уровня шума из работы [5].

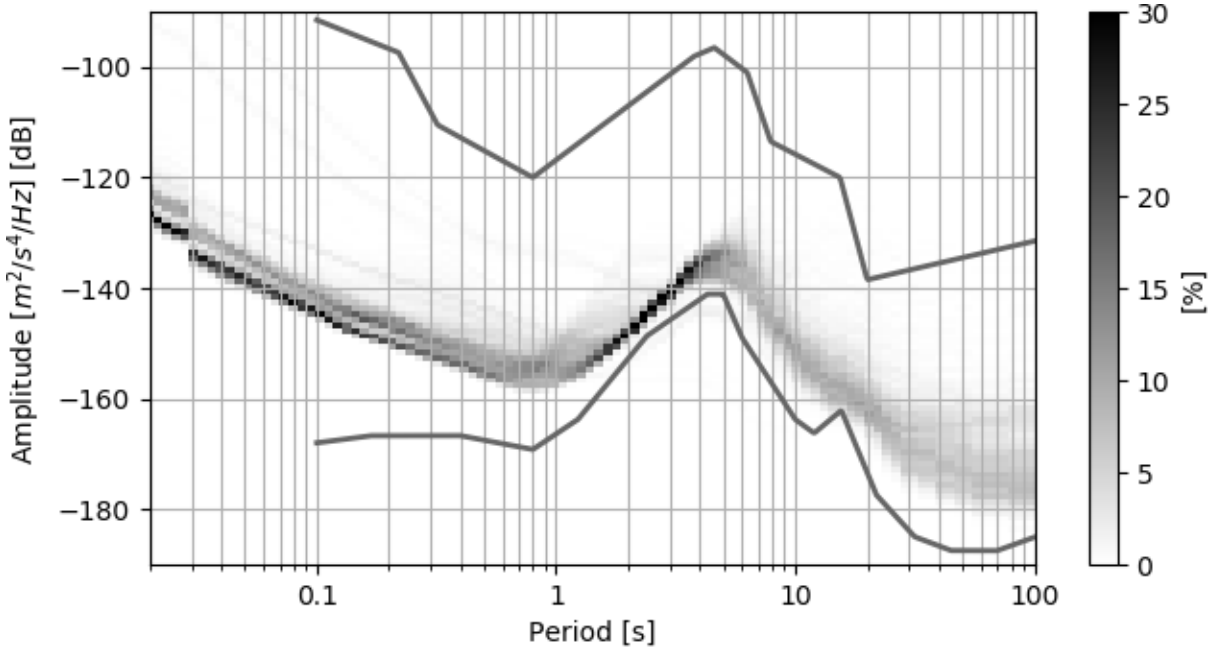


Рисунок 1 – Плотность спектра мощности канала HHZ станции AML по всем исследованным временным отрезкам

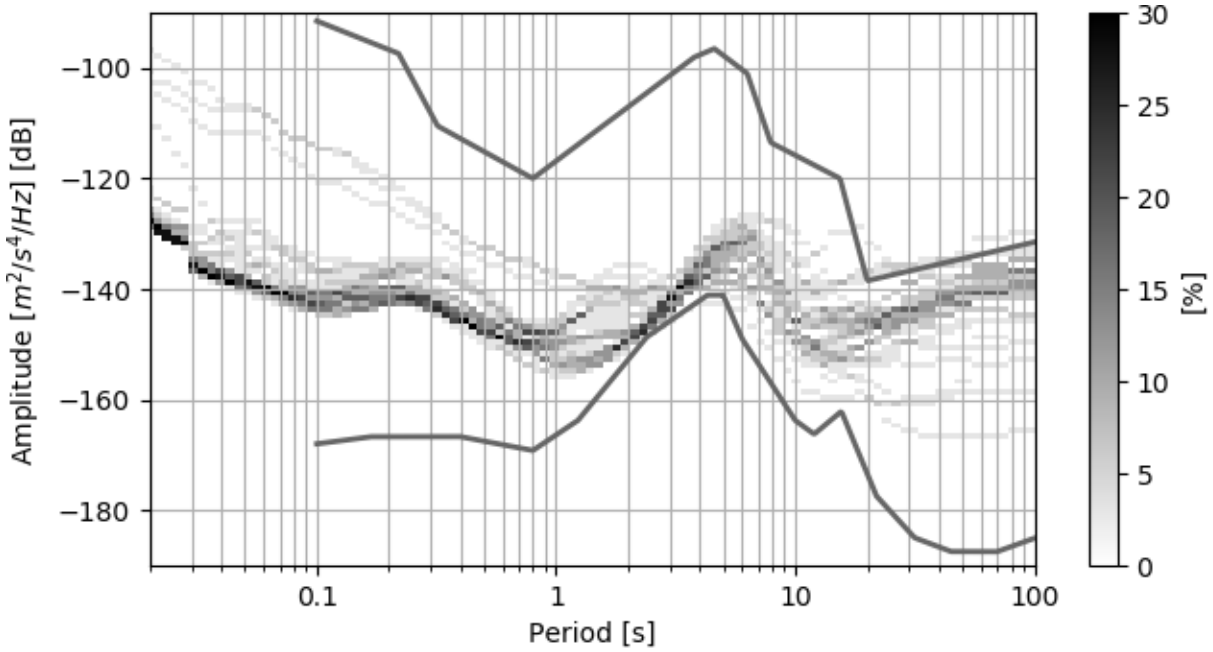


Рисунок 2 – Плотность спектра мощности канала HHE станции KBK по всем исследованным временным отрезкам за 2007 год

На рисунках по горизонтальной оси отложен период компонент спектра в логарифмическом масштабе, а по вертикальной оси – мощность в децибелах. Видно, что для канала HHZ станции AML (рисунок 1) видно, что для диапазона периодов 0,02-1 с (частоты 50-1 Гц) мощность большинства спектров равномерно падает с увеличением периода, причем имеются два часто встречающихся вида спектральных кривых в этом диапазоне, разница между ними по мощности составляет около 5 дБ. В диапазоне периодов 1-5 с (частоты 1-0,2 Гц) мощность большинства спектров напротив, падает с ростом периода, причем в диапазоне 2-4 с почти все спектры имеют один и тот же вид. На больших периодах (> 5 с) мощность

снова падает с ростом периода, причем в этом диапазоне имеются существенные отличия в мощности между отдельными обработанными отрезками волновых форм.

На рисунке 2 представлена плотность спектра мощности канала HHE станции KBK по временным отрезкам за 2007 год. Видно, что здесь нет плавных переходов градаций серого цвета, и самый светлый серый хорошо различим на белом фоне и имеет значение около 2,5% по цветовой шкале. Это означает, что в этой выборке было обработано небольшое количество отрезков волновых форм (порядка 100% / 2,5% = 40 штук) и на цветовой карте различимы следы каждого отдельного спектра. Основные отличия ПСМ канала HHE станции KBK от ПСМ канала HHZ станции AML заключаются в том, что на высоких частотах (периоды < 1 с) есть существенная доля спектров с большими значениями мощности шума (что характерно для станции KBK в отдельные промежутки времени) и на больших периодах значения мощности намного больше (это характерное отличие горизонтальных каналов HHE и HHN от вертикального HHZ на всех станциях).

Заключение. В данной работе приведено описание методики расчета плотности спектра мощности сейсмического сигнала и изложены аспекты применения этой методики к данным сети KNET. Приведен пример интерпретации полученных результатов. В целом полученные результаты в настоящее время анализируются и будут опубликованы исследовательской группой в будущем.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю данного исследования – Сычевой Найле Абдулловне. Также данное исследование было бы невозможно без Ильи Владимировича Сычева, который указал, как следует использовать реализацию данной методики в библиотеке obspy и написал первую версию программы на языке Python. Вся исследовательская группа благодарит Гульмиру Кожогулову за проделанную работу по визуальному отбору фрагментов волновых форм для обработки.

Литература

1. Сычева Н.А., Юнга С.Л., Богомолов Л.М., Мухамадиева В.А. Сейсмотектонические деформации земной коры Северного Тянь-Шаня (по данным определений механизмов очагов землетрясений на базе цифровой сейсмической сети KNET) // Физика Земли. 2005. № 11. С. 62–78.
2. McNamara D.E. and Buland R.P. Ambient Noise Levels in the Continental United States // Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 94, No. 4, August 2004. P. 1517–1527. DOI: 10.1785/012003001
3. https://docs.obspy.org/
4. http://www.passcal.nmt.edu/content/instrumentation/sensors/broadband-sensors/sts-2-bb-sensor/ Streckeisen STS-2 Broadband Sensor
5. Peterson J. Observation and modeling of seismic background noise // U. S. Geol. Surv. Open-File Rept. 93–322. 1993. P. 1–95.

УДК 550.837

УЛУЧШЕНИЕ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ И МАГНИТОВАРИАЦИОННЫХ ДАННЫХ

Матюков В.Е.
vitaliy@gdirc.ru
Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

В работе рассматриваются вопросы точности получаемых магнитотеллурических и магнитовариационных данных, проводится оценка уровня шумов, когерентности между компонентами поля, рассчитывается соотношение сигнал/шум и доверительные интервалы получаемых трансформант магнитотеллурического поля.

Ключевые слова: магнитотеллурические данные, трансформанты магнитотеллурического поля, доверительный интервал, когерентность.

В настоящее время Научной станцией РАН на территории Тянь-Шаня осуществляется непрерывный мониторинг широкодиапазонными магнитотеллурическими комплексами Феникс MTU-5 в пунктах Аксу и Чон-Курчак, а также режимный мониторинг (весна-осень) на миниполигоне Кентор (рис. 1).

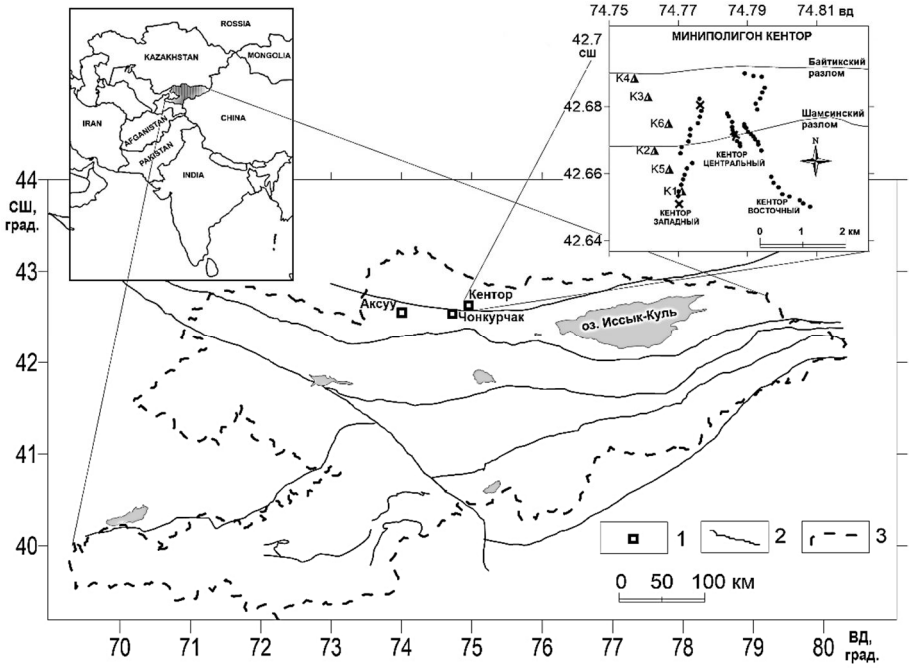


Рисунок 1 – Карта схема расположения пунктов МТ- мониторинга Аксу и Чон-Курчак, а также миниполигона Кентор: 1 – пункты Аксу, Чон-Курчак и миниполигон Кентор; 2- основные разломы; 3 – граница Кыргызстана

Одной из задач при обработке магнитотеллурических и магнитовариационных данных является выделение в полученных сигналах информации о структуре проводимости горных пород в виде набора гладких функций, которые отражают электрические свойства земной коры и верхней мантии. Также производится оценивание уровня шумов, например, когерентности между компонентами МТ-поля, дисперсии параметров и соотношение сигнал/шум, на основе которых производится расчет доверительных интервалов рассчитываемых параметров. Стабильность аппаратурного отклика станций MTU-5 в основном определяет точность определения [1]. На рис. 2 показаны амплитудно-фазовые

частотные характеристики магнитного канала MTU-5 с индукционными датчиками MTC-50.

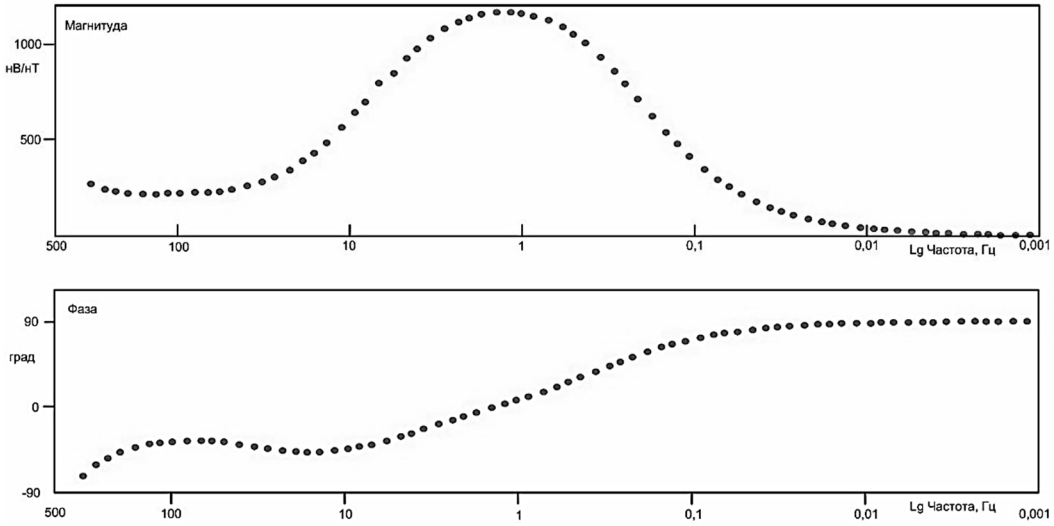


Рисунок 2 – Амплитудно-фазовая частотная характеристика магнитного канала MTU-5D с индукционными датчиками MTC-50 (вверху – амплитуда в усл. ед., внизу – фаза в град)

В настоящее время сотрудниками Научной станции РАН на территории Тянь-Шаня, на основании общепринятой методики проводимых исследований [1], в процессе выполнения МТ-зондирований не реже одного раза в 3 месяца контролируются следующие характеристики измерительной системы: стабильность коэффициента передачи канала и форма амплитудно-фазовой частотной характеристики. Проведенные в разное время калибровки и различные тестовые проверки всех измерительных каналов и датчиков показали высокую стабильность измерительной системы Феникс MTU-5; так изменения параметров аппаратурных характеристик за время проведения этих проверок не превысили 0.2% (Таблица 1).

Известно, что при наличии шумов в измерениях оценки МТ-параметров могут быть значительно смещены [2].

Таблица 1 – Сравнительный анализ амплитудно-фазовых частотных характеристик канала Hx станции MTU-5D Box-1381 на основе двух записей калибровок, выполненных в разное время (интервал времени между рассматриваемыми калибровками составляет два месяца)

Частота (Гц)	Калибровка-1		Калибровка-2		Амплитуда Разность (%)	Фаза Разность (%)
	Амплитуда (в усл. ед)	Фаза (град)	Амплитуда (в усл. ед)	Фаза (град)		
320	0.23779	69.35686	0.23919	-69.35777	0.58813	
120	0.21220	-36.91782	0.21240	-36.99304	0.09609	0.20354
40	0.25566	-38.57438	0.25513	-38.53648	-0.20873	-0.09830
15	0.45092	-47.02663	0.45037	-47.04367	-0.12287	0.03623
6	0.80993	-36.84449	0.80945	-36.84734	-0.05960	0.00773
1.12500	1.16407	3.76683	1.16400	3.78496	-0.00644	0.48028
0.56250	1.08398	21.82055	1.08379	21.86759	-0.01698	0.21534
0.09375	0.38493	71.05002	0.38434	71.08712	-0.15508	0.05220
0.01172	0.05076	87.58269	0.05068	87.58730	-0.17310	0.00526
0.00110	0.00477	89.80289	0.00476	89.80277	-0.17304	-0.00013
0.00014	0.00060	90.00397	0.00059	90.00342	-0.17301	-0.00061
0.00002	0.00010	90.02791	0.00010	90.02731	-0.17300	-0.00067

Задача нахождения тензора импеданса сводится к нахождению коэффициентов в линейных соотношениях между компонентами электромагнитного поля в частотной области. Система уравнения для нахождения элементов тензора импеданса

$$\begin{aligned} E_x(f) &= Z_{xx}(f)H_x(f) + Z_{xy}(f)H_y(f) \\ E_y(f) &= Z_{yx}(f)H_x(f) + Z_{yy}(f)H_y(f) \end{aligned} \quad (1)$$

представляет собой два комплексных уравнения с четырьмя комплексными неизвестными. Решение может производиться (а) осреднением измерений, выполненных в разные временные интервалы, т.к. *Zij* не меняется во времени, (б) осреднением некоторого числа измерений на близких частотах, т.к. импеданс меняется с частотой достаточно плавно.

Помножив обе части уравнения на комплексно-сопряженные компоненты напряженности электрического или магнитного поля, получаем переопределенную систему для определения оценок *Z*. Для *Zxy* решение такой системы на частоте *f,* будет следующим

$$Z_{xy} = \frac{\left(E_x H_y\right)\left(H_x H_x\right) - \left(E_x H_x\right)\left(H_x H_y\right)}{\left(H_x H_x\right)\left(H_y H_y\right) - \left(H_x H_y\right)\left(H_y H_x\right)}$$

где *Hx, Hy* – комплексно-сопряженные компоненты, а произведения *(HxHx)* и *(ExHx)* являются оценками авто- и кросс- спектров плотностей мощности сигналов электромагнитного поля. К примеру, в сигналах магнитного поля наличие шума может сместить авто-спектр *(HxHx)*, тем самым изменить оценки элементов тензора импеданса *Z*.

Для уменьшения ошибок смещения между двумя пунктами синхронной регистрации за счет использование взаимной корреляции, применяют так называемую методику МТ-наблюдений с *удаленной базой (remote reference(RR))* [3]. По этой методике выполняют синхронные измерения по двум дополнительным независимым каналам Rx и Ry. В качестве базисных обычно выбирают каналы с магнитных датчиков, расположенных на расстоянии от нескольких сотен метров до нескольких сотен километров от точки зондирования, в зависимости от основных источников шумов и помех.

Оценку импеданса в терминах спектральных плотностей мощности с использованием магнитных каналов удаленной базовой точки назовем *RR*-оценкой импеданса. Выражение для *RR*- оценки импеданса [4] имеет вид:

$$Z_{xy} = \frac{\left(E_x R_y\right)\left(H_x R_x\right) - \left(E_x R_x\right)\left(H_x R_y\right)}{\left(H_x R_x\right)\left(H_y R_y\right) - \left(H_x R_y\right)\left(H_y R_x\right)}$$

В это выражение входят только взаимно-спектральные плотности мощности и *RR*-оценки импеданса, полученные из уравнений с использованием базисных каналов, будут несмещенными в том случае, если шумы не коррелированы с полезными сигналами.

Для количественной оценки смещения тензора импеданса ипользуется коэффициент когерентности. Когерентность — это количественная мера качества линейной связи для двух сигналов [5]. Когерентность определяет согласованность изменения разности фаз двух временных последовательностей данных. Для двух последовательностей данных *A(t)* и *B(t)* функция когерентности (*CohAB)* – это отношение взаимной спектральной плотности последовательностей *A(t)* и *B(t)* к произведению авто-спектров последовательностей *A(t)* и *B(t)*:

$$CohAB = \frac{\left(AB\right)}{\left(AA\right)^{1/2}\left(BB\right)^{1/2}}$$

Тогда в терминах когерентности уравнение (1) может быть представлено как

$$Z_{xy} = \frac{\left|E_x\right|}{\left|H_y\right|} \frac{\left(CohE_x R_y CohE_x R_x - CohE_x R_y CohH_x R_x\right)}{CohH_x R_x CohH_y R_y - CohH_x R_y CohH_y R_x} \quad (2)$$

Для одиночного (локального) зондирования $CohH_x R_x = CohH_y R_y = 1$ и

$CohH_xR_y = CohH_yR_x$. Таким образом, уравнение (2) сводится к следующему виду в случае использования локальных компонент магнитного поля:

$$Z_{xy} = \frac{|E_x|}{|H_y|} \frac{\left(CohE_xH_y - CohE_xH_yCohH_xH_y\right)}{1 - \left|CohH_xH_y\right|^2} \tag{3}$$

Из анализа выражения (3) следует, что для малых значений *CohHxHy* импеданс пропорционален *CohExHy.* Очевидно, что когерентный шум в каналах *Ex* и *Hy* будет ухудшать процесс оценивания импеданса.

Уравнение (2) для малых величин *CohHxRy* редуцируется к виду

$$Z_{xy} = \frac{|E_x|}{|H_y|} \frac{\left(CohE_xR_y\right)}{CohH_yR_y}$$

Соответственно оценка импеданса прямо пропорциональна когерентности. Когерентность является мерой «похожести» (согласованность или скоррелированность) двух процессов и отражает степень влияния шумов - чем выше когерентность, тем меньше вклад шумов и более сходны изменения сигнала во времени по обоим каналам и наоборот, чем больше шумы, тем ближе когерентность к 0.

Как уже рассматривалось выше для уменьшения ошибок смещения импедансных оценок дополнительно к стандартной методике обработки, реализованной в программе SSMT2000, входящей в штатный комплект измерительного комплекса Феникс MTU-5, применяется углубленная схема обработки. При этом используется программа MTEditor, разработанная в Центре электромагнитных исследований, г. Москва и программа MT-Corrector, разработанная сотрудниками геофизической компании «Северо-Запад», г. Москва. Программа MT-Corrector очень широко и эффективно применяется сотрудниками Научной станции для оценивания и углубленного редактирования данных, полученных в очень сложных условиях Тянь-Шанского региона. Также этот программный коплекс позволяет осуществлять проверку дисперсионных соотношений второго рода, которые могут дать характеристику связи кажущихся сопротивлений и фаз импеданса [6]. MT-Corrector позволяет использовать более точно определяемые фазовые кривые для редактирования по ним соответствующих модулей импедансов, которые сильно зашумлены в условиях горного рельефа, что как раз и свидетельствует выполнении дисперсионных соотношений. Пример, иллюстрирующий результативность такого подхода, приведен на рис. 3.

Рассмотрим результаты применения когерентностного критерия для оценки качества получаемых электромагнитных параметров. Авторами [2] был выполнен анализ материалов МТЗ по временному мониторингу частных оценок импеданса и показано, что значительные отскоки в оценках импеданса, наблюдаемые в широком диапазоне периодов, хорошо сочетаются с участками коэффициента когерентности менее 0.8. Это можно объяснить тем, что сильное понижение качества линейных связей между компонентами электромагнитного поля характеризует отрезки времени с аномальными значениями частных оценок импеданса.

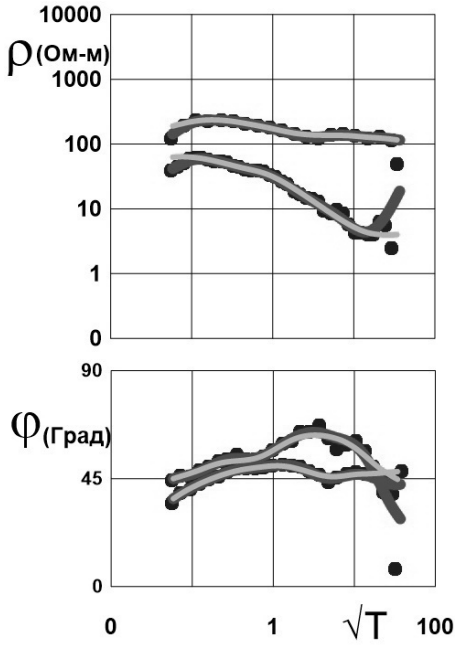


Рисунок 3 – Кривые кажущегося сопротивления и фазы импеданса (стандартная обработка обозначена точками, углубленная темными сплошными линиями, светлой сплошной линией обработка с применением дисперсионных соотношений 2 рода)

Для определения искажений оценок магнитотеллурических передаточных функций используем когерентностный критерий частных оценок импеданса, которые были получены при регистрации электромагнитного поля на режимных пунктах миниполигона Кентор. На рис. 4 приведен псевдоразрез когерентностей Ex-Ny для профиля Центральный миниполигона Кентор соответствующей оценкам импеданса Zxy.

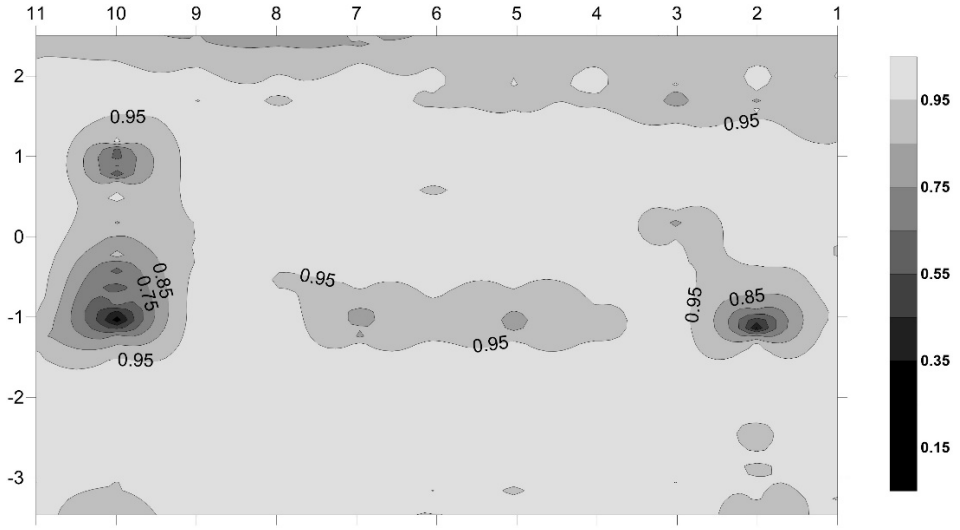


Рисунок 4 – Псевдоразрез когерентностей Ex-Ny для профиля Центральный миниполигона Кентор

По этому рисунку можно увидеть, что практически во всем диапазоне периодов не не наблюдается значительного снижения значений коэффициента когерентности, т.е. качество исследуемых линейных связей не падает, что говорит о надежности получаемых оценок импеданса и возможности их эффективного использования как в структурных исследованиях, так и для анализа динамики параметров геоэлектрического разреза.

При использовании метода удаленной базы важно понять на каких расстояниях

эффективно располагать базовую точку. Из общих соображений понятно, что удаленная база должна находиться не слишком близко к точкам измерения, чтобы не попасть в радиус действия помехи и не слишком далеко, чтобы магнитотеллурические (МТ) поля в полевой и базовой точке оставались линейно связаны. Естественно предположить, что оптимальное положение удаленной базы будет зависеть от природы шума и полезного сигнала. Этому вопросу посвящено много статей таких как [7, 8]. Однако в большинстве случаев исследования ограничиваются отдельными примерами.

Наблюдения в рядовых пунктах велись в попарно-синхронном режиме и сопровождались одновременными записями станций Феникс MTU-5, расположенных в базовых пунктах (стационары Чон-Курчак и Ак-Суу).

При первичном анализе регистрируемых сигналов просматривается интенсивность сигнала и когерентность интересующих нас компонент поля. В том случае, когда явные искажения не видны, можно сделать предварительный вывод, о том, что рядом не было сильных источников помех. Затем необходимо проверить значение когерентности, убедившись, что когерентность Ex, Hy и Ey, Hx близки к единице, а остальные значения невысоки, можно приступать к дальнейшей обработке в программе SSMT. В противном случае (когда когерентность близка к 0), необходимо использовать широко распространенную методику remote reference. Пример обработки по этой методике для одного из пунктов на миниполигоне Кентор приведен на рис. 5

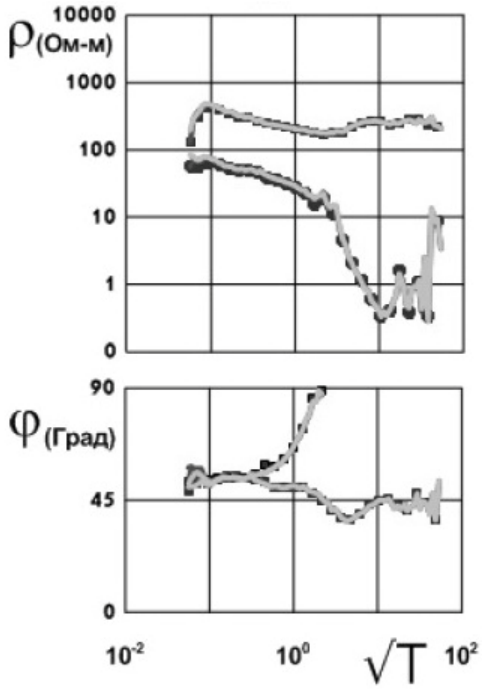


Рисунок 5 – Кривые кажущегося сопротивления и фазы импеданса (стандартная обработка обозначена точками, обработка по методике Remote Reference сплошной линией)

Опора на данные нескольких синхронных удаленных баз при проведении зондирований в Байтикской впадине (миниполигон Кентор), изобилующей электромагнитными помехами от высоковольтных и низковольтных линий, а также сельскохозяйственных объектов, была принципиальной особенностью методики эксперимента, позволяющей применить современные приемы шумоподавляющей обработки.

Практически на всем протяжении профиля (за исключением некоторых отдельных пунктов), наблюдалось влияние помех на высокочастотную часть кривой МТЗ. Проявление помех значительно увеличивалось в области средних частот и даже захватывало низкочастотную часть кривых МТЗ. Анализ результатов показал, что сглаженные кривые МТЗ хорошо отражают основные геологические структуры и несут важную информацию о

глубинном строении региона. Однако, для изучения морфологических особенностей геологических объектов, необходимо существенно повысить точность наблюдений, что возможно лишь при смещении пунктов зондирований в области свободные от помех или при использовании для обработки методики remote reference.

Обращают на себя внимание некоторые несущественные отличия результатов обработки МТ-данных одноточечной и remote reference методикой, которые не имеют существенного значения, а лишь дополняют друг друга, в том случае, когда наблюденные кривые кажущегося сопротивления и фаз импеданса хорошего качества. Если качество кривых кажущегося сопротивления и фаз импеданса посредственное, то обработка remote reference может даже ухудшить качество полученного материала.

Выводы. Для улучшения разрешающей способности магнитотеллурических и магнитовариационных данных в сложных условиях Тянь-Шанского региона очень эффективно использование математического аппарата программы MT-Corrector. В свою очередь методика обработки с удаленной базой в эксперименте, выполненном на миниполигоне Кентор, не привнесла радикальных изменений в распределение вариаций кажущегося сопротивления и фаз импеданса. Возможно это связано с тем, что уровень помех на пункте зондирования значительно ниже, чем на базовом, а также схожестью природы помех в регистрируемых сигналах в пунктах режимных и стационарных наблюдений.

Работа выполнена в рамках государственного задания Научной станции РАН тема АААА-А19-119020190063-2 0155-2019-0001 «Изучение глубинного строения Тянь-Шаня и окружающих областей по комплексу геофизических методов для выяснения взаимосвязи переноса вещества-энергии в земной коре и верхней мантии с пространственно-временным распределением сейсмичности».

Литература

1. Fox L. Satellite-Synchronized 3-D Magnetotelluric System, U.S. Patent № 6 191 587 B1, issued February 20, 2001.
2. Goubau W.M., Gamble T.D., Clarke J. MT data: removal of bias // Geophysics. 1978. V.43. P. 1157–1162.
3. Семенов В.Ю. Обработка данных МТ зондирования. М.: Недра. 1985. 133 с.
4. Vozoff K. The Magnetotelluric Method, Electromagnetic Methods in Applied // Geophysics, Tulsa: SEG – 1991. V. 2. P. 641–711.
5. Варенцов Ив.М., Соколова Е.Ю., Мартанус Е.Р., Наливайко К.В. и др. Система передаточных операторов электромагнитного поля для массива синхронных зондирований BEAR // Физика Земли. 2003. № 2. С. 30-61.
6. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. М.: Научный мир. 2009. 680 с.
7. Gamble T.D., Goubau W.M., Clarke J. Magnetotellurics with a remote magnetic reference // Geophysics. 1979. V. 44. P. 53-68.
8. Eydam D., Munoz G. The Permanent Magnetotelluric Remote Reference Station // Schmucker-Weidelt-Kolloquium Neustadt an der Weinstraße, 19–23. September. Potsdam. 2011. P. 45-56.

УДК 550.34

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА РЕЗУЛЬТИРУЮЩИЕ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

Мирзаев М.А., Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л.
murod1984@mail.ru
Институт сейсмологии Академии наук Республики Узбекистан,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

Исследовано влияние факторов неопределенности входных параметров на результаты оценки сейсмической опасности. Установлено, что наибольшие отклонения от карт сейсмической опасности, построенных на основе наиболее вероятных значений в распределении параметров сейсмического режима и сейсмических воздействий, могут возникать вследствие неточного задания глубин очагов землетрясений (H), недостоверных оценок сейсмического потенциала (M_{max}) и угла наклона графика повторяемости (γ). Вклад таких факторов неопределенности как неточное определение сейсмической активности A_{10}, неверный выбор преобладающего типа подвижки в очаге, использование не локальных, а региональных законов затухания интенсивности сейсмических воздействий с расстоянием, существенно меньший.

Ключевые слова: сейсмическая опасность, сейсмический потенциал, сейсмическая активность, интенсивность сейсмических воздействий, сейсмическое районирование, сейсмические источники.

Введение. Количественные оценки сейсмической опасности сейсмоактивных территорий базируются на моделях сейсмических источников и сейсмических воздействий. Надежность и достоверность карт сейсмического районирования определяется, с одной стороны, степенью адекватности этих моделей реальным сейсмогеологическим условиям, с другой - точностью входных параметров, используемых при их построении.

Погрешности первой модели могут быть связаны как с рядом допущений, которые мы вынуждены принимать для упрощения ее математической реализации (стационарность сейсмического процесса, прямолинейность графика повторяемости и т.п.), так и с неполнотой и несовершенством исходных сейсмологических и сейсмотектонических данных, используемых в процессе расчетов. Все это приводит к неточностям в определении географического местоположения потенциально опасных зон, недостаточно надежными оценками их сейсмического потенциала ***(M_{max})*** и параметров повторяемости землетрясений различного энергетического уровня ***(A_{10} и γ).***

Не меньшие неопределенности связаны с описанием модели сейсмических воздействий, которые в зависимости от глубины очага, типа подвижки, особенностей затухания интенсивности сейсмических воздействий с расстоянием в конкретном регионе могут существенно меняться.

Ответ на вопрос о том, какова вариабельность каждого входного параметра, используемого при расчете сейсмической опасности, и каков вклад этих изменений в конечный результат, определяет степень надежности построенных карт сейсмического районирования, а также дает возможность получить разумные оценки сейсмической опасности при наиболее опасном варианте развития сейсмического процесса, что, на наш взгляд, чрезвычайно важно для объектов с высокой категорией ответственности.

Используемые данные и методика исследования. Для количественного исследования влияния неопределенности каждого фактора на конечную оценку сейсмической опасности мы выбрали территорию Восточного Узбекистана, сейсмотектоническая и сейсмологическая изученность которого весьма высокая [1,2].

В качестве базовых карт, с которыми проводились все сопоставления, мы выбрали два варианта карт сейсмического районирования с оценкой интенсивности сейсмических воздействий в баллах макросейсмической шкалы MSK-64 для вероятностей P=0,99 и P=0,90 не превышения уровня сейсмического воздействия в течение 50 лет. Эти карты (рис.1) были построены исходя из следующих положений, обоснование которых дано в [2]:

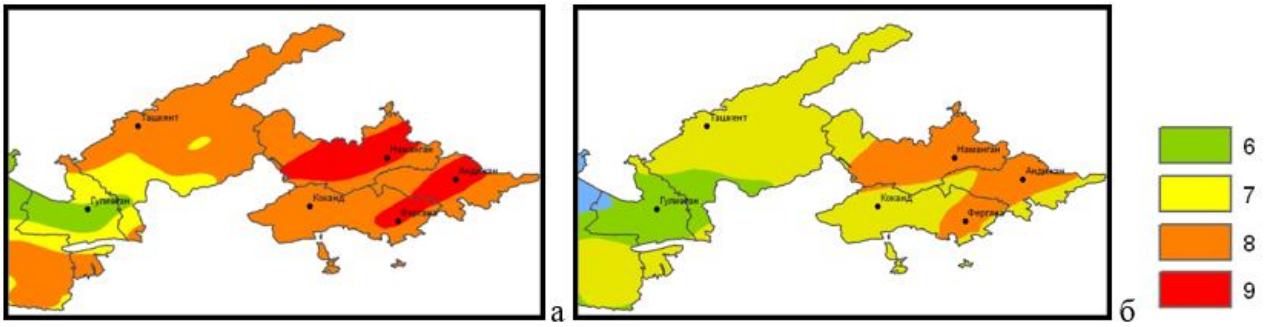


Рисунок 1– Базовые карты сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы для вероятностей: а) P=0,99; б) P=0,90 не превышения уровня сейсмического воздействия в течение 50 лет

– в качестве модели сейсмических источников рассматривались сейсмогенирирующие зоны территории Узбекистана и сопредельных областей, выделение которых базируется на сейсмотектонических исследованиях разломов земной коры, активизированных на современном этапе геологического развития [1];

– сейсмический потенциал $\boldsymbol{M_{max}}$ этих зон оценен комплексом сейсмотектонических [1] и сейсмологических методов[1,2];

– параметры повторяемости землетрясений в зависимости Гутенберга-Рихтера в распределении сейсмических событий по энергетическим классам определены для каждой сейсмоактивной зоны [2]. При этом параметр γ в базовом варианте принят единым (γ =0,48), а сейсмическая активность A_{10} меняется от зоны к зоне;

– при оценке сейсмической опасности для расчета базовых карт глубина очага принималась зависящей от магнитуды землетрясения $h=h(M)$, где $h(M)$ наиболее вероятная для заданной магнитуды глубина [2];

– расчеты опасности проведены для землетрясений со взбросовым типом подвижки в очаге, поскольку именно он преобладает на исследуемой территории [2];

– использованы законы затухания интенсивности сейсмических воздействий с расстоянием, полученные конкретно для территорий Приташкентского района Ферганской межгорной впадины [3].

В процессе проведения исследования мы варьировали в пределах реальных возможных изменений все входные параметры, которые используются для количественного расчета сейсмической опасности и оценивали максимальное по площади приращение сейсмической интенсивности, вызванное такими изменениями. Таким образом, в качестве меры влияния каждого фактора рассматривалась величина вызываемого им приращения интенсивности сейсмического воздействия $\Delta \boldsymbol{I}$.

Влияние факторов неопределенности, связанных с параметризацией сейсмического процесса. Для характеристики средней частоты повторения землетрясений в сейсмологической практике используются два параметра, однозначно определяющих положение прямой в фундаментальном законе Гутенберга-Рихтера распределения числа землетрясений по энергетическим классам.

$$LgN_k = LgA_{10} - \gamma(K - 10),$$
$$K = LgE, K \le K_{\max}$$

Это ордината прямой при К=10, называемая сейсмической активностью $\mathbf{A}_{10}$, и величина углового коэффициента графика повторяемости **γ** – сейсмическая дробность среды. Как правило, сейсмическая активность $\mathbf{A}_{10}$ картируется по шкале с двоичным увеличением (0,05; 0,1; 0,2 и т.д.). На рисунке 2 (а-г) показано, как меняются базовые карты сейсмического районирования при увеличении и уменьшении сейсмической активности на 50%.

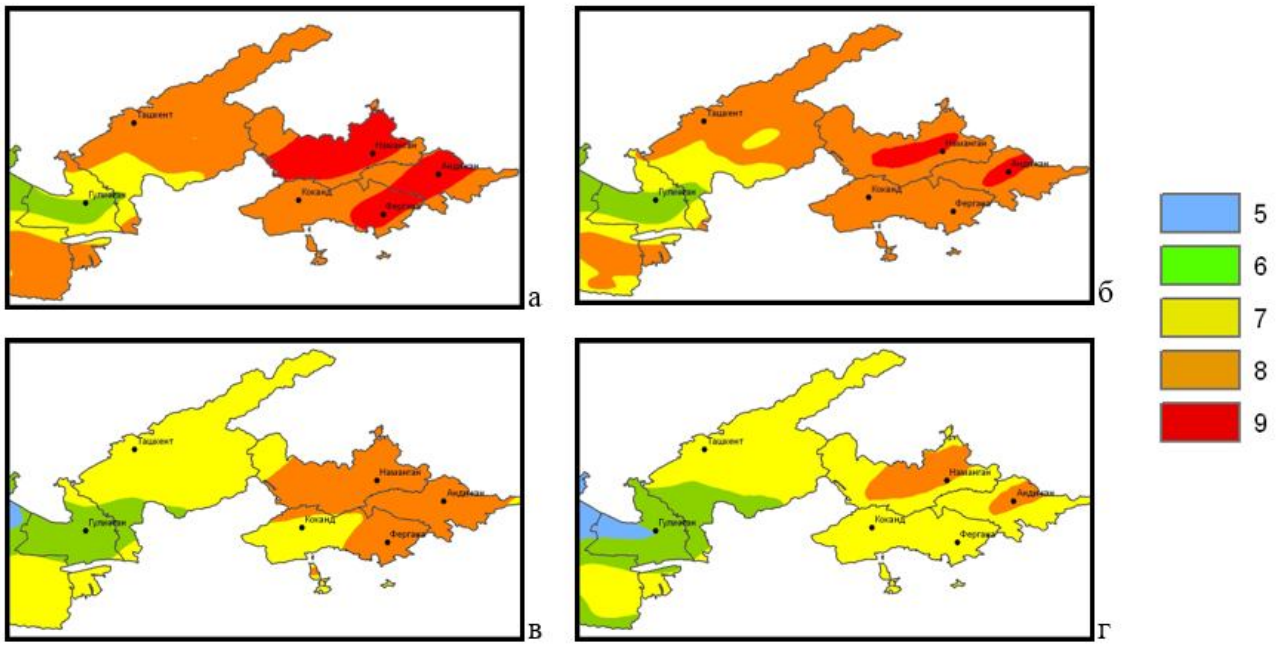


Рисунок 2 – Карты сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы при различных значениях сейсмической активности: а) завышенная на 50%.(Р=99%); б) заниженная на 50% (Р=99%); в) завышенная на 50%.(Р=90%); б) заниженная на 50% (Р=90%)

Результаты расчета показали, что максимальные изменения по всей территории Восточного Узбекистана при таких вариациях сейсмической активности составляют значения $\Delta\boldsymbol{I}$**=0,25** балла для карты P=0,99 и $\Delta\boldsymbol{I}$**=0,28** баллов для карты с P=0,90. Этот результат имеет прямое отношение к дискуссии о вкладе афтершоков в конечные оценки сейсмической опасности и выборе различных алгоритмов фильтрации каталогов. На самом же деле, как показали проведенные расчеты, изменения сейсмической опасности, вызванные вариациями сейсмической активности, не столь высоки.

Значительно большие изменения в карты сейсмической опасности вносят вариации сейсмической дробности (параметр γ). При уменьшении γ со значения γ=0,48 до величины γ=0,4, максимальные значения приращения сейсмической интенсивности составляют $\Delta\boldsymbol{I}$**=0,7** балла. Причем сейсмическая опасность возрастает. При увеличении же γ со среднего долговременного значения до величины γ=0,6, сейсмическая опасность уменьшается на $\Delta\boldsymbol{I}$**=0,96** балла. Карты сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана при различных значениях сейсмической дробности приведены на рисунке 3.

Ошибка определения параметра γ дается выражением [2]:

$$\sigma_\gamma = \frac{\gamma}{\sqrt{N_\Sigma}},$$

где γ – найденное значение дробности, N_Σ – общее число землетрясений, использованных для его получения.

Из приведенной формулы вытекает, что при реальных значениях сейсмической дробности порядка γ =0,5, для определения ее с точностью не менее 0,1 необходимо не менее 25 сейсмических событий.

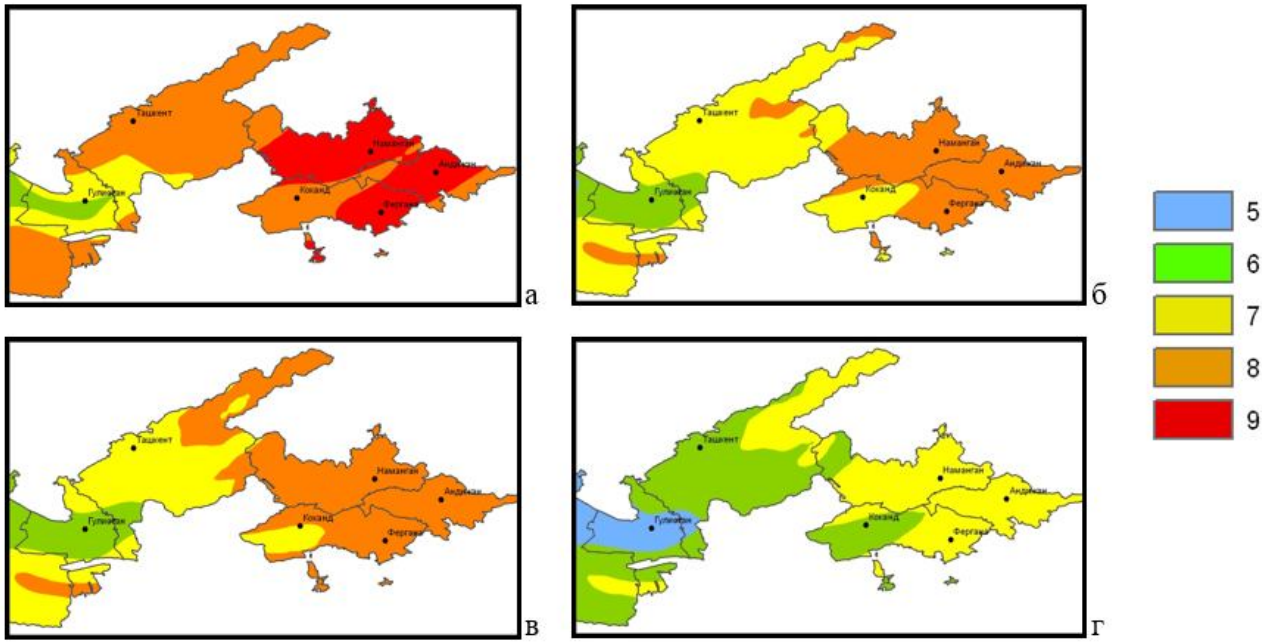


Рисунок 3 – Карты сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы при различных значениях сейсмической дробности ***γ***: а) заниженная (***γ=0,4,*** P=99%); б) завышенная (***γ=0,6,*** P=99%); в) заниженная (***γ=0,4,*** P=90%); г) завышенная (***γ=0,6,*** P=90%)

Поэтому расчеты сейсмической опасности, основанные на параметрах повторяемости землетрясений по правой части графика повторяемости (M=4,5-7,5), определяемого для каждого структурного элемента (сейсмической зоны или площадного источника), где такого числа сильных землетрясений за период наблюдений может попросту и не быть, могут приводить к значительным ошибкам. Альтернативой в данном случае является либо использование левой части графика повторяемости (M=2,5-5), либо расчет сейсмической опасности при едином значении γ для всего сейсмоактивного региона. В первом случае, получается дифференциация территории по значению сейсмической дробности, но значение γ приходится экстраполировать в область высоких магнитуд, во-втором, допуская стабильность значения γ в каждой точке исследуемой территории, опираясь только на статистику сильных землетрясений, теряется детальность картирования.

Значительное влияние на конечную оценку сейсмической опасности территории оказывают вариации максимального возможного землетрясения $\boldsymbol{M_{max}}$**.** Мы построили карты сейсмического районирования территории Восточного Узбекистана, в которых при неизменных значениях других параметров, величина сейсмического потенциала была в первом случае увеличена, а, во-втором - уменьшена на 0,5 магнитудные единицы относительно базовой карты, построенной по комплексу сейсмологических и сейсмотектонических данных. Оказалось (рис. 4), что приращение сейсмической интенсивности при ΔM =+0,5 достигают значений $\Delta \boldsymbol{I}$ =+0,84 балла, а при ΔM =-0,5 величина $\Delta \boldsymbol{I}$ =-0,68 балла для карт с вероятностью не превышения P=0,99. Для карт с P=0,90 значения $\Delta \boldsymbol{I}$ при тех же вариациях магнитуды на 0,1 балла меньше.

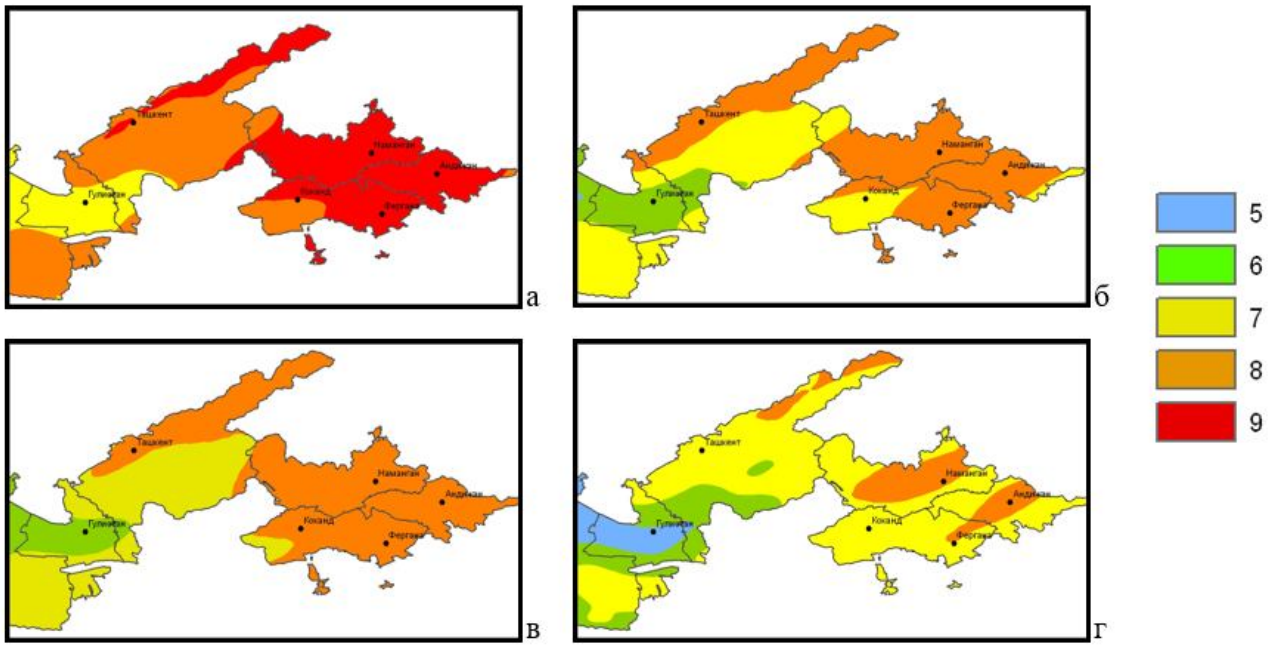


Рисунок 4 – Карты сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы при различных значениях сейсмического потенциала M_{max}: а) завышенный на 0,5 М (Р=99%); б) заниженный на 0,5 М (Р=99%); в) завышенный на 0,5 М (Р=90%); б) заниженный на 0,5 М (Р=90%).

При увеличенном значении M_{max} в 9-ти балльную зону переходят Ташкент и вся территория Ферганской долины севернее города Коканд. При уменьшенном значении M_{max} 9-ти балльных зон не отмечается во всем Восточном Узбекистане. Последний факт, на наш взгляд, достаточно интересен. Он показывает, что при снижении значения сейсмического потенциала в сейсмогенных зонах Восточного Узбекистана с величины M=7,5 до значения M=7,0, при неизменных средних значениях других параметров, на исследуемой территории с вероятностью P=0,99 сотрясений с интенсивностью $I \geq 8$ не должно происходить. Если учесть, что непосредственно в Восточной части Узбекистана за весь период наблюдений (включая исторические данные) не происходило ни одного землетрясения с $M \geq 6,5$, то нормативные карты, основанные на прогнозных оценках величин M_{max}, обладают значительным запасом надежности.

Вместе с тем, следует иметь ввиду, что если землетрясение с $M \leq 6,5$ произойдет на малой глубине, как это было во время Андижанского землетрясения 1902 года, то на относительно не больших площадях может ощущаться эффект 9 баллов.

Учет особенностей сейсмических воздействий. На рисунке 5 показаны карты сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана для вероятностей P=0,99 и P=0,90 не превышения уровня сейсмического воздействия в течение 50 лет, построенные для различных фиксированных глубин землетрясений: H=10 км (а); H=30 км (в). Эти карты сопоставлялись с картами сейсмического районирования, изображенными на рисунке 1, построенными для глубин H, наиболее вероятных для землетрясений различного энергетического уровня $H=f(M)$. Таким образом, искалось приращение макросейсмической интенсивности при отклонении вероятных глубин до минимальных и максимальных значений. Оказалось, что приращения сейсмической интенсивности $\Delta \boldsymbol{I}$ при вариации глубин землетрясений наибольшие из всех рассматриваемых факторов и составляют $\Delta \boldsymbol{I}$ **=+1,54** балла при уменьшении глубины со средней статистической для заданной магнитуды до практически минимальной H=10 км, и, соответственно, $\Delta \boldsymbol{I}$ **= -1,06** при увеличении среднестатистической глубины до глубины 30 км.

В первом случае, на 99% карте появляются области с интенсивностью сотрясений I>9 баллов, а город Ташкент попадает в 9-ти балльную зону. Во втором случае, при глубоких

(*H*=30 км) землетрясениях, 9-ти балльные зоны отсутствуют, а г.Ташкент попадает в 7-ми балльную зону.

Существует значимая разница в приращении интенсивности ΔI за счет уменьшения глубины и при увеличении сейсмического потенциала. В первом случае, 6-7 балльные зоны практически не меняются, поскольку глубина *H*=10 км для землетрясений, которые создают такие сотрясения, является «нормальной». В зонах с балльностью 8-9 баллов, эта глубина является практически минимальной, и внутри этих зон появляется 10-ти балльные зоны. В случае же, когда увеличивается магнитуда максимального возможного землетрясения, увеличение балльности происходит равномерно по площади, и с карты исчезают 6-ти балльные зоны.

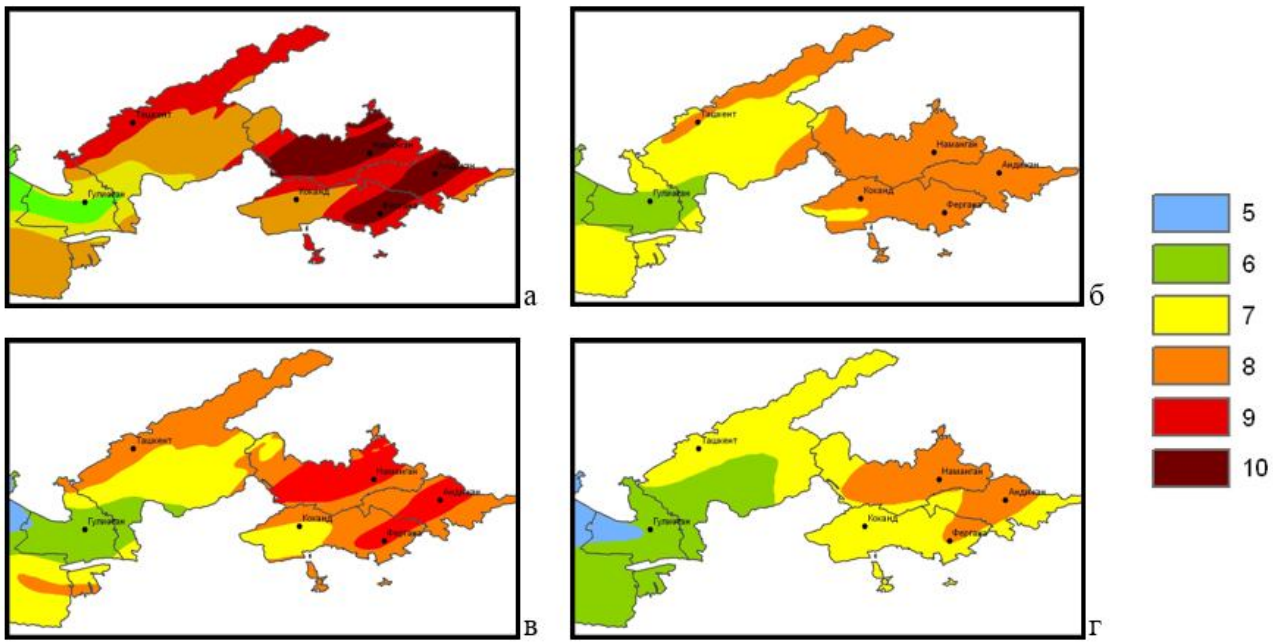
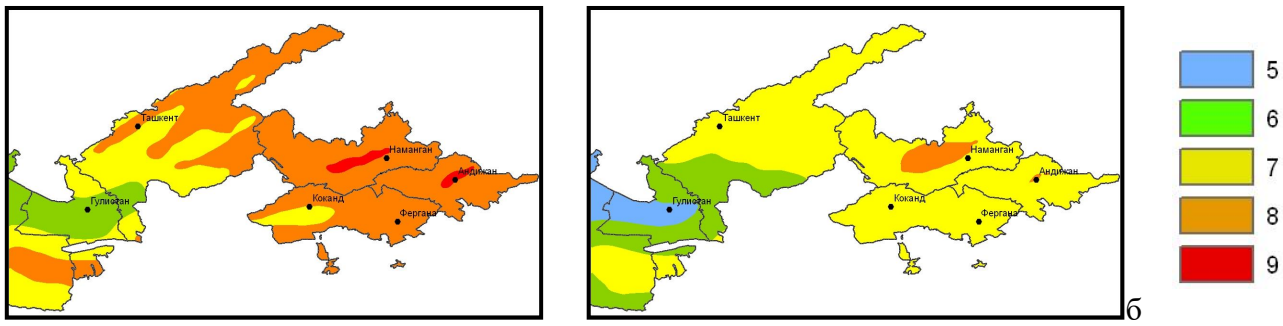


Рисунок 5 – Карты сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы при различных значениях глубин землетрясений: а) *H*=10 км (P=99%); б) *H*=30 км (P=99%); в) *H*=10 км (P=90%); г) *H*=30 км (P=90%)

Как известно [4], большинство сильных землетрясений территории Узбекистана характеризуется взбросовым типом подвижки в очаге, который нами принимался как базовый при картировании сейсмической опасности (рис. 1). Вместе с тем, единичные сильные землетрясения характеризуются сдвиговой подвижкой или же нормальным сбросом. В [5] установлено, что тип подвижки в очаге влияет на интенсивность сейсмических воздействий. Отмечается, что при взбросах амплитуда пиковых ускорений примерно в 2 раза больше, чем при сдвигах.



а б

Рисунок 6 – Карты сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы при сдвиговом типе подвижки в очаге: а) 99 %; б) 90 %

Рассматривая записи ускорений в более широком диапазоне магнитуд и эпицентральных расстояний, В.В.Штейнберг отмечает, что величины максимальных ускорений при взбросах выше, чем при сдвигах только в ближней зоне. В дальней зоне амплитуда ускорений при сдвигах превышает ускорение при взбросах, т.е. ускорения при взбросах в ближней зоне выше, чем при сдвигах, но затухают быстрее, чем при сдвигах. Аналогичные изменения в приращениях интенсивности отмечаются и в макросейсмическом поле [6]. На рис. 6 показаны карты сейсмической опасности территории Узбекистана при сдвиговом характере подвижки в очаге. Как и следовало ожидать, она является менее опасной, а приращение ΔI по отношению к карте, за основу которой взяты землетрясения взбросового типа (рис.1), составляет ΔI =-0,34 балла.

При картировании сейсмической опасности территории Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы использовались дифференцированные по площади законы затухания макросейсмической балльности с расстоянием для землетрясений различного энергетического уровня (Ферганская межгорная впадина, Приташкентский район, Западный Узбекистан). Мы сопоставили карты сейсмической опасности для Восточного Узбекистана, где использовались первые две зависимости (для Ферганской долины и Приташкентского района), с картой, которая построена при тех же входных параметрах, но, в качестве законов затухания, использована зависимость Н.В.Шебалина для всей Центральной Азии [7]:

$$I=1,5M-3,8\ lgR+3,4$$

Оказалось, что максимальное значение приращения макросейсмической интенсивности за счет изменения закона затухания составляет ΔI =0,22 балла для P=0,99 и ΔI =0,26 балла для P=0,9. При этом карты, построенные по зависимости Н.В.Шебалина, оказались более опасными (рис. 7).

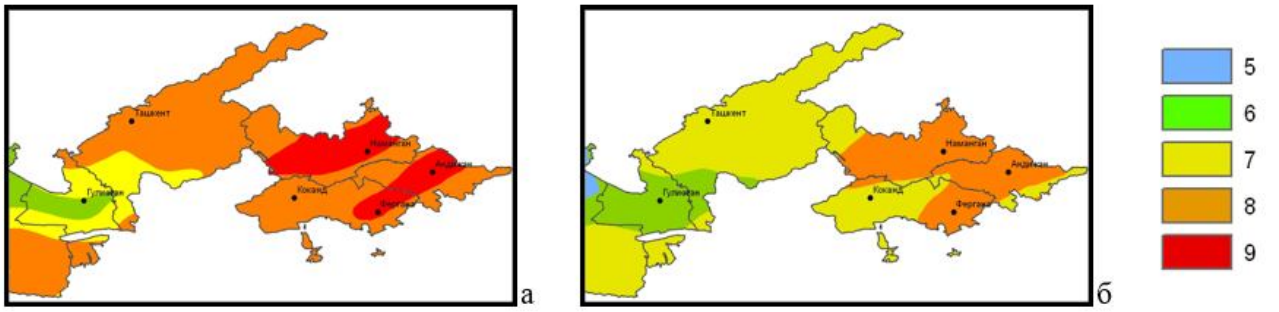


Рисунок 7 – Карты сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана в баллах макросейсмической шкалы при Среднеазиатской зависимости затухания интенсивности сотрясений с расстоянием Н.В. Шебалина: а) Р=99%; б) Р=90%

Заключение. Исследовано влияние факторов неопределенности входных параметров на результаты оценки сейсмической опасности. Установлено, что наибольшие отклонения от карт сейсмической опасности, построенных на основе средних значений в распределении параметров сейсмического режима и сейсмических воздействий, могут возникать вследствие возникновения землетрясений максимальной силы на минимальных глубинах очага (ΔI =1,5 балла), статистических ошибок в определении угла наклона графика повторяемости землетрясений различного энергетического уровня γ (ΔI =0,96 балла) и величины максимального возможного землетрясения M_{max} (ΔI =0,84 балла). Вклад таких факторов неопределенности как неточное определение сейсмической активности A_{10}, неверный выбор преобладающего типа подвижки в очаге, использование не локальных, а региональных законов затухания интенсивности сейсмических воздействий с расстоянием, несколько меньший и составляет значения ΔI =0,24; ΔI =0,34 и ΔI =0,22 балла соответственно.

Литература

1. Ибрагимов Р.Н. Сейсмогенные зоны Среднего Тянь-Шаня. Ташкент: Фан. 1978. 144 с.
2. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Зияудинов Ф.Ф. Сейсмическая опасность территории Узбекистана. Ташкент. 2012. 254 с.
3. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Фадина Р.П. Модифицированные уравнения макросейсмического поля и сводная карта изосейст происшедших землетрясений // Сейсмическое районирование и прогноз землетрясений в Узбекистане. Ташкент: ГИДРОИНГЕО. 2002. С. 37-39.
4. Безродный Е.М., Туйчиев Х.А. Механизмы очагов сильных землетрясений Узбекистана. Ташкент: Фан. 1987. 143 с.
5. Штейнберг В.В. Параметры колебаний грунтов при сильных землетрясениях // Вопросы инженерной сейсмологии. Вып. 27. М.: Наука. 1986. С. 7-27.
6. Чернов Ю.К. Сильные движения грунта и количественная оценка сейсмической опасности территорий. Ташкент: Фан. 1989. 295 с.
7. Шебалин Н.В., Хромецкая Е.А. Методические аспекты получения и интерпретации макросейсмических данных. М.: Наука. 1988. С. 1-29.

УДК 550.34.038

ВЛИЯНИЕ РЕГИСТРИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА СТАНЦИИ «ПОДГОРНОЕ»

Мусрепов А.В., Соколов А.Н., Соколова И.Н.
amusrepov@kndc.kz, asokolov@kndc.kz, sokolova@kndc.kz
Институт геофизических исследований, г. Алматы, Республика Казахстан

Статья посвящена детальному анализу характеристик сейсмического шума станции «Подгорное», с целью анализа влияния параметров сейсмической аппаратуры на эффективность работы станций.

Ключевые слова: сейсмический мониторинг, спектральная плотность сейсмического шума, модели шума Петерсона.

Введение. В настоящее время в мире производится большое количество разнообразной сейсмической аппаратуры. Зачастую непросто подобрать подходящий комплект сейсмометра и дигитайзера, который бы обеспечивал эффективный мониторинг сейсмических событий, был недорог и качествен. На цифровой сейсмической станции Подгорная, расположенной в районе Северного Тянь-Шаня, за 11 лет работы (1997-2018 гг.) было установлено 6 различных комплектов, причем условия установки были одинаковы. Кроме того, за это время практически не изменилось расположение потенциальных источников сейсмического шума. В связи с этим, анализируя динамические параметры сейсмического шума, зарегистрированного различной аппаратурой, можно оценить влияние аппаратурного шума для каждого периода установки. Такая задача имеет практическую ценность при подборе оборудования для будущих станций региона в зависимости от задач мониторинга станций сейсмической сети.

Геолого-географическое положение станции «Подгорное». Вблизи современной станции Подгорное в советское время, начиная с 21 августа 1987 г. работала трехкомпонентная аналоговая сейсмическая станция, входящая в состав сети Сейсмологической опытно-методической экспедиции.

Цифровая сейсмическая станция «Подгорное» PDG (PDGK) введена в эксплуатацию в октябре 1997 года в рамках проекта «Геодинамика внутриконтинентального горообразования в Тянь-Шане, Центральная Азия», финансируемого Национальным научным фондом США [1]. Сейсмическая сеть состояла из 29 станций, расположенных на территории Кыргызстана, Казахстана и Китая и называлась CHENGIZ. Станция входила в состав сети КСЭ ИФЗ РАН и была закрыта в марте 2000 года в связи с окончанием проекта.

В марте 2001 г. станция была восстановлена и вошла в состав сети ИГИ НЯЦ РК, до 2010 года она работала в автономном режиме, обслуживалась 1 раз в месяц. В феврале 2010 г. при технической поддержке Германского центра изучения Земли GFZ (Постдам), а также согласно Плану сотрудничества по международному проекту CAREMON (Central Asian Real-Time Earthquake Monitoring Network) в существующем помещении станции установлено новое оборудование [2]. Станция в данной конфигурации продолжала работу до ноября 2018 г. Кроме казахстанских станций, проект CAREMON (2010-2014 гг.) включал станции на территории Кыргызстана, Туркмении, Таджикистана и Узбекистана. Все станции проекта были оснащены широкополосным трехкомпонентным сейсмометром, акселерометром сильных движений и осуществляли передачу данных в режиме реального времени. После окончания проекта CAREMON станция продолжила свою работу.

Сейсмическая станция «Подгорное» PDGK расположена в Уйгурском районе Алматинской области, в поселке Кыргызсай (Подгорное), на его юго-восточной окраине, в правом борту речки Кыргызсай вблизи впадения в нее речки Подгорная. Сейсмическая

станция находится на высоте 1290 м над уровнем моря, у северного подножья западного окончания хребта Кетмень. Координаты станции: 43.3276° северной широты и 79.4849° восточной долготы. На расстоянии 300 м от станции проходит проселочная дорога, движение по дороге редкое. Другая сельская дорога проходит на расстоянии порядка 1000 м от сейсмостанции. В 10-12 км от станции проходит крупное шоссе. В поселке Кыргызсай промышленность слабо развита, до 2010 года эпизодически работала электрическая мельница, небольшой кирпичный завод на расстоянии 2 километра, а также в непосредственной близости от станции (500 м) работала лесопилка, преимущественно в летнее время. Кроме техногенных факторов на сейсмический шум могут оказывать влияние природные факторы - это естественная сейсмичность вблизи станции Подгорное, небольшая речка вблизи станции – порядка 100 м., крупная полноводная река Чарын – 10 км, и озеро Иссык-Куль ~ 110 км.

Приборное сооружение, в котором установлены сейсмические датчики и регистрирующая аппаратура, размещено на коренных выходах пород в краевой части малой субвулканической интрузии трахилипаритового–трахидацитового состава (рисунок 1).

Станция PDGK расположена в Северном Тянь-Шане, который характеризуется высокой сейсмический активностью. Сам хребет Кетмень имеет среднее значение уровня активности по сравнению с другими хребтами Тянь-Шаня: A_{10}=0.06, γ=0.48 [3]. Самое сильное землетрясение в радиусе 100 км за период работы станции произошло 01 декабря 2003 года, Ms=6.0 на эпицентральном расстоянии 96 км.

Исходные волновые формы сейсмической станции PDGK хранятся в IRIS/DMC [4] в формате SEED с 1998 г., данные обработки сейсмических фаз высылаются в Международный сейсмологический Центр ISC [4] на регулярной основе с 2010 г.

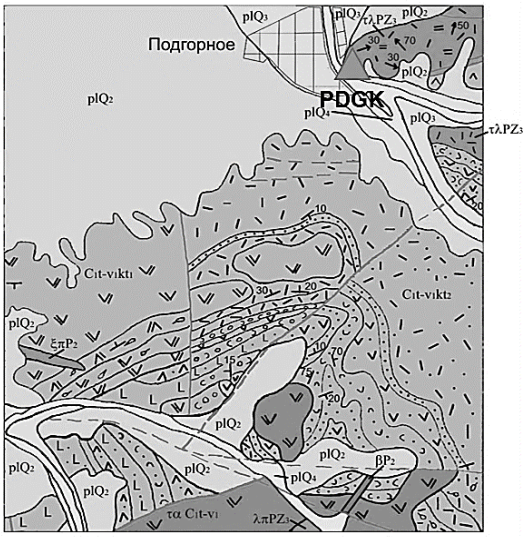


Рисунок 1 – Геологическая карта участка расположения станции Подгорное. Масштаб 1:50000

Характеристика сейсмической аппаратуры. В таблице 1 представлены параметры аппаратуры, работавшей на станции, на рисунке 2 представлены амплитудно-частотные характеристики приборов. До февраля 2010 г. в качестве регистратора использовался REFTEK72A [6]. Самый ранний период работы с октября 1997 по сентябрь 1998 г. в качестве сейсмометра использовался CMG40T (GURALP) (таблица 1, рисунок 2) [7, 8]. Следующий период с сентября 1998 по март 2000 года сейсмометр CMG40T был заменен на CMG3ESP (таблица 1, рисунок 2) [7, 8]. После окончания проекта CHENGIZ аппаратура была демонтирована, и станция восстановила свою регистрацию только лишь с марта 2001 года. Усилиями сотрудников ИГИ были приспособлены для временной регистрации 2 сейсмометра: полевой узкополосный сейсмометр L4C [7] и советский сейсмометр С5С [9], в качестве регистратора использовался дигитайзер REFTEK72A (таблица 1, рисунок 2). За период май

2003 – ноябрь 2009 года в качестве сейсмометра использовался CMG3ESP, после выхода из строя в ноябре 2009 г., он был заменен на L4C и проработал в такой конфигурации до января 2010 г.

В феврале 2010 г. в соответствии со стандартами проекта CAREMON [2] на глубине 3 м установлен широкополосный трехкомпонентный сейсмометр CMG-3ESPC и акселерометр CMG-5T (Gularp, Англия) [8], которые совместно с аппаратурой оцифровки, обработки и накопления Guralp CMG-DM246S и Guralp CMG-EAMPC позволяют получать и передавать качественную информацию (рисунок 3). По спутниковому каналу данные, регистрируемые станцией, начали поступать в Центр сбора и обработки специальной сейсмической информации (г. Алматы) и участвовать в создании регионального бюллетеня.

15 ноября 2018 г. на станции произведена замена геофизического оборудования фирмы Guralp (Великобритания) на приборы фирмы Nanometrics (Канада) – рисунок 4, таблица 1 [10]. Были установлены: 6-канальный регистратор Centaur, широкополосный (до 120 сек) сейсмометр Trillium Compact и акселерометр (до 4g) Titan. Спутниковое оборудование, система питания остались прежними.

Проведено сравнение технических параметров прежней и новой аппаратуры: диапазон частот, чувствительность сейсмических датчиков фирм Guralp и Nanometrics совпадают и, таким образом, соответствуют требованиям техспецификации по данному проекту. У сейсмометра Trillium Compact диапазон частот (от 1/120 до 108 Гц) значительно превышает этот параметр сейсмометра CMG-3ESPC (таблица 1). Кроме того, в конструкции сейсмометра Trillium Compact применена ортогональная ориентация маятников, что означает, что все 3 компоненты находятся в равных физических условиях, и это приводит к более надежной работе измерительной системы.

Таблица 1. Характеристика сейсмической аппаратуры

Сроки работы	Тип сейсмометра	Дигитайзер	Частота оцифровки	Частотный диапазон
Октябрь 1997-сентябрь 1998	CMG40T	REFTEK 72 A	40 Гц	0.03-50.0 Гц
Сентябрь 1998 – март 2000	CMG3ESP	REFTEK 72 A	40 Гц	0.1-50.0 Гц
Март 2001 – май 2003	L4C	REFTEK 72 A	40 Гц	Пассивный сенсор, центральная частота 1 Гц
	C5C	REFTEK 72 A	40 Гц	0.2-20 Гц
май 2003 – ноябрь 2009	CMG3ESP	REFTEK 72 A	40 Гц	0.1-50.0 Гц
Ноябрь 2009-январь 2010	L4C	REFTEK 72 A	40 Гц	Пассивный сенсор, центральная частота 1 Гц
Февраль 2010-май 2014	CMG3ESP	DM24	100 Гц	0.1-50.0 Гц
май 2014 ноябрь 2018	CMG3ESP	DM24	40 Гц	0.1-50.0 Гц
Ноябрь 2018 по настоящее время	Trillium 120	Centaur CTR3-6S	40 Гц	0.008-108 Гц

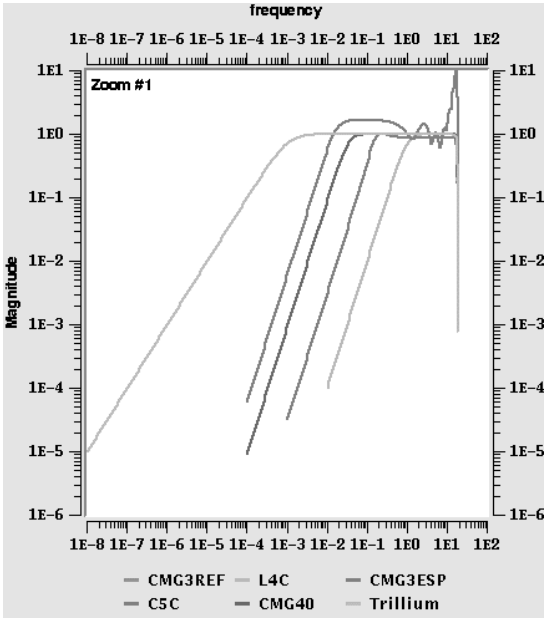
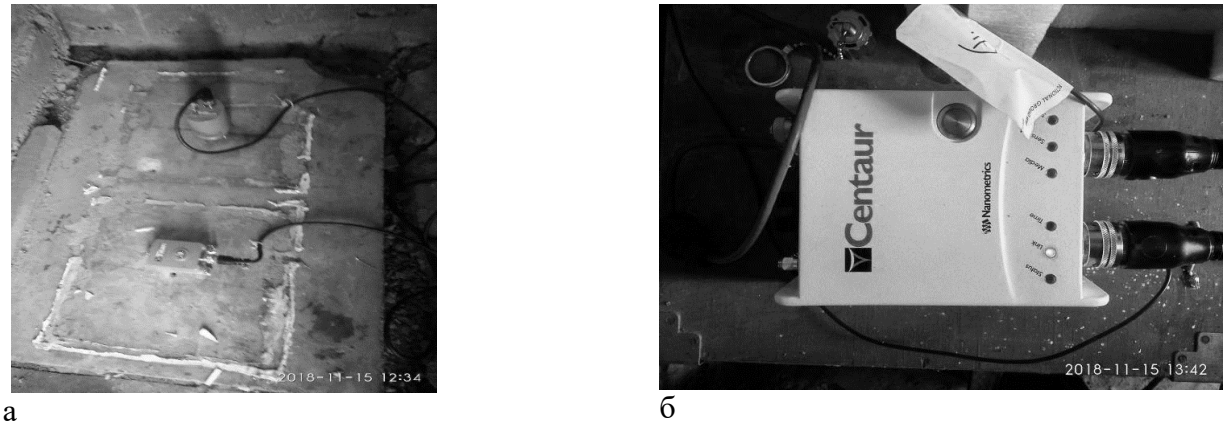


Рисунок 2 – Амплитудно-частотная характеристика различных сейсмометров, установленных на станции PDGK



а б

Рисунок 3 - Трехкомпонентная сейсмическая станция Подгорное (PDGK): а - сейсмометры (акселерометр CMG-5T - слева, CMG-3ESPC - справа); б – сейсмометры: акселерометр CMG-5T, CMG-3ESPC; регистрирующая аппаратура и система питания (по состоянию до ноября 2018 г.)



а б

Рисунок 4 – Сейсмическая станция Подгорное. Установка нового оборудования: а - сейсмометр Trillium Compact и акселерометр Titan,4g; б - регистратор Centaur CTR3-6S

Методика исследований. Структура микросейсмических помех изучалась путем построения спектров плотности сейсмического шума для всех трех компонент. Методика такого анализа подробно описана в работах [11-14]. Выбирались 10-и минутные отрезки без сейсмических событий и коды сильных землетрясений. Для анализа использовались каталоги по глобальным мировым сетям NEIC (USGS) и REB (СТВТО), а также региональный интерактивный сейсмический бюллетень Центра сбора и обработки специальной сейсмической информации (ЦСОССИ). Выбирались фрагменты записей за ночное (17-18 ч. GMT) и дневное время (7-8 ч. GMT). Для анализа создавались выборки, состоящие из 15 фрагментов сейсмических записей, по которым строились медианные спектры. Расчеты проводились для каждого канала С-Ю, В-З и Z. Для исследования влияния аппаратуры использовались записи с одинаковыми комплектами, всего проведен анализ для 6 периодов времени: до сентября 1998 г., 1999 г., 2001 год расчеты проводились для 2х типов сейсмометров, 2016 г. и с ноября 2018 г. Все периоды выбраны таким образом, чтобы частота оцифровки совпадала. На рисунке 5 представлены кривые спектральной плотности сейсмического шума для дня и ночи с разными комплектами оборудования.

Для всех комплектов кроме L4C+REFTEK уровень шума тяготеет к нижнеуровневой модели сейсмического шума Петерсона [15], однако обращает на себя внимание различие в спектрах для дневного и ночного времени в высокочастотной области. Так в диапазоне периодов от 0.05 до 0.4 секунды разница составляет 7 дБ. Это связано с тем, что станция расположена на окраине поселка, недалеко от станции работает лесопилка, которая создает помехи в широкой полосе частот. Однако в рабочем диапазоне от 0.7 до 2 секунд разницы между дневными и ночными уровнями шумов нет, что объясняет высокую чувствительность станции при регистрации сейсмических событий как на региональных, так и на телесейсмических расстояниях. Для комплекта Trillium+Centaur разницы между дневным и ночным уровнем шума нет, так как в 2018 г. в поселке практически не было техногенной деятельности, производство не работало. Не наблюдается разницы между дневным и ночным уровнем шума для комплекта L4C+REFTEK, так как собственный уровень шума сейсмометра превышает уровень техногенных шумов. Для комплекта CMG3ESP+DM24 характерны спайки для ночного периода времени, спаек не было при использовании дигитайзера REFTEK и Centaur. На рисунке 6 приведены спектральные плотности сейсмического шума для всех 4х комплектов оборудования Z-компонента, ночное время. Самый низкий уровень сейсмического шума наблюдается для установки C5C+REFTEK, очень близок к нему Trillium+Centaur, самый высокий уровень сейсмического шума у комплекта L4C+REFTEK, так как сейсмометр L4C является полевым с высоким уровнем внутреннего шума сейсмометра.

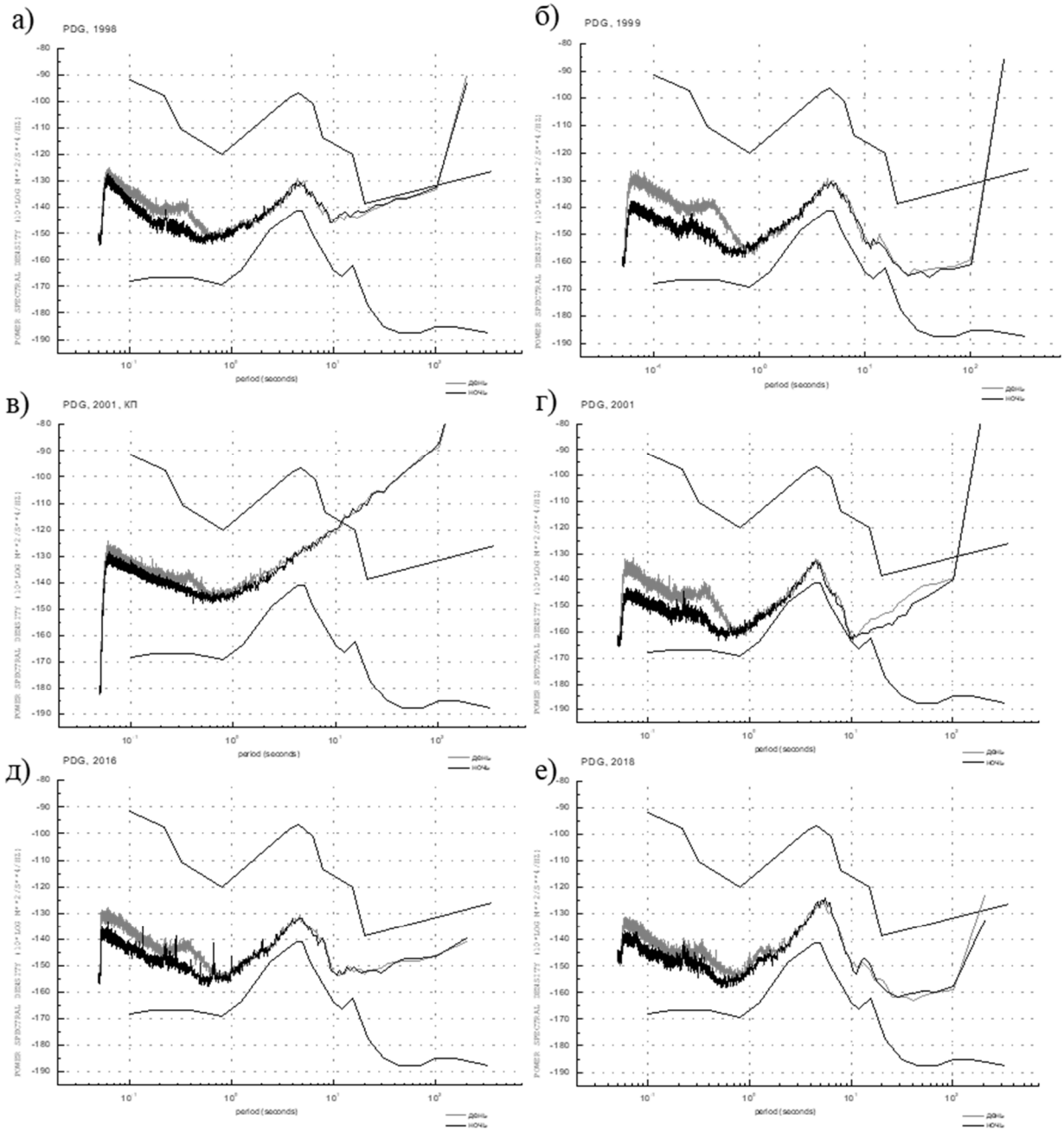


Рисунок 5 – Спектральные кривые сейсмического шума для дня и ночи Z- компонента: а – CMG40T+REFTEK, б – CMG3ESP+REFTEK, в – L4C+REFTEK, г – C5C+REFTEK, д – CMG3ESP+DM24, е – Trillium+Centaur

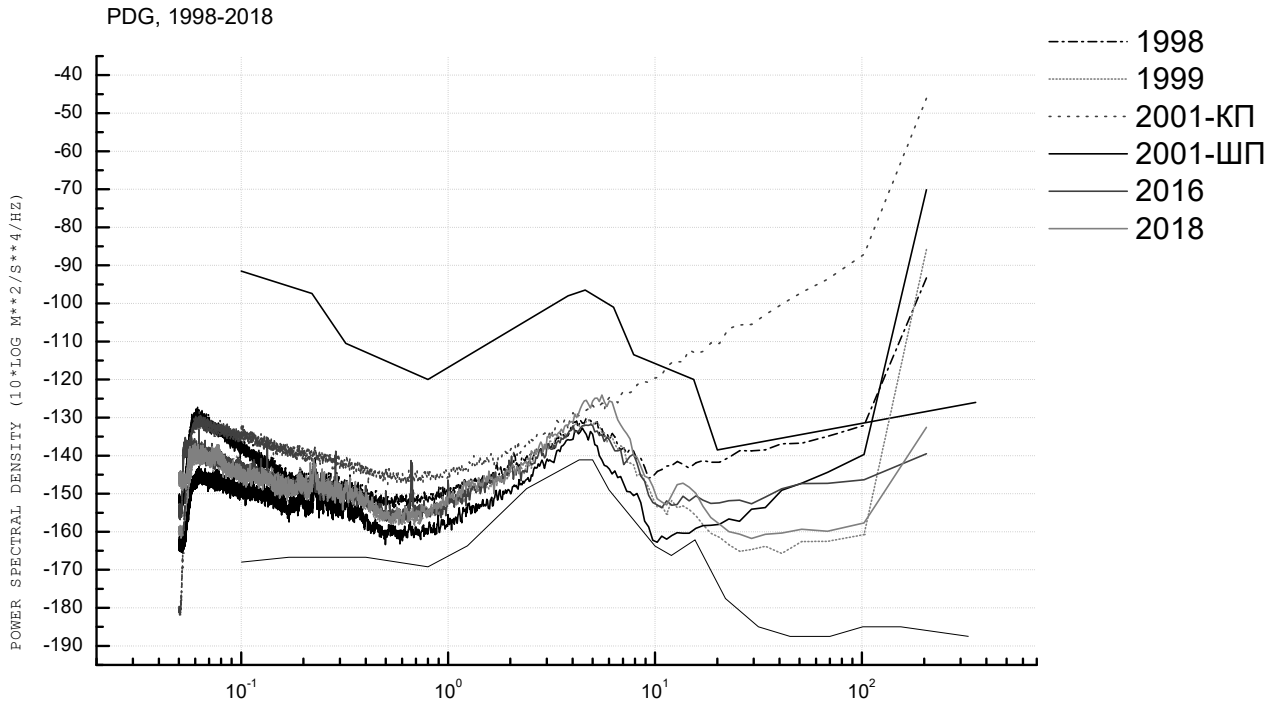


Рисунок 6 – Спектральные кривые плотности сейсмического шума. Z- компонента, ночное время

Выводы:

1. Оценка параметров сейсмического шума по станции «Подгорное» свидетельствует о хороших возможностях этой станции для мониторинга сейсмических событий различной природы. Медиана спектральной плотности сейсмического шума близка к нижнеуровневой мировой модели сейсмического шума. Диапазон вариаций для дневного и ночного времени на высоких частотах достаточно велик, что связано с местоположением станции в поселке, однако в рабочем диапазоне частот около 1 Гц уровень шума в ночное и дневное время совпадает.
2. Сравнение спектральные плотности сейсмического шума для разных комплектов оборудования, установленных на станции свидетельствует от том что: CMG3ESP+REFTEK и CMG3ESP+DM24 близки по характеристикам, однако дигитайзер REFTEK показал большую надежность, чем DM24, он проработал без сбоев длительный период времени. Комплект Trillium+Centaur имеет чувствительность, внутренний уровень шума, сходный с CMG3ESP+REFTEK и CMG3ESP+DM24, однако уровень спектральной плотности сейсмического шума немного ниже, кроме того у сейсмометра Trillium Compact диапазон частот значительно превышает этот параметр сейсмометра CMG3ESP.
3. Самый низкий уровень шума был у комплекта C5C+REFTEK, что говорит о том, что оставшиеся с советских времен в рабочем состоянии сейсмометры можно использовать, подобрав подходящий дигитайзер, что может значительно удешевить стоимость комплекта оборудования.

Литература

1. Земная кора и верхняя мантия Тянь-Шаня в связи с геодинамикой и сейсмичностью / Отв. ред. А.Б. Бакиров. Бишкек: Илим. 2006. 116 с.
2. Михайлова Н.Н., Строллo А., Кунаков В.Г., Великанов А.Е., Синёва З.И. Новые казахстанские станции, установленные в рамках проекта CAREMON // Вестник НЯЦ РК. 2012. Вып. 1. С. 27-32.

3. Нерсесов И.Л., Сыдыков А., Нурмагамбетов А., Михайлова Н.Н. Сейсмический режим Северного Тянь-Шаня в связи с Жаланаш-Тюпским землетрясением 25.03.1978 г. // Физика земли. 1981. № 5. С. 18-30.
4. Электронный ресурс: https://www.iris.edu.
5. Электронный ресурс: www.isc.ac.uk.
6. Электронный ресурс: https://www.reftek.com
7. Havskov J., Alguacil G. Instrumentation in Earthquake Seismology // Springer. 2004, p.360. DOI 10.1007/978-1-4020-2969-1.
8. Электронный ресурс: http://www.guralp.com/products/instruments
9. Аранович З.И. и др. Основные типы сейсмометрических приборов // Аппаратура и методика сейсмометрических наблюдений в СССР. М.: Наука, 1974. С. 117.
10. https://www.nanometrics.ca/products/seismometers/trillium-compact
11. Михайлова Н.Н., Комаров И.И. Спектральные характеристики сейсмического шума по данным казахстанских станций мониторинга // Вестник НЯЦ РК. 2006. Вып. 2. С. 19-26.
12. Соколова И.Н., Мукамбаев А.С. Модель сейсмического шума по наблюдениям сейсмической станции "Подгорное" // Вестник НЯЦ РК. 2007. Вып. 1. С. 57-63.
13. Соколова И.Н., Михайлова Н.Н. О характеристиках сейсмического шума на периодах, близких к 1.7 с, по данным станций Северного Тянь-Шаня // Вестник НЯЦ РК. 2008. Вып. 1. С. 48-53.
14. Гордиенко Д.Д. Временные вариации параметров сейсмического шума по данным станций НЯЦ РК // Вестник НЯЦ РК. 2010. Вып.1. С. 5-10.
15. Peterson, J. Observation and Modeling of Seismic Background Noise. Open-File Report 93-322, Albuquerque, New Mexico, 1993- 42 pp.

УДК 550.34

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКОРОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ КОРЫ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УТОЧНЕНИИ ГИПОЦЕНТРИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ СРЕДНЕГО ПОБУЖЬЯ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ УКРАИНА)

Назаревич Р.А.[1], Назаревич А.В.[2], Хмельовская М.И.[3]
nazarevych.a@gmail.com
[1]Фирма "Реббикс", г. Львов, Украина
[2] Карпатское отделение Института геофизики им. С.И. Субботина Национальной академии наук Украины, г. Львов, Украина
[3] Львовский национальный университет им. И. Франко, г. Львов, Украина

В работе представлены подходы к уточнению гипоцентрии сейсмических событий Среднего Побужья (центральная Украина). По результатам анализа скоростного строения литосферы исследуемого региона, в том числе по региональным профилям ГСЗ, построена «взвешенная» усредненная горизонтально-слоистая скоростная модель верхней литосферы для него (земной коры и верхов мантии), и на основе этой модели построена семья расчетных Побужских годографов первых вступлений сейсмических волн ($Пб_р'$), которая затем используется для уточненной гипоцентрии местных сейсмических событий (землетрясений, взрывов в карьерах и шахтах и пр.). Оценена эффективность построенных годографов по сравнению с используемыми к настоящему времени для этого района «стандартными» усредненными локальными годографами Джеффриса.

Ключевые слова: гипоцентрия сейсмических событий, скоростное строение земной коры, усредненная горизонтально-слоистая скоростная модель, расчетный годограф, Среднее Побужье, Украинский щит.

Введение. Уточнение гипоцентрии сейсмических событий является одной из актуальных задач сейсмологии. Оно позволяет повысить надежность пространственно-глубинной локализации источников сейсмических волн – очагов землетрясений, мест взрывов, оползней и пр., что, в свою очередь, дает возможность надежно трассировать сейсмоактивные глубинные разломы, контроллировать опасные природные и техногенные геологические процессы (оползни, обвалы в шахтах, карстовые провалы), а также мониторить опасную деятельность человека (взрывы в карьерах, разные техногенные аварии и пр.).

Методика уточнения гипоцентрии. В сейсмологической практике в задачах гипоцентрии в последнее время широко применяются разные методики, учитывающие скоростное строение литосферы регионов, данные о котором получаются как сейсмологическими, так и другими геофизическими методами, в частности, при отработке международных геотраверсов и региональных профилей методами ГСЗ-КМПВ. Нами также ранее использованы такие подходы для уточнения гипоцентрии одной из наиболее сейсмоактивных зон Украины – Закарпатья [1-3]. Для этого по данным регионального профиля ГСЗ РП-17 построена усредненная горизонтально-слоистая модель земной коры Закарпатского прогиба и для нее построена семья Закарпатских расчетных годографов первых вступлений сейсмических волн для разноглубинных очагов сейсмических событий, с применением которых проведено уточнение гипоцентрии местных землетрясений. В результате удалось значительно (в среднем в 3 раза, с уменьшением невязок с ±2,5÷4,5 км до ±0,7÷1,2 км) повысить точность локализации очагов по координатам и глубине и, таким образом, значительно надежнее определять и трассировать сейсмоактивные разломы как по латерали, та и вглубь коры, существенно углубить и детализировать изучение сейсмотектоники и геодинамики сейсмоактивного Закарпатского прогиба и прилегающих территорий [1-4]. Подобные подходы были применены и при изучении сеймотектоники

Украинского Предкарпатья [5-8].

В данной работе предсталены результаты применения указанных подходов и методик для уточнения гипоцентрии сейсмических событий района Среднего Побужья (центральная Украина) (рис. 1). Актуальность этой задачи именно для данного района обусловлена, в том числе, наличием здесь атомных электростанций (Запорожской и Южно-Украинской АЭС), плотин ГЕС и водохранилищ, других опасных обьектов.

Результаты. Скоростная модель коры. Рассматриваемый нами район Среднего Побужья (рис. 1) тектонически является центральной частью Украинского щита (рис. 2). Для анализа скоростного строения земной коры в этом районе использованы данные по региональному профилю ГСЗ VIII (Таганрог – Днепропетровск – Могилев-Подольский) и локальному профилю Голованевск – Винница [9]. По этим данным построены скоростные модели (скоростные колонки) для отдельных блоков земной коры и затем построена «взвешенная» усредненная скоростная модель коры района исследований, при этом учтен «удельный весовой взнос» скоростной модели конкретных тектонических блоков (в соответствии с занимаемой ими площадью по отношению к общей площади исследуемого района) [10, 11].

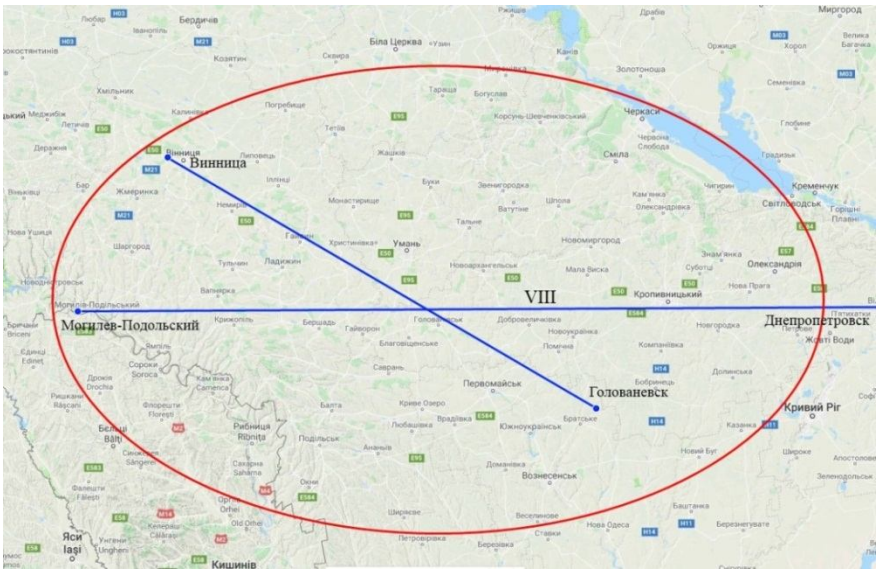


Рисунок 1 – Район Среднего Побужья (очерчен овалом) на картооснове Google maps и региональные профили ГСЗ (темные линии) на этой территории

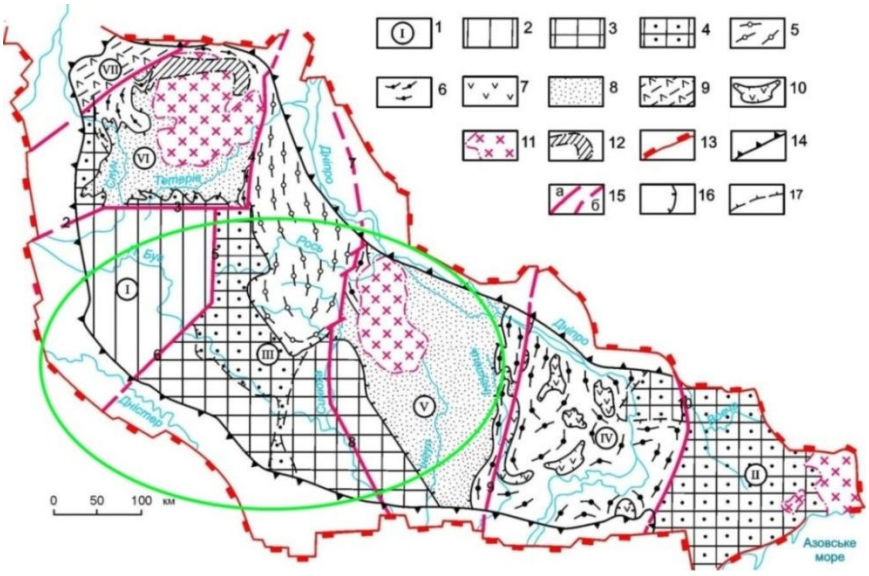
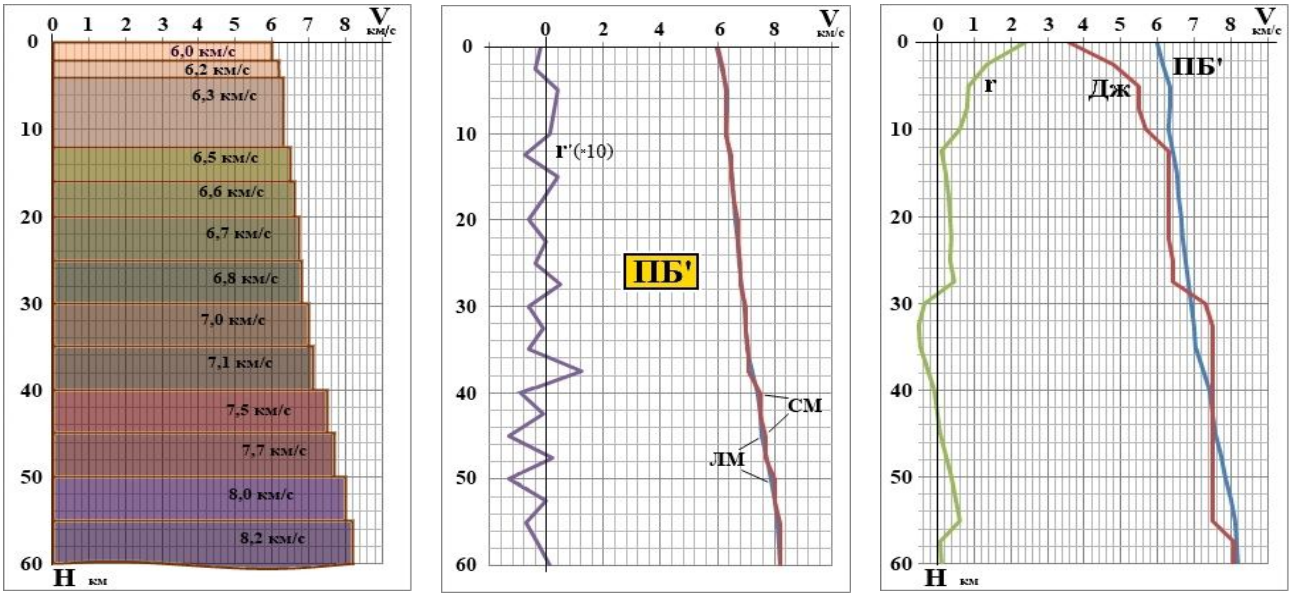


Рисунок 2 – Район Среднего Побужья (очерчен овалом) на геолого-тектонической картосхеме Украинского щита по [10]

Следующий шаг – построение апроксимирующей горизонтально-слоистой модели земной коры для исследуемого района, соответствующей с заданной точностью полученной по результатам анализа «взвешенной» усредненной «линейной» скоростной модели. Этот шаг связан с тем, что у нас для гипоцентрии землетрясений используется программа «Нуро» разработки С.Т. Вербицкого и Ю.Т. Вербицкого [12], в которой предусмотрено применение «стандартного» усредненного локального годографа Джеффриса [13] или аналогичных региональных годографов [1-3, 14]. Результаты таких построений показаны на рис. 3.



а) б) в)

Рисунок 3 – Апроксимирующая горизонтально-слоистая модель земной коры для района Среднего Побужья (а), сравнение её со «взвешенной» усредненной «линейной» моделью земной коры для этого района (б) и с моделью, соответствующей «стандартному» усредненному локальному годографу Джеффриса (в) (пояснения в тексте)

Здесь (на рис. 3, а) показана построенная горизонтально-слоистая модель (**СМ** на рис. 3, б) земной коры для района Среднего Побужья, апроксимирующая с заданной точностью (рис. 3, б) усредненную «линейную» скоростную модель (**ЛМ** на рис. 3, б) коры района. Модель получилась 13-слойной.

Сравнение этих моделей показано на рис. 3, б. Видим, что модели очень хорошо согласуются между собой – оба графика практически накладываются один на другой. Отклонение между ними (разность **r′**, показанная на рис. 3, б в увеличенном в 10 раз масштабе) не превышает (здесь и далее – для скоростей Р-волн) ±0,07 км/с до глубин 35 км и ±0,13 км/с до глубин 60 км (в среднем ±0,036 км/с и ±0,062 км/с соответственно). Несколько увеличенное отклонение между моделями на бо̀льших глубинах некритично, поскольку первые вступления волн, распространяющихся вдоль по этим слоям от верхнекоровых (0-33 км) землетрясений, появляются на эпицентральных расстояниях от 150-230 км и дальше, и мало влияют (учитывая затухание сейсмических волн и задействование весовых коэффициентов для разных станций и очаговых зон в программе гипоцентрии) на итоговую точность гипоцентрии.

Кратко анализируя полученное скоростное строение земной коры Среднего Побужья (еще раз отметим – центральной части Украинского щита) как само по себе, так и в сравнении с рассчитанной нами «стандартной» скоростной моделью коры континентов (рис. 3, в), соответствующей используемому для этого района известному [13] «стандартному» усредненному локальному годографу Джеффриса, а также в сравнении с построенной нами ранее подобной горизонтально-слоистой моделью земной коры Закарпатского прогиба [1-3], отметим следующее.

В верхней части коры района скорости сейсмических волн значительно (на 1,5-2,5 км/с)

выше, чем по «стандартному» годографу Джеффриса (см. график **r** на рис. 3. в) или в Закарпатском прогибе (см. [1-3]), что связано с отсутствием здесь осадочного слоя (практически на поверхность выходят граниты со скоростями 5,9-6,2 км/с). Глубже (до 4 км) скорости немножко возрастают (до 6,3-6,4 км/с) и дальше до 12 км остаются практически постоянными. Это связано с наличием в некоторых местах (блоках коры) на этих глубинах подзон пониженных (6,1±0,1 км/с) скоростей в гранитах на глубинах 6-12 км, что нивелирует некоторое (до 6,5-6,6 км/с) возрастание скоростей в других блоках. Ниже (от 12 до 40 км) скорости плавно возрастают с 6,5 до 7,1 км/с с градиентом примерно 0,1 км/с на 5 км глубины. Еще ниже (в диапазоне 40-50 км) в нашей усредненной модели (рис. 3, а) скорости увеличиваются заметнее (до 7,5-7,7 км/с), поскольку в некоторых блоках на этих глубинах уже находится раздел М, а ниже него – мантия со скоростями 8,0-8,2 км/с. И на глубинах 50-60 км скорости в модели уже достигают мантийных значений (8,0-8,2 км/с) поскольку практически всюду (глубже 55 км) здесь уже присутствует мантия.

Побужский расчетный годограф. На основе описанной усредненной модели построена семья разноглубинных (для глубин очага 0/3/6/10/15/20/25/33/40/50/60 км) расчетных Побужских годографов первых вступлений для Р-волн **$Пб_р'(Р)$** (рис. 4, а).

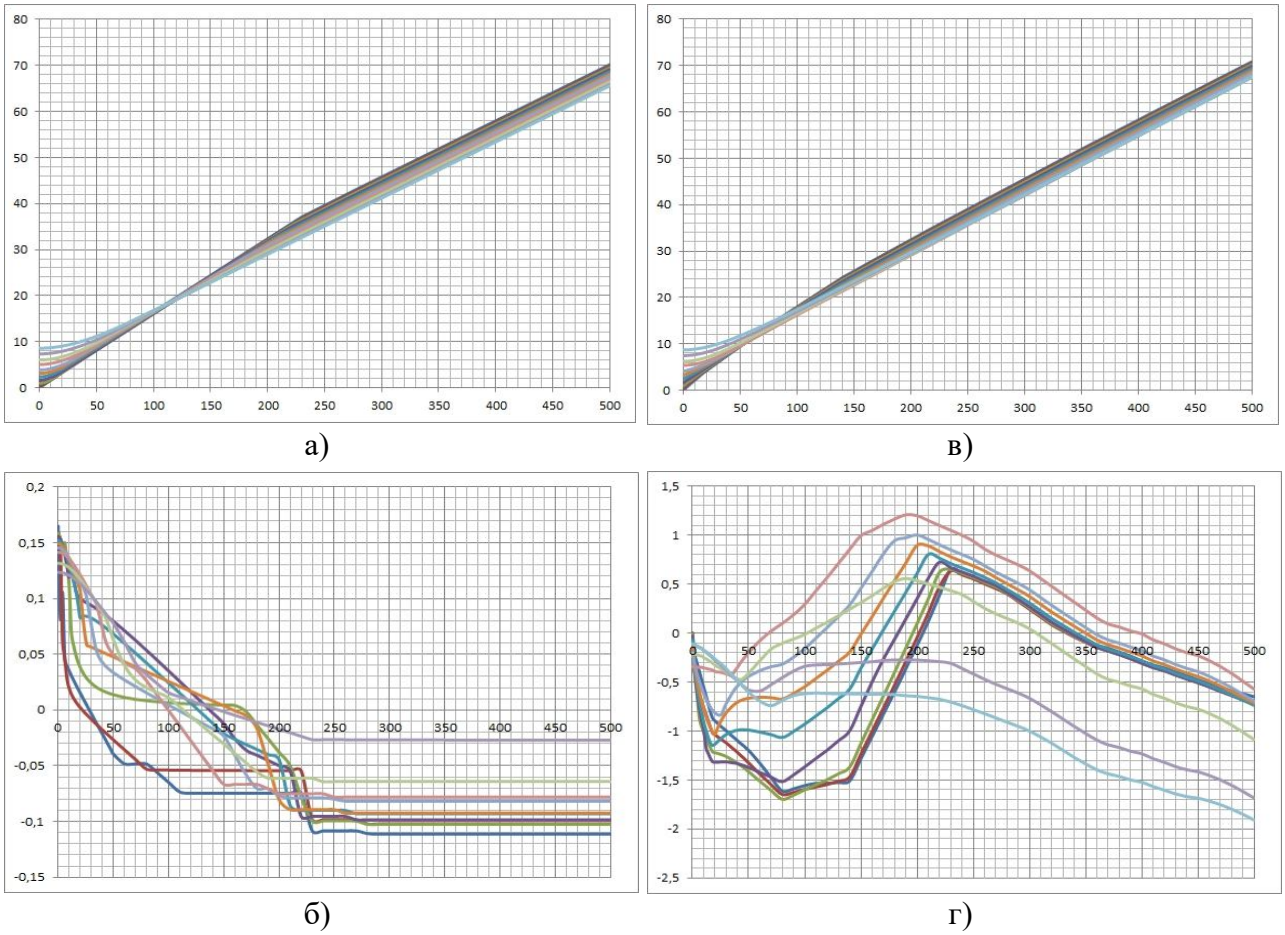


Рисунок 4 – Семья Побужских расчетных годографов первых вступлений Р-волн (**$Пб_р'(Р)$**) для разных глубин очага (0/3/6/10/15/20/25/33/40/50/60 км), (а); «удельная» (на 1 км глубины) их чувствительность по глубине (б); семья «стандартных» усредненных локальных годографов Джеффриса для тех же глубин (в); разности времен между «одноглубинными» годографами (г) (вертикальные шкалы – время (в секундах), горизонтальные – эпицентральное расстояние Δ (в километрах))

В математической постановке задача сформулирована так – необходимо решить кинематическую задачу сейсмологии для известной горизонтально-слоистой модели среды и локализованых на разных глубинах источников сейсмических волн. Для этого расчитаны

времена прихода в находящуюся на дневной поверхности точку регистрации прямых и преломленных лучей – рефрагированных на границах разноглубинных слоев Р-волн от очагов соответствующей глубины в зависимости от эпицентральных расстояний **Δ** между проэкцией источника на дневную поверхность (эпицентром) и этой точкой регистрации. Для итогового годографа из полученного набора значений времени прихода волн на сейсмостанцию выбраны минимальные значения для каждого эпицентрального расстояния **Δ**. Один из вариантов таких расчетов реализован с применением возможностей программного пакета Excel.

Расчетные Побужские годографы **$Пб_{р}'(S)$** для S-волн построены на основе годографов для Р-волн пересчетом с принятым в сейсмологии стандартным коэффициентом 1,73.

Для оценки эффективности при применении в гипоцентрии местных землетрясений Среднего Побужья расчетных Побужских годографов **$Пб_{р}'$** проведен их анализ (рис. 4, б), а также сравнение со «стандартными» локальными годографами Джеффриса (рис. 4, в, г).

По данным на рис. 4, б видим, что «удельная» (на 1 км глубины) чувствительность по глубине для расчетных Побужских годографов лежит в пределах от +0,15 с/км до -0,1 с/км.

Зона «перехлестывания) расчетных годографов находится на эпицентральных расстояниях 100-140 км (рис. 4, а), это зона наименьшей их «чувствительности» (дифференциации) по глубине, «удельные» (на 1 км глубины) разницы между разноглубинными годографами здесь находятся в основном в пределах ±0,03 с (рис. 4, б). В то же время зона «перехлестывания» годографов Джеффриса (рис. 4, в) шире (по временам) и находится на эпицентральных расстояниях 70-100 км, это обусловлено тем, что эквивалентная годографу Джеффриса модель (рис. 3, в) имеет, как уже отмечалось выше, значительно более низкоскоростные верхние слои, вследствие чего распространяющиеся по низшим высокоскоростным слоям рефрагированные волны обгоняют и выходят в первые вступления на значительно меньших эпицентральных расстояниях.

Из сравнения годографов Побужских и Джеффриса (рис. 4, г) видим, что разности между «одноглубинными» годографами достаточно большие – в пределах от +1 с до -1,5 с и больше. То есть, учитывая, что расчетный Побужский годограф соответствует реальному скоростному строению литосферы региона, он дает уточнение гипоцентрии местных сейсмических событий по сравнению с годографом Джеффриса в пределах до 1,5-2 с по времени (в т.ч. по времени в очаге) и, соответственно, до 5-7 и даже 7-10 км и более по координатам и глубине, учитывая высокие, как для коры (6-8 км/с), скорости в разноглубинных ее слоях.

Один из подходов к дальнейшему уточнению гипоцентрии сейсмических событий Среднего Побужья (в отличие, например, от способа станционных годографов [15]) – построение и применение в уточненении этой гипоцентриии пространственной системы разноглубинных кинематических поправок к расчетным годографам, определяемых с учетом данных о скоростном строении литосферы конкретных блоков и/или сейсмологических данных (так называемых усредненных невязок сейсмических волн), подобные подходы уже использовались нами ранее для уточнения гипоцентрии землетрясений Карпатского региона Украины [16, 17]. Для уточнения годографов S-волн используются аналогичные поправки (невязки), рассчитанные по данным о пространственном распределении скоростей S-волн и/или соотношений V_P/V_S.

Компьютерные технологии в гипоцентрии землетрясений. В данном исследовании широко применены различные компьютерные технологии. Это касается как самой программы Нуро, так и анализа и построения скоростных моделей коры, их сравнения и подгонки в интерактивном режиме и с использованием итерационных циклов последовательных приближений. Также разное програмное обеспечение было использовано при создании семьи расчетных годографов первых вступлений Р- и S-волн, при их «подключении» к имеющимся программам гипоцентрии, при анализе результатов гипоцентрии с помощью разноглубинных модельных землетрясений разной пространственной локализации и при оценке полученных отклонений (невязок) относительно реального скоростного строения коры по имеющимся профилям. Для этих целей, в частности, использован программный пакет Excel, специально

разработанный в среде Си++, конвертеры данных [18, 19], результаты моделирования с помощью демоверсии програмного пакета Comsol и др. Как пример, на рис. 5 приведены результаты расчетов программным пакетом Excel в первом приближении поправок за сферичность Земли, применяемых для корректировки расчетных годографов, построенных для горизонтально-слоистой модели земной коры.

Δ	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
H=0	0	0	0,002	0,007	0,017	0,03	0,05	0,08	0,12	0,16	0,22
5	0										
10	0	0,015	0,031	0,047	0,063	0,079	0,094	0,11	0,126	0,141	0,157
15	0										
20	0	0,0275	0,058	0,086	0,115	0,145	0,172	0,201667	0,231	0,2585	0,287833
25	0										
30	0	0,0395	0,07	0,117	0,157	0,197	0,235	0,289667	0,3318	0,3713	0,413433
35	0										
40	0	0,0515	0,09	0,148	0,199	0,249	0,298	0,377667	0,4326	0,4841	0,539033
45	0										
50	0	0,0635	0,11	0,18	0,241	0,301	0,361	0,465667	0,5334	0,5969	0,664633

Рисунок 5 – Поправки за сферичность Земли к расчетным годографам, построенным для горизонтально-слоистой модели земной коры (диапазон глубин H 0-50 км, диапазон эпицентральных расстояний Δ 0-500 км, первое приближение, расчет програмным пакетом Excel, цветом выделены зоны поправок одной ступени величин)

Выводы. Подытоживая, отметим, что представленный подход к уточнению гипоцентрии сейсмических событий Среднего Побужья с использованием данных о скоростном строении литосферы исследуемого региона, в том числе по региональным профилям ГСЗ, построении «взвешенной» усредненной горизонтально-слоистой скоростной модели верхней литосферы для него (земной коры и верхов мантии), и построении на основе этой модели семьи расчетных Побужских годографов первых вступлений сейсмических волн (**Пб$_р$**´), которые затем используется для уточненной гипоцентрии местных сейсмических событий (землетрясений, взрывов в карьерах и шахтах и пр.), обеспечивает существенное (до 1,5-2 с по времени и до 5-7 км и более по координатам и глубине) уточнение результатов гипоцентрии.

Представленная работа отличается от ряда известных подобных публикаций по району Побужья тем, что здесь поставлены другие (именно сейсмологические) цели и задачи исследований, проведен значительно более детальный (в частности, по глубине, по сравнению, например, по [20]) анализ скоростного строения литосферы исследуемого региона (13 слоев вместо 2-х, что позволяет, в первую очередь, уточнить «ближние» – до 80-120 км части годографа, эффективно повышая точность гипоцентрии за счет ближних к эпицентрам станций, где вступления волн более сильные и четкие), использованы на разных этапах специфические варианты методик, и, соответственно, получены новые результаты, которые позволяют трассировать по площади и вглубину простирание сейсмоактивных разломов и локальных разрывных нарушений, прогнозировать локализацию связанных с ними или ограничиваемых ими залежей полезных ископаемых, уточнять степень сейсмического и геоэкологического риска для опасных обьектов – ГЭС, АЭС и пр.

Изложенные подходы, методики и результаты представляют интерес для ученых и специалистов, занимающихся изучением глубинного строения литосферы и сейсмичности, обработкой сейсмологических данных.

Литература

1. Назаревич А.В., Назаревич Л.Е. Расчетные годографы сейсмических волн в гипоцентрии карпатских землетрясений // Вестник КНУ им. Тараса Шевченко. Геология. 2003. № 26-27. С. 98-103 (на укр. яз.).
2. Назаревич Л.Е., Назаревич А.В. Методики уточнения параметров гипоцентров Карпатських землетрясений // Геодинамика. 2004. № 1 (4). С. 53-62 (на укр. яз.).

3. Kováčiková S., Logvinov I., Nazarevych A., Nazarevych L., Pek J., Tarasov V., Kalenda P. Seismic activity and deep conductivity structure of the Eastern Carpathians. – Stud. Geophys. Geod., 2016, 60, 280-296, DOI: 10.1007/s11200-014-0942-y.
4. Назаревич А.В., Назаревич Л.Е., Шлапинский В.Е. Сейсмичность, геология, сейсмотектоника и геодинамика района Теребле-Рицкой ГЕС (Украинское Закарпатье) // Геодинамика. 2016. № 1 (20). С. 170-192. DOI: 10.23939/jgd2018.01.060 (на укр. яз.).
5. Назаревич Л.Е., Назаревич А.В. Сейсмичность и сейсмотектоника Надворнянского нефтегазоносного района (Украинское Предкарпатье) // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. 2015. Т. 90. Вып. 6. С. 17-27.
6. Назаревич Л.Е., Назаревич А.В. Особенности сейсмичности района нефтепромыслов Надворной (Украинское Предкарпатье) и ее связь с тектоникой и геодинамикой региона // Материалы Четвертой тектонофизической конференции. Т.3. М. 2016. С. 99-107.
7. Назаревич Л.Е., Назаревич А.В. Сейсмогеодинамическая активизация нефтегазоносных районов Предкарпатского прогиба (Долина, Надворная, Борислав) // Минеральные ресурсы Украины. 2018. № 2. С. 36-42, https://doi.org/10.31996/mru.2018.2.36-42 (на укр. яз.).
8. Назаревич Л., Назаревич А., Нищименко И., Олийнык Г., Назаревич Р., Хмельовская М. О техногенно–провальном землетрясении в Стебнике 30 (29) сентября 2017 г. // Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых “Geoterrace-2018”, 13-15 декабря 2018 г., г. Львов, Украина. Львов. 2018. С. 82-87 (на укр. яз.).
9. Строение земной коры и верхней мантии Центральной и Восточной Европы / Соллогуб В.Б., Гутерх А., Просен Д. и др. Киев: Наук. думка. 1978. 272 с.
10. Кирилюк В.П. Особенности раннедокембрийского метаморфизма и его связи с тектоникой // Геодинамика. 2012. № 2 (13). С. 43-54 (на укр. яз.).
11. Гинтов О.Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. Киев: Феникс. 2005. 572 с.
12. Карпатская сейсмологическая сеть Украины. Электронный ресурс: http://seism.lviv.ua
13. Jeffreys H., Bullen R. Seismological Tables. London, 1940. 84 p.
14. Кутас В.В., Руденская И.М., Калитова И.А. Карпатский годограф P- и S-волн и неоднородности литосферы // Геофиз. журн. 1999. Т. 21. № 3. С. 45–54.
15. Адилов З.А., Асманов О.А., Левкович Р.А. Станционные годографы // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: Материалы Шестой Международной сейсмологической школы. Обнинск: ГС РАН. 2011. С. 3-7.
16. Назаревич Л.Е., Назаревич А.В. Методики уточнения параметров гипоцентров Карпатских землетрясений // Геодинамика. 2004. № 1 (4). С. 53-62 (на укр. яз.).
17. Назаревич Л.Е., Назаревич А.В. Уточнение параметров карпатских землетрясений с учетом глубинного строения литосферы региона и усредненных кинематических невязок сейсмических волн // Вестник Киев. нац. ун-та им.Т. Шевченко. Геология. 2004. № 29-30. С. 83-88 (на укр. яз.).
18. Назаревич Р., Мархивка В., Струк Е., Назаревич А. Конвертация и препроцессинг данных деформографического мониторинга // Вестник Национального университета “Львовская политехника” “Компьютерные науки и информационные технологии”. 2011. № 694. С. 334-340 (на укр. яз.).
19. Morozov Yu., Nazarevych R., Nazarevych A., Struk Ye., Markhyvka V. Software of internet portal of geophysical monitoring // Вестник Национального университета “Львовская политехника” “Компьютерные науки и информационные технологии”. 2014. № 800. С. 228-238.
20. Шумлянская Л.А., Трипольский А.А., Цветкова Т.А. Влияние скоростной структуры коры на результаты сейсмической томографии Украинского щита // Геофиз. журн. 2014. Т. 36.№ 4. С. 95-117.

УДК 550.348.098.4+550.348.432

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК УПРУГОГО ПОЛЯ ЭНДОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БИШКЕКСКОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА

Непеина К.С.[1], Казначеев П.А.[2], Матюков В.Е.[1]
Nepeina.k@mail.ru
[1]Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика
[2]Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук,
г. Москва, Российская Федерация

В данной работе представлены результаты сейсмического мониторинга градиентной установкой, установленной на территории Научной станции РАН в г. Бишкеке (42.66 с.ш., 74.66 в.д.). Даны объяснения взаимосвязи изменений наблюдаемого на поверхности Земли упругого поля с процессами трещинообразования в литосфере Земли. Выдвинута гипотеза о происходящих микроземлетрясениях и проявляющихся, вследствие этого, эффектах анизотропии геологической среды. Приведен пример оценки энергетических характеристик сейсмического поля эндогенного происхождения (ЭХСПЭП). По итогам расчета функции взаимной корреляции установлена причинно-следственная связь между изменением ЭХСПЭП и лунно-солнечными приливами.

Ключевые слова: градиентная установка, эндогенный источник, лунно-солнечные приливы, Тянь-Шань.

Введение. В условиях активного тектогенеза в таких регионах как Тянь-Шань происходят обратимые и необратимые деформации. Рассматриваемые в данном исследовании деформации относятся к категории микроземлетрясений, исходя из классификации по [1]. Следовательно, они характеризуются следующими параметрами: магнитудой от 0 до –4, чему соответствует частота сигнала от 20 до 170 Гц, и размерами источников от 3 до 8×10^2 см, а выделяемая энергия варьируется от 6×10^5 до 6×10^{11} эрг. Необратимые деформации сопровождаются процессами трещинообразования – появлению пустот и разрывов сплошных горных пород. Известно, что при низких давлениях (близких к атмосферному) упругие волны чувствительны к наличию любых деформаций в среде, например, несферических пор и микротрещин. Поэтому возникает анизотропия упругих параметров, которая зависит от ориентировки, формы и объемного содержания микротрещин [2]. Следует ожидать, что характер импульсных сигналов, как и обуславливающих его процессов - спорадический и проявляется в виде актов, событий. Из-за большого поглощения высокочастотной компоненты и нелинейных преобразований волн в среде, в результате сложения сигналов от элементарных источников (микротрещин) на значительном расстоянии от активного объема возникает низкочастотный сейсмоакустический сигнал. Это явление принято называть сейсмической эмиссией (СЭ). Причинами появления источников СЭ могут служить как внутренние процессы – тектонические движения, так и внешние воздействия, в частности – лунно-солнечные приливы [3].

Целью данного исследования является установление наличия эндогенных источников упругих волн, формирующих СЭ, связанных с процессами разрушения горных пород в литосфере Земли.

Для проведения исследования использовалась градиентная регистрирующая установка (ГРУ). В целях исследования ее установили на верхней площадке Научной Станции РАН в г. Бишкеке (42.66 с.ш., 74.66 в.д.), где ведется запись на ПК в непрерывном режиме. ГРУ состоит из 6 трехкомпонентных сейсмоприемников - велосиметров производства Geospace (Geospace Technologies, США), которые пространственно ориентированы: ось X направлена на север, а

ось Z направлена вертикально вниз. Габаритные размеры установки составляют 1×1×1 м. Шаг дискретизации регистрируемых данных по времени составляет 0.3 сек. Принципиально важным является вычисление производных во временной области [3].

Опыт применения подобных инновационных установок (на основе группирования геофонов в небольших установках) в регионах с различными сейсмическими условиями для получения новых результатов о строении Земли представляет существенный интерес [4, 5].

Введем понятие вектора смещения для полного волнового поля $\mathbf{S} = \mathbf{i}S_x + \mathbf{j}S_y + \mathbf{k}S_z$, где $\mathbf{i}$, $\mathbf{j}$, $\mathbf{k}$ - орты декартовой системы координат (единичные векторы). Тогда искомые производные численно могут быть определены следующим образом (на примере вектора смещения S_x сейсмического волнового поля для горизонтальной компоненты) [3]:

$$\frac{\partial S_x}{\partial t} \approx \frac{\Delta S_x}{\Delta t} = \frac{\frac{\Delta(S_x)_A + \Delta(S_x)_B}{2}}{\Delta t}, \qquad (1)$$

$$\frac{\partial S_x}{\partial x} \approx \frac{\Delta S_x}{\Delta x} = \frac{\frac{\Delta(S_x)_1 + \Delta(S_x)_2}{2}}{\Delta x},$$

где $\Delta(S_x)_A$ и $\Delta(S_x)_B$ – численные разности между значениями сигнала в начале и конце одного периода регистрации, определенные в начальной (индекс А) и конечной (индекс В) точке базы установки соответственно; $\Delta(S_x)_1$ и $\Delta(S_x)_2$ - численные разности между значениями сигнала в начальной и конечной точке базы установки, определенные в начале (индекс 1) и конце (индекс 2) одного периода регистрации соответственно; Δt – период регистрации (дискретизации) данных; Δx – база установки.

Для каждой компоненты вектора смещения оцениваются векторы нормали: $\mathbf{n}_x = \frac{\mathbf{V}_x}{|\mathbf{V}_x|}$, $\mathbf{n}_y = \frac{\mathbf{V}_y}{|\mathbf{V}_y|}$, $\mathbf{n}_z = \frac{\mathbf{V}_z}{|\mathbf{V}_z|}$, которые обладают единичной длиной и характеризуют направление распространения волны колебаний. В итоге, после процедур выделения импульсов от вертикально распространяющихся волн, получаем компоненты сейсмического поля эндогенного происхождения ($\tilde{S}_x$, $\tilde{S}_y$, $\tilde{S}_z$) [6, 7].

Далее для количественной оценки вклада таких импульсов в общую составляющую упругого поля введем понятие энергетической характеристики сейсмического поля эндогенного происхождения:

$$|E_x(t)| = \sqrt{\int_t^{t+\Delta t} \left|\tilde{S}_x(\tau)\right|^2 d\tau}, \; |E_y(t)| = \sqrt{\int_t^{t+\Delta t} \left|\tilde{S}_y(\tau)\right|^2 d\tau}, \; |E_z(t)| = \sqrt{\int_t^{t+\Delta t} \left|\tilde{S}_z(\tau)\right|^2 d\tau}, \qquad (2)$$

где $\tilde{S}_x$, $\tilde{S}_y$, $\tilde{S}_z$ - компоненты сейсмического поля эндогенного происхождения; Δt - интервал непрерывной регистрации сейсмического поля (в экспериментах он был равен одному часу); $|E_x(t)|$, $|E_y(t)|$, $|E_z(t)|$ - энергетические характеристики сейсмического поля эндогенного происхождения, вычисленные по каждой компоненте сейсмического поля, распространяющегося субвертикально вверх. Такая оценка приведена на рис. 1. Замечено, что все энергетические характеристики для каждой из трех компонент сейсмического поля из нижнего полупространства (направленных субвертикально вверх импульсов) изменяются синхронно. Это свидетельствует о наличии мощного источника, проявляющегося как на вертикальных, так и на горизонтальных компонентах, наблюдаемых на поверхности земли.

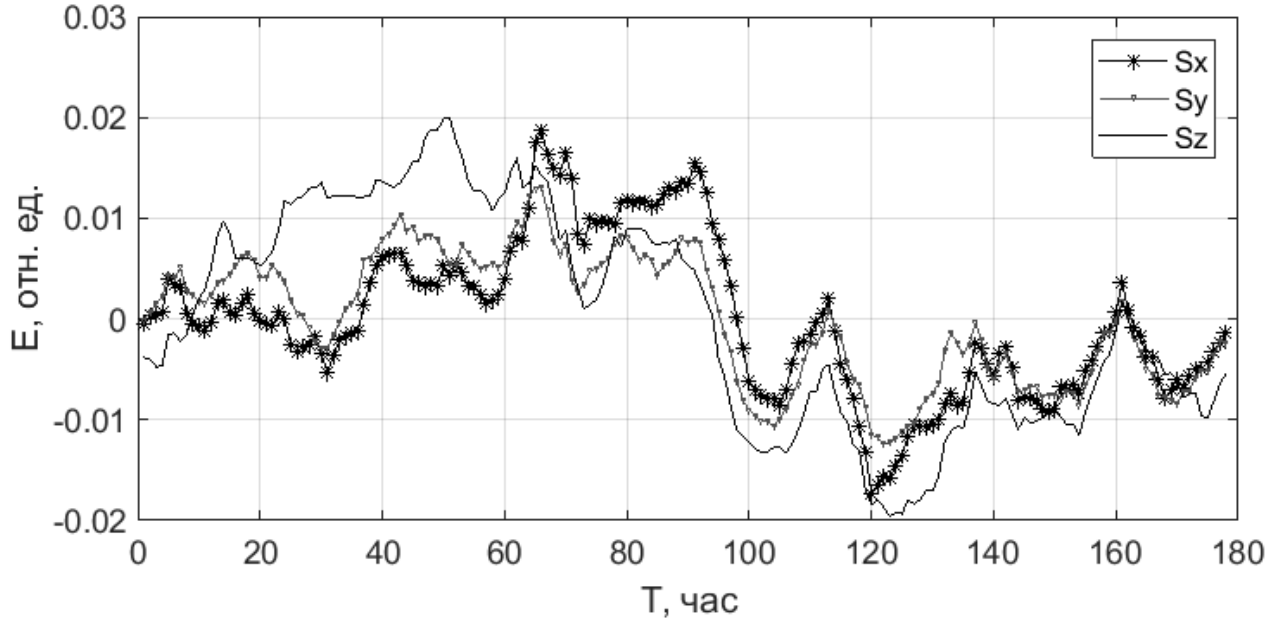


Рисунок 1 - Рассчитанные энергетические характеристики (для компонент $\tilde{S}_x$, $\tilde{S}_y$, $\tilde{S}_z$ сейсмического поля эндогенного происхождения) за вычетом среднего с дополнительным сглаживанием для 178 часовой записи на территории Научной станции РАН в период 13.09.2018 (09:26 UTC) - 27.09.2018 (22:43 UTC)

Для подтверждения выдвинутой гипотезы о связи усиления трещинообразования с лунно-солнечными приливами, был произведен расчет в программе TIDE_3.exe (рис. 2). На основании опыта предыдущих работ [8-10], было решено рассматривать изменения вертикальной составляющей вектора приливообразующего ускорения.

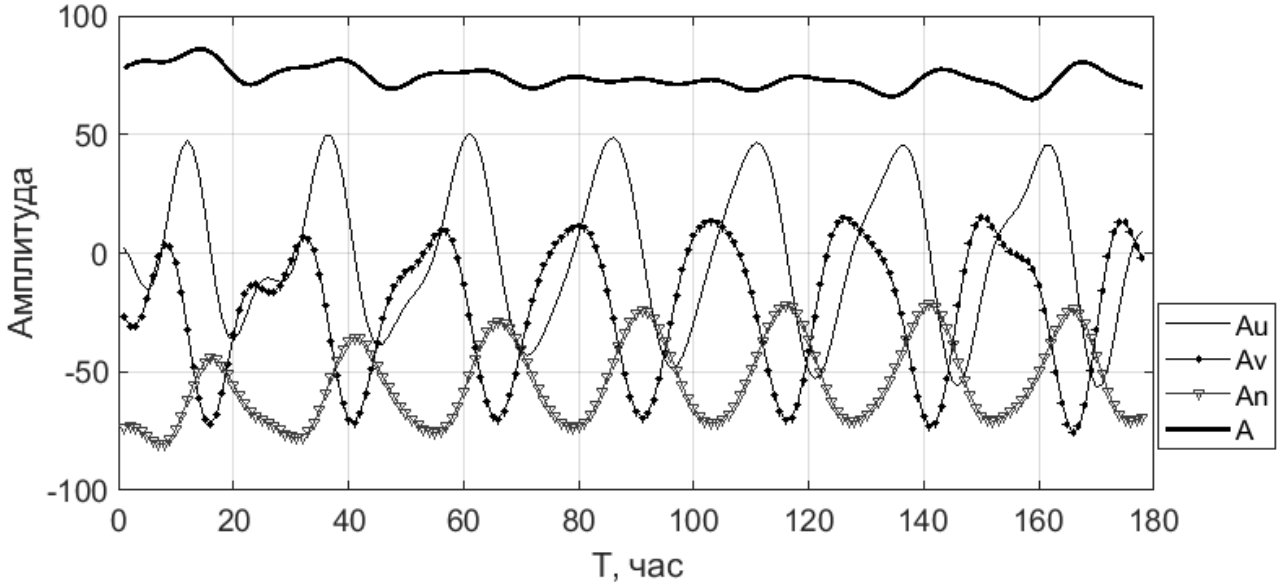


Рисунок 2 - Лунно-солнечные приливы (за вычетом среднего) для 178 часовой записи на территории Научной станции РАН в период 13.09.2018 (09:26 UTC) - 27.09.2018 (22:43 UTC) Обозначения: восточная компонента (A_u), северная компонента (A_V), вертикальная составляющая (A_n), модуль полного вектора (A)

Характер **функции взаимной корреляции** (ФВК) свидетельствует о синхронности изменений двух произвольных сигналов и возможном наличии связи между ними. ФВК представляет собой интегральное произведение двух процессов, взятых в разные моменты времени [11]:

$$R_{12}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_1(t) f_2(t-\tau)\, dt\,, \qquad (3)$$

где f_1 – численный ряд, записанный на любой из трех компонент сейсмического поля, а f_2 – изменения лунно-солнечных приливов для того же отрезка времени, τ – время задержки между сигналами, t – текущий момент времени. Время задержки τ отражает время реакции среды на внешнее воздействие. Так как ФВК представляет собой нечетную функцию, то становится явным, что является возможной причиной, а что следствием. Функция взаимной корреляции между энергетической характеристикой сейсмического поля эндогенного происхождения и лунно-солнечными приливами представлена на рис. 3. Наблюдаются основные периоды – порядка 180 часов, и второстепенные – 10-20 часов.

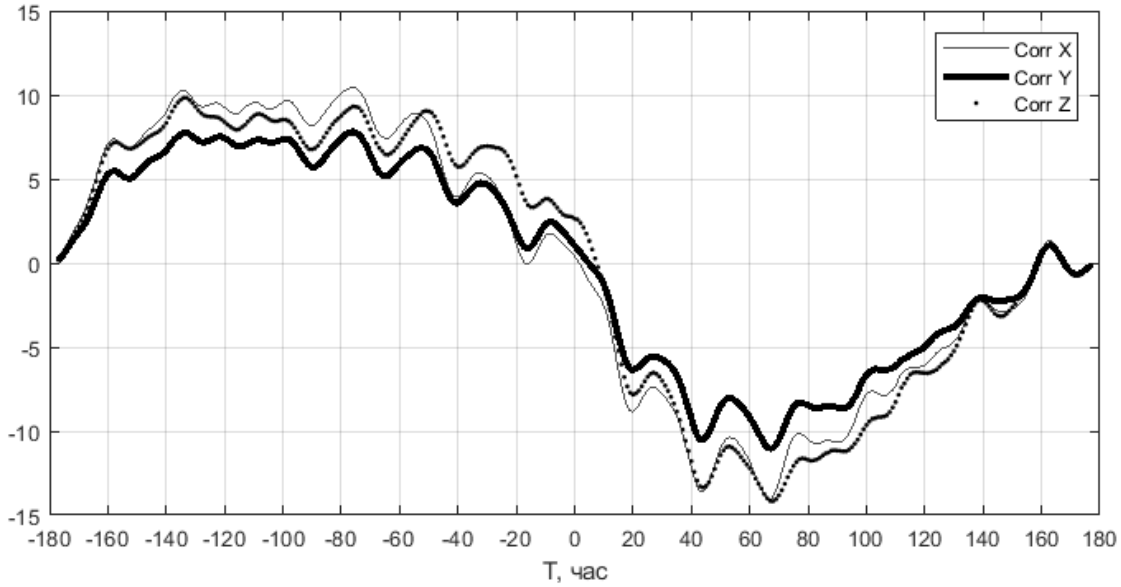


Рисунок 3 - Функции взаимной корреляции между лунно-солнечными приливами и энергетическими характеристиками сейсмического поля эндогенного происхождения для 178 часовой записи на территории Научной станции РАН в период 13.09.2018 (09:26 UTC) - 27.09.2018 (22:43 UTC)

Использование длительных рядов наблюдений с помощью градиентной установки способствует пониманию процессов, происходящих в литосфере Земли. Преимуществом указанной установки является возможность разделения поля по положению источников (деформаций), что имеет практическое значение при изучении напряженно-деформированного состояния среды. Установлена причинно-следственная связь между лунно-солнечными приливами и энергетическими характеристиками упругого поля.

Работа ведется при поддержке гранта РФФИ 17-05-00844 и частично по теме государственного задания Научной станции РАН (АААА-А19-119020190063-2 0155-2019-0001).

Литература

1. Левин Б.В., Сасорова Е.В., Борисов С.А., Борисов А.С. Оценка параметров слабых землетрясений и их сигналов // Вулканология и сейсмология. 2010. № 3. С. 60-70.
2. Thomsen L. Weak elastic anisotropy // Geophysics. 1986. № 51. Pp. 1954-1966.
3. Казначеев П.А., Матюков В.Е., Александров П.Н., Непеина К.С. Разработка трехкомпонентной градиентной установки для регистрации сейсмоакустического поля в геодинамически активных областях // Воздействие внешних полей на сейсмический режим и мониторинг их проявлений. Тез. докл. Междунар. Юбил. науч. конф. Бишкек. 2018. С. 54-57.

4. Винник Л.П. Структура микросейсм и некоторые вопросы методики группирования в сейсмологии. М.: Наука, 1968. 104 с.
5. Karplus M., Schmandt B. 2018. Preface to the focus section on geophone array seismology // Seismological Research Letters. № 89 (5). Pp. 1597-1600.
6. Александров П.Н., Казначеев П.А. Анализ волнового поля, измеряемого градиентной установкой // Воздействие внешних полей на сейсмический режим и мониторинг их проявлений. Тез. докл. Междунар. Юбил. науч. конф. Бишкек. 2018. С. 139-146.
7. Александров П.Н. К теории сейсмического и электромагнитного мониторинга современных геодинамических процессов // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2009. № 2. Вып. 14. С. 49-58.
8. Баталева Е.А. Корреляционные зависимости электромагнитных и деформационных параметров // Доклады Академии наук. 2016. Т. 468. № 3. С. 319.
9. Матюков В.Е., Рыбин А.К., Александров П.Н., Баталева Е.А. Сопоставление энергетической характеристики выделенного электромагнитного поля эндогенного происхождения с параметрами лунно-солнечных приливов // Воздействие внешних полей на сейсмический режим и мониторинг их проявлений. Тез. докл. Междунар. Юбил. науч. конф. Бишкек. 2018. С. 67-70.
10. Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Рыбин А. К., Александров П.Н., Матюков В.Е., Непеина К. С., Забинякова О.Б., Казначеев П.А. Теоретические обоснования исследований деформационных процессов в литосфере Земли на основе сейсмических и электромагнитных полей эндогенного происхождения // Математическое моделирование процессов и систем: Коллективная моногр. по материалам пленарных докл. VIII Междунар. молодежной науч.-практ. конф., 4-7 октября 2018 г., г. Уфа. Ч. I / Отв. ред. С.А. Мустафина. Стерлитамак: Стерлитамакский фил. БашГУ. 2018. С. 95-122.
11. Прудников А.П., Брычков Ю.А., Маричев О.И. Интегралы и ряды. М.: Наука. Глав. ред. физ.-мат. лит. 1981. 800 с.

УДК 550.8.08:621.373.54

ГЕНЕРАТОР ЦИФРОВЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ М-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРОЙ

Печёров А.А.
andrey.epi@yandex.ru
Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

На базе 32 разрядного микроконтроллера разработан и реализован генератор цифровых управляющих М-последовательностей (МП) с возможностью чередования обратных связей в формирующем МП регистре сдвига в соответствии с задаваемым алгоритмом в режиме реального времени, предназначенный для проведения лабораторных и полевых экспериментов в составе геоэлектроразведочного комплекса с шумоподобными сигналами, разработанного в НС РАН. Приведено краткое описание аппаратной части и программного обеспечения генератора. Описаны результаты лабораторного эксперимента по оценке возможностей разработанного в НС РАН алгоритма подавления «структурных помех», основанного на использовании набора шумоподобных биполярных МП с различающейся внутренней структурой. Благодаря использованию алгоритма получен значительный выигрыш в подавлении импульсов «структурной помехи» большой амплитуды по сравнению с использованием МП с постоянной внутренней структурой.

Ключевые слова: М-последовательность, «структурные помехи», шумоподобные сигналы, геоэлектроразведка.

Введение. В Научной станции РАН проводятся работы по разработке современного электроразведочного аппаратно-программного измерительного комплекса с шумоподобными зондирующими сигналами (ЭРК ШПС) [1], предназначенного для использования в качестве измерительного оборудования в составе действующей на территории Бишкекского геодинамического полигона системе непрерывного электромагнитного мониторинга напряженно-деформированного состояния земной коры.

При проведении лабораторных и полевых экспериментов с макетным образцом ЭРК ШПС, на фоне получаемой кривой становления поля были обнаружены «странные» импульсные сигналы, которым было дано название «структурные помехи» так как их форма и временное положение были связаны с параметрами и структурой зондирующих и принимаемых сигналов. «Структурные помехи» представляют собой импульсы различной амплитуды с экспоненциальной формой фронтов нарастания и спада, расположенные на кривой становления поля в точках кратных минимальной длительности импульсов в зондирующей М-последовательности [2]. Выявленные в процессе проведения экспериментов «структурные помехи» могут существенно ограничить возможности эффективного использования ШПС в электроразведочной аппаратуре так как эти сигналы снижают соотношение сигнал/помеха, особенно на дальних временах (больших глубинах). Снижение уровня «структурных помех» невозможно традиционными способами, такими как частотная фильтрация и синхронное накопление сигналов во временном окне, так как спектр этих импульсов совпадает со спектром сигнала становления поля и эти помехи жестко синхронизированы по времени фронтами импульсов зондирующей последовательности.

В процессе исследования причин возникновения «структурных помех» было замечено, что расположение импульсов «структурных помех» различной амплитуды, на кривой становления поля, меняется при изменении порядка чередования импульсов различной длительности в зондирующем сигнале. При этом количество импульсов «структурных помех» одинаковой амплитуды остается постоянным, а сама кривая становления поля остается неизменной. На основании данного наблюдения в НС РАН был разработан программно-

аппаратный метод снижения уровня «структурных помех». Метод основан на использовании в сеансах зондирования земной коры набора М-последовательностей с фиксированной разрядностью и длительностью минимального импульса различающихся внутренней структурой (порядком чередования импульсов различной длительности), определяемой обратными связями в формирующем М-последовательность регистре сдвига. Для отработки данного метода в условиях лабораторных и полевых экспериментов с действующим макетным образцом электроразведочного комплекса ЭРК ШПС, в НС РАН был разработан и изготовлен генератор цифровых управляющих М-последовательностей (МП) с возможностью чередования обратных связей в формирующем МП регистре сдвига.

Описание структуры аппаратуры и программного обеспечения генератора. Основной функцией генератора является формирование периодически повторяющихся цифровых управляющих М-последовательностей со следующими параметрами:

- Длительность минимального импульса в МП (T_{min});
- Разрядность МП (n);
- Количество повторов МП (N) – количество периодов МП без изменения обратной связи;
- Количество обратных связей МП (N_{OC}) – количество различающихся обратных связей для формирования МП.

Для формирования управляющих последовательностей используется стандартный цифровой автомат, подробно описанный в [3]. Структурная схема формирователя М-последовательностей используемая в генераторе приведена на рисунке 1.

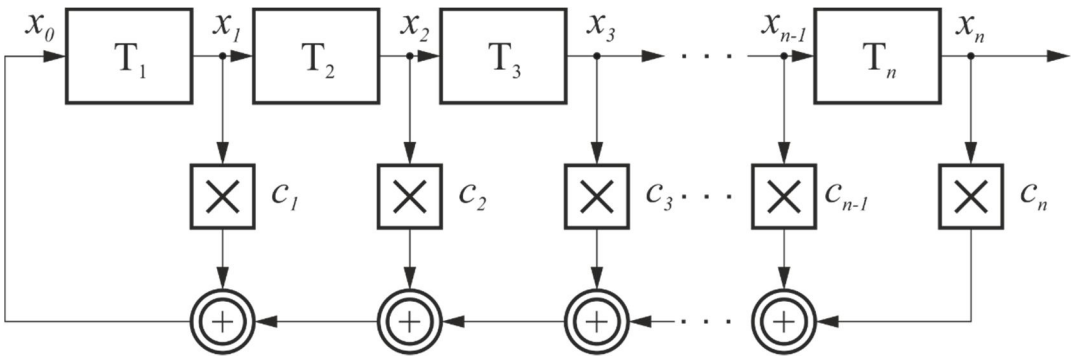


Рисунок 1 – Структурная схема формирователя М-последовательностей: $T_1 \div T_n$ – триггеры регистра сдвига; $x_1 \div x_n$ – состояние на выходах триггеров регистра сдвига; $c_1 \div c_n$ – множители, формирующие обратную связь x_0; x_0 – результат суммы по модулю 2

Работа такого автомата полностью определяется характеристическим многочленом

$$f(x) = a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + \ldots + a_{n-1} x + a_n, \quad (1)$$

коэффициенты которого связаны с множителями $c_1, \ldots, c_n$ следующим соотношением:

$$c_n = (-1)^{n+1} a_n. \quad (2)$$

Для двоичных М-последовательностей согласно (2) множители c_n и коэффициенты a_n равны. Так как для двоичных последовательностей множитель c_n может принимать лишь два значения (0 или 1) то его смысл согласно рис. 1 заключается в подключении или отключении соответствующего выхода триггера от элемента исключающее или, комбинация которых представляет собой сумматор по модулю 2, формирующий обратную связь x_0 поступающую на вход триггера T_1. Для двоичных М-последовательностей множители $c_1, \ldots, c_n$ называют обратными связями. Замечено что внутренняя структура М-последовательности при постоянстве ее основных параметров (таких как разрядность, длительность минимального импульса) зависит от обратных связей формирователя. На основании данного свойства в генераторе реализованы два режима работы. В первом режиме на всем протяжении работы

генератора используется одна обратная связь и, следовательно, внутренняя структура М-последовательности от периода к периоду не меняется. Во втором режиме через каждые *N* периодов меняется обратная связь и вместе с этим меняется внутренняя структура формируемой М-последовательности.

Структурная схема аппаратной части генератора цифровых управляющих МП приведена на рисунке 2. Основным элементом генератора, отвечающим за выбор и настройку режимов работы и генерацию МП является микроконтроллер (МК) STM32F103C8 производства STMicroelectronics [4].

Связь контроллера с пользователем осуществляется с помощью устройства ввода вывода (УВВ). Устройство ввода/вывода содержит клавиатуру и монохромный графический жидкокристаллический дисплей со светодиодной подсветкой. Дисплей способен работать при солнечном и комнатном свете без использования подсветки, что обеспечивает его низкое энергопотребление. УВВ предназначен для выбора и настройки режима работы и отображения текущего состояния прибора.

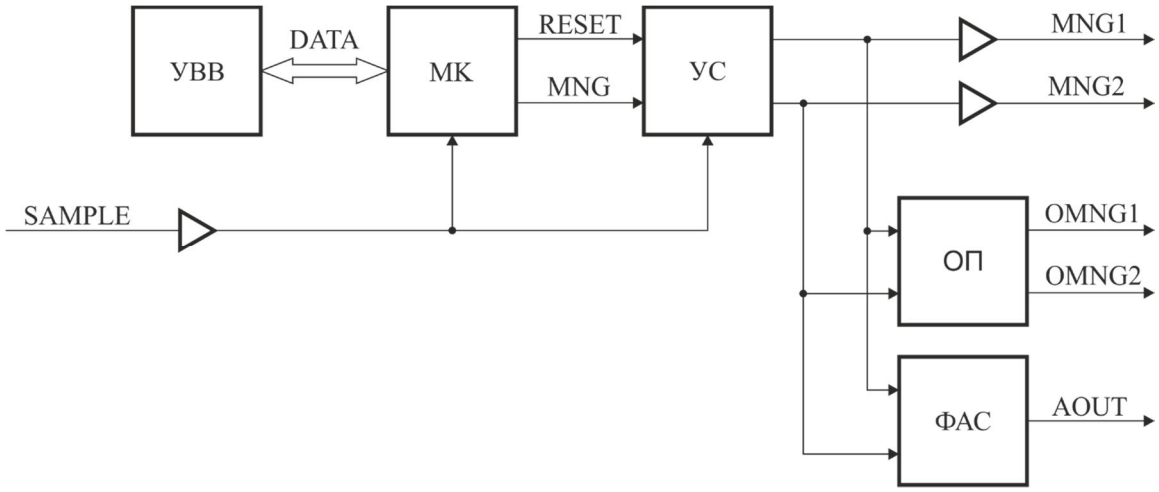


Рисунок 2 – Схема структурно-функциональная генератора цифровых управляющих М-последовательностей: УВВ – устройство ввода/вывода; МК – микроконтроллер; УС – устройство синхронизации; ОП – оптические передатчики; ФАС – формирователь аналогового сигнала; SAMPLE – сигнал выборки данных АЦП; DATA – шина данных устройств ввода/вывода; RESET – сигнал сброса УС; MNG – сигнал МП, формируемый МК; MNG1, MNG2 – сигналы цифровых управляющих МП; OMNG1, OMNG2 – оптические сигналы цифровых управляющих МП; AOUT – модельный сигнал отклика среды на зондирующее воздействие

Согласно заданным параметрам МК формирует цифровую управляющую последовательность на выходе MNG. В устройстве синхронизации (УС) осуществляется временная привязка (синхронизация) сигнала MNG к сигналу выборки данных аналого-цифрового преобразователя (SAMPLE), поступающего из блока управления и регистрации сигналов. После синхронизации сигнал управляющая последовательность подается на выходы MNG1 и MNG2. В начальном состоянии, которое устанавливается при подаче импульса на вход RESET, на выходах MNG1 и MNG2 устанавливаются нули. Далее, синхронно с сигналом SAMPLE на выход MNG1 передается состояние MNG, а на выход MNG2 – инвертированное состояние MNG.

Оптические передатчики (ОП) предназначены для преобразования электрических сигналов MNG1 и MNG2 в оптические, для последующей передачи по оптическому кабелю в блок генератора зондирующих сигналов (ГЗС) ЭРК ШПС.

Формирователь аналогового сигнала (ФАС) преобразует входные цифровые сигналы MNG1 и MNG2 в биполярный сигнал с помощью схемы аналогового параллельного

сумматора. Далее биполярный сигнал проходит через интегрирующее инерционное звено первого порядка, выполненное на операционном усилителе, и поступает на выход AOUT.

Структурная схема управляющей программы генератора приведена на рис. 3. Модули интерфейса ввода и интерфейса вывода реализуют обслуживание интерфейса пользователя, предназначенного для выбора и настройки режима работы и отображения текущего состояния генератора.

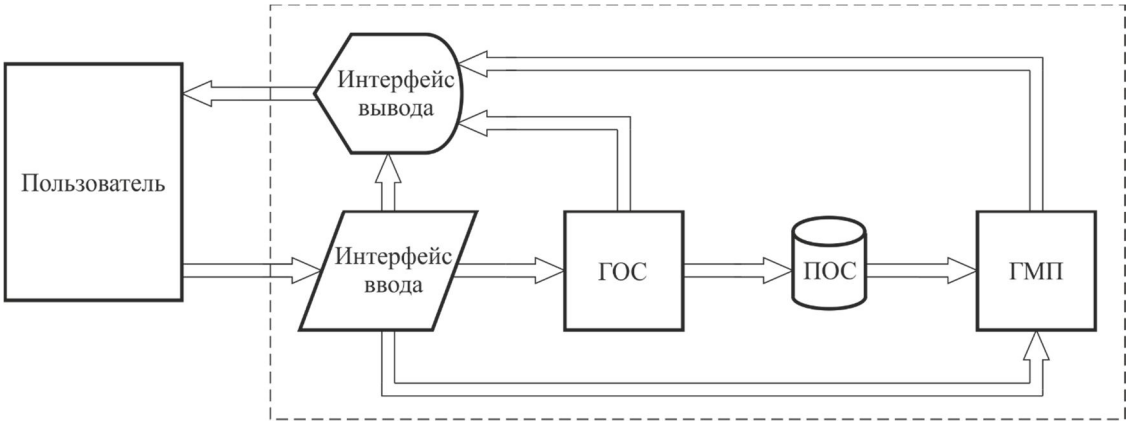


Рисунок 3 – Структурная схема управляющей программы генератора цифровых управляющих М-последовательностей: ГОС – генератор обратных связей; ПОС – память обратных связей; ГМП – генератор М-последовательностей

Так как не все обратные связи формируют последовательность максимальной длинны, а хранение заранее сформированных обратных связей для М-последовательностей различной разрядности требует большого объема памяти в управляющей программе был реализован алгоритм генерации задаваемого пользователем количества обратных связей (ГОС). ГОС синтезирует обратные связи только для выбранной разрядности МП. Одним из методов генерации обратных связей является алгоритм перебора, выполняющийся следующим образом:

- так как множитель c_n для последовательности максимальной длинны разрядностью n всегда равен единице то последовательно проверяются все целые числа в диапазоне от 2^{n-1} до 2^n-1;
- очередное число в двоичном представлении подставляется в регистр обратных связей цифрового автомата (см. рис. 1);
- выполняется 2^n-1 тактов сдвигового регистра, при этом на каждом такте анализируется состояние выходов триггеров сдвигового регистра $x_1, \ldots, x_n$;
- в случае если за 2^n-1 тактов состояние выходов триггеров сдвигового регистра ни разу не повторяется, то текущее значение обратных связей генерирует последовательность максимальной длинны;
- при нахождении заданного числа обратных связей работа алгоритма прекращается.

Все сгенерированные обратные связи хранятся в специально выделенной памяти – памяти обратных связей (ПОС). Поскольку контроллер обладает ограниченным объемом памяти, применение алгоритма ГОС позволило увеличить количество возможных обратных связей до 4000.

Модуль генератора М-последовательностей реализует цифровой автомат приведенный на рис. 1. Обратные связи берутся из ПОС. Для режима генерации последовательности с постоянной внутренней структурой есть возможность выбора любой из синтезированных обратных связей.

Результаты лабораторного эксперимента. Для оценки эффективности предлагаемого метода подавления «структурных помех» был проведён лабораторный эксперимент. Целью эксперимента было сравнение уровня «структурных помех» возникающих на кривой

становления поля при использовании зондирующих М-последовательностей с постоянной и различающейся внутренней структурой. Эксперимент проводился на физической модели отклика среды, реализованной в виде интегрирующего инерционного звена первого порядка с фиксированной постоянной времени равной 30,9 мкс. Модельный сигнал отклика среды, с максимальной амплитудой выходного сигнала приблизительно равной 70% шкалы АЦП, снимался с выхода AOUT генератора. Регистрация выполнялась блоком управления и регистрации сигналов ЭРК ШПС. Результаты лабораторного эксперимента приведены на рис. 4. Вся дальнейшая обработка зарегистрированных сигналов проводилась при помощи специально разработанного программного обеспечения [5].

В режиме формирования управляющих М-последовательностей с постоянной внутренней структурой генерировались 612 периодов управляющей М-последовательности (для всех периодов использовалась одна обратная связь в формирующем МП регистре сдвига). После выполнения корреляционной обработки и последующего накопления по графику накопленной ВКФ вычислялись значения амплитуды основного пика ВКФ (A_C) и амплитуды пик-пик «структурной помехи» ($A_П$). Значения амплитуды основного пика ВКФ вычислялось на интервале времени от 0 до 0,47 мс. Значения амплитуды пик-пик «структурной помехи» вычислялось на пологом участке графика ВКФ после удаления низкочастотной составляющей сигнала (тренда) на интервале времени от 0,47 до 630 мс. Далее вычислялось соотношение сигнал помеха $A_C/A_П$. Результаты расчетов приведены на рис. 4, а, в, д.

В режиме формирования управляющих М-последовательностей с изменяющейся внутренней структурой генерировались 612 периодов управляющей М-последовательности (для всех периодов использовались различные обратные связи в формирующем МП регистре сдвига). Дальнейшие вычисления выполнялись также, как и для режима генерации М-последовательностей с постоянной внутренней структурой. Результаты расчетов приведены на рис. 4, б, г, е.

Анализ полученных результатов показал практически полное совпадение формы графика накопленной ВКФ (без учета структурных помех) в обоих режимах работы генератора (см. рис. 4 а, б, в, г). В результате накопления 612 периодов М-последовательностей с изменяющейся структурой достигнут выигрыш в соотношении сигнал/помеха в 253 раза в сравнении с М-последовательностями с постоянной внутренней структурой. Следует отметить что в данном случае параметр $A_C/A_П$ отражает лишь эффективность подавления импульсов структурных помех большой амплитуды. При увеличении количества обратных связей выигрыш в соотношения сигнал/помеха пропорционально увеличивается. Дополнительные исследования на математических моделях показали, что эффективность работы алгоритма не зависит от источника возникновения «структурных помех» [6].

Однако на графиках, приведенных на рис. 4 д-е видно, что несмотря на сильное подавление импульсов «структурных помех» большой амплитуды средний уровень шума вырос. Этот факт связан с тем что при изменении внутренней структуры М-последовательности происходит изменение времени возникновения импульсов «структурной помехи» на кривой ВКФ при этом их количество и амплитуды остаются неизменными. Для достижения лучшего результата необходимо перед операцией накопления удалить импульсы «структурных помех» большой амплитуды.

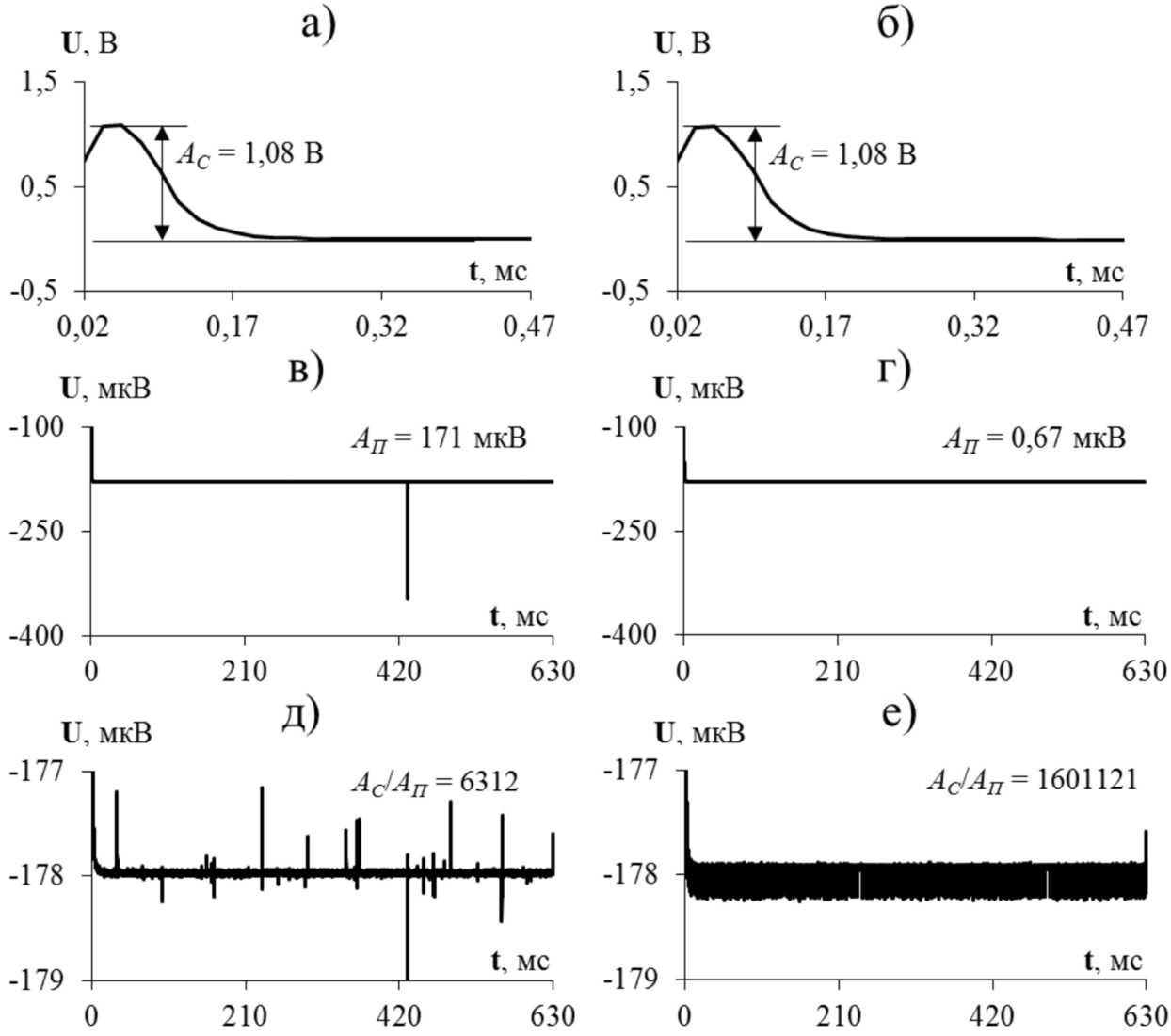


Рисунок 4 – Графики накопленной ВКФ при регистрации МП с постоянной внутренней структурой (а, в, д) и при регистрации МП с различающейся внутренней структурой (б, г, е)

Заключение. В ходе исследований, направленных на изучение эффективности применения шумоподобных М-последовательностей с изменяющейся внутренней структурой в электроразведочной аппаратуре, был разработан генератор цифровых управляющих М-последовательностей с возможностью чередования обратных связей в формирующем МП регистре сдвига предназначенный для проведения лабораторных и полевых экспериментов в составе электроразведочного комплекса с шумоподобными сигналами разработанного в НС РАН.

Применение алгоритма генерации обратных связей в программном обеспечении генератора позволило значительно увеличить количество обратных связей без увеличения мощности применяемого контроллера и, следовательно, без увеличения стоимости генератора.

Лабораторный эксперимент на физической модели показал значительное (в 253 раза) уменьшение уровня импульсов «структурной помехи» большой амплитуды в случае использования зондирования земной коры шумоподобными М-последовательностями с изменяющейся внутренней структурой.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме НИР «Разработка аппаратно-программных средств и основ технологии электромагнитного мониторинга

геодинамических процессов в сейсмоактивных зонах и оценки их опасностей», регистрационный номер АААА-А19-119020190065-6.

Литература

1. Ильичев П.В., Бобровский В.В. Применение шумоподобных сигналов в системах активной геоэлектроразведки (результаты математического моделирования и полевого эксперимента) // Сейсмические приборы. 2014. Т. 50. № 2. С. 5–19.
2. Ильичев П.В., Бобровский В.В. Вариации уровня нелинейных искажений электрических сигналов в земной коре как контролируемый параметр геофизического мониторинга // Вестник КРСУ. 2018. Т. 18. № 12. С. 108-112.
3. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. М.: Радио и связь. 1985. 384 с.
4. Электронный ресурс https://www.st.com
5. Бобровский В.В., Ильичёв П.В. Программа обработки данных регистрации и моделирования электроразведочного комплекса с шумоподобными сигналами // Свидетельство Российской Федерации о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018614566, дата регистрации 10.04.2018 г.
6. Бобровский В.В., Ильичев П.В. Математическое моделирование предполагаемых источников (причин) «структурных помех» в геоэлектроразведочной аппаратуре с шумоподобными зондирующими сигналами // Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Материалы докл. VII Междунар. симп. (г. Бишкек, 19-24 июня 2017 г.). Бишкек. 2018. С. 360–370.

УДК 550.8.04

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОТЕРМИЧЕСКОГО ПОЛЯ ФЕРГАНСКОЙ ДЕПРЕССИИ ПО ДАННЫМ МНОГОЗОНАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Раббимкулов С.А.
mr.geolog.88@mail.ru
Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

В работе приводятся результаты исследований геотермического поля Ферганской депрессии на основе материалов дистанционного зондирования Земли с выделением аномальных зон.

Ключевые слова: геотермическое поле, дистанционное зондирование, тепловой поток, Ферганская депрессия.

Интерес к геотермическому полю в настоящее время возрос в связи с обсуждаемой в научной литературе проблемой возможной приуроченности месторождений углеводородов к зонам повышенных значений теплового потока. В пределах территории Узбекистана получены данные, свидетельствующие о наличии каналов глубинного тепломассопереноса приуроченных к аномальным зонам теплового поля [1,2,3]. Актуальность темы подтверждается также активным обсуждением этого вопроса в зарубежной литературе [4,5]. Нами были выполнены исследования по изучению особенностей проявления геотермического поля Ферганской депрессии на основе материалов многозональных космических снимков Landsat, проанализированы и обобщены материалы предыдущих исследователей по тепловому потоку. В результате анализа материалов было отмечено, что тепловой поток Ферганской впадины изучен на региональном уровне благодаря работам Б.Б. Таль-Вирского, Ю.Н. Зуева, В.В. Гордиенко, А.А. Поликаропова и др. В настоящее время требуется уточнение и получение более детальных карт с использованием современных технических возможностей.

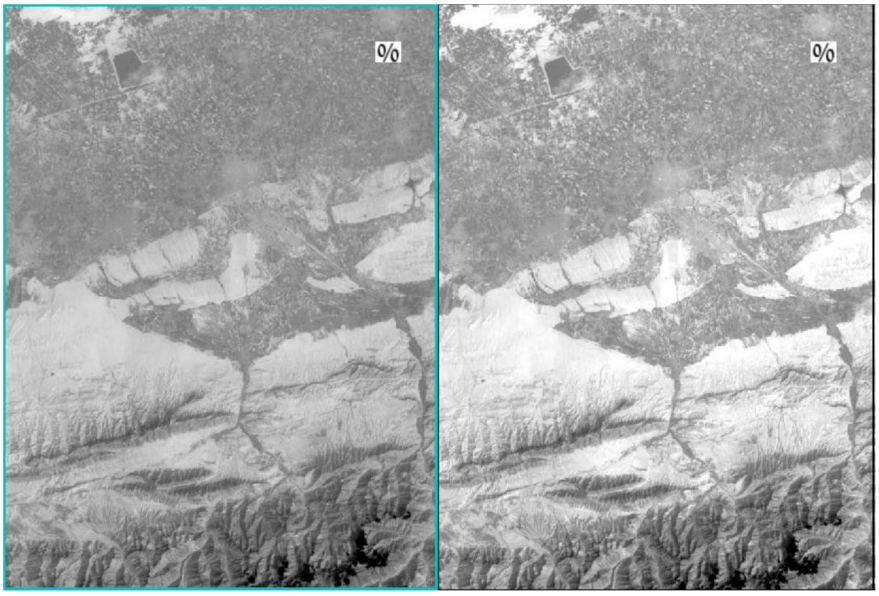
Для изучения геотермического поля нами были использованы дистанционные снимки, полученные с космического аппарата LANDSAT-8 [6,7]. Они содержат информацию по 11 каналам (в диапазоне длин волн от 0,4 до 12,50 мкм), из них два канала (11.50-12.50 мкм) теплового диапазона. На основе использования программного комплекса ENVI 5.01 были выполнены радиометрическая и атмосферная коррекции космических снимков. На первом этапе была выбрана территория южного борта Ферганской депрессии, включающая зону антиклинальных поднятий Акбель, зону Махрамского разлома, Кокандское поднятие с прилегающими районами. Для выбранной площади была выполнена многократная обработка соответствующего комплекта космических снимков с удалением дефектов от влияния рельефа и атмосферы. Пример полученного снимка после введения коррекции приводится на рисунке 1.

В последующем эта территория была принята в качестве эталонной при изучении других площадей, для которых также выполнен весь набор необходимых коррекций, установленный для эталонной площади с последующим расчётом геотермического поля.
Расчёты показателя температуры поверхности были выполнены на основе выражения:

$$T = \frac{K_2}{\ln(\frac{K_1}{\gamma}-1)}\ , \qquad (1)$$

где T - температура поверхности Земли, K_1 и K_2 – первая и вторая калибровочные константы для 10 и 11 каналов (в вт/(м^2·град·$\mu м$)), γ - интенсивность излучения от объекта.

Для описываемой территории значения калибровочных констант, согласно метаданным соответствующего космоснимка составляют: по первой калибровочной константе для 10 канала K_1=774.8853; для 11 канала K_1=480.8883; по второй калибровочной константе для 10 канала K_2=1321.0789; для 11 канала K_2=1201.1442;



Исходный снимок Результат коррекции

Рисунок 1 – Пример исходного и обработанного снимка южного борта Ферганской депрессии

В результате расчётов получается поле температур поверхности Земли в градусах Кельвина (°К), что при необходимости легко пересчитывается в градусы Цельсия. Так были исследованы различные участки Ферганской депрессии - зона Таласso-Ферганского глубинного разлома, Чаткало-Кураминская горная область, восточный и западный участки депрессии с прилегающими районами. Для них построены четырёхбалльные космофотометрические карты. Пример такой карты по Ферганской депрессии приводится на рисунке 2 Б. Установленным градациям температурных полей соответствовали следующие значения: черный фон - от 8,3°С до 19,5°С; голубой фон – от 19,5°С до 30,6°С; зеленый фон от 30,6°С до 41,8°С; красный фон от 41,8°С до 52,9°С.

Полученные результаты можно вкратце свести к следующему:

1) горные обрамления Ферганской впадины, сложенные преимущественно домезозойскими образованиями выделяются голубым фоном минимальные и максимальные значения которых соответствуют в пределах зоны Таласо-Ферганского разлома - 21,1-32,4°С; в восточной части Чаткала-Кураминской горной системы - 14,9-25,7°С; в южном обрамлении Ферганской впадины (окраина Туркестан-Алайской горной системы) - 19,5-32,4°С; в пределах Западного обрамления Ферганской впадины - 22,6-34,0°С;
2) предгорные адыры и горные возвышенности Ферганы, сложенные мезозойско-кайнозойскими, а также собственно Ферганская впадина и Куршабская впадина, покрытые в основном четвертичными отложениями и густой растительностью, отмечаются голубым фоном в пределах интервалов в зоне Таласо-Ферганского разлома - 2,4-43,6°С; в восточной части Чаткала-Кураминской горной системы - 25,7-36,5°С; в южном обрамлении Ферганской впадины - 30,6-41,8°С; в пределах западного обрамления Ферганской впадины - 34,0-45,4°С.
3) предгорные адыры Ферганской впадины, сложенные плейстоцен-четвертичными отложениями, в пределах которых также известны ряд месторождений нефти и газа, выделяются красным фоном с интервалами в пределах зоны Таласо-Ферганского разлома -

43,6-54,9ºС; в восточной части Чаткала-Кураминской горной системе - 36,5-47,3ºС; в южном обрамлении Ферганской впадины - 41,8ºС до 52,9ºС; в западном обрамлении Ферганской впадины - 45,4-56,8ºС.

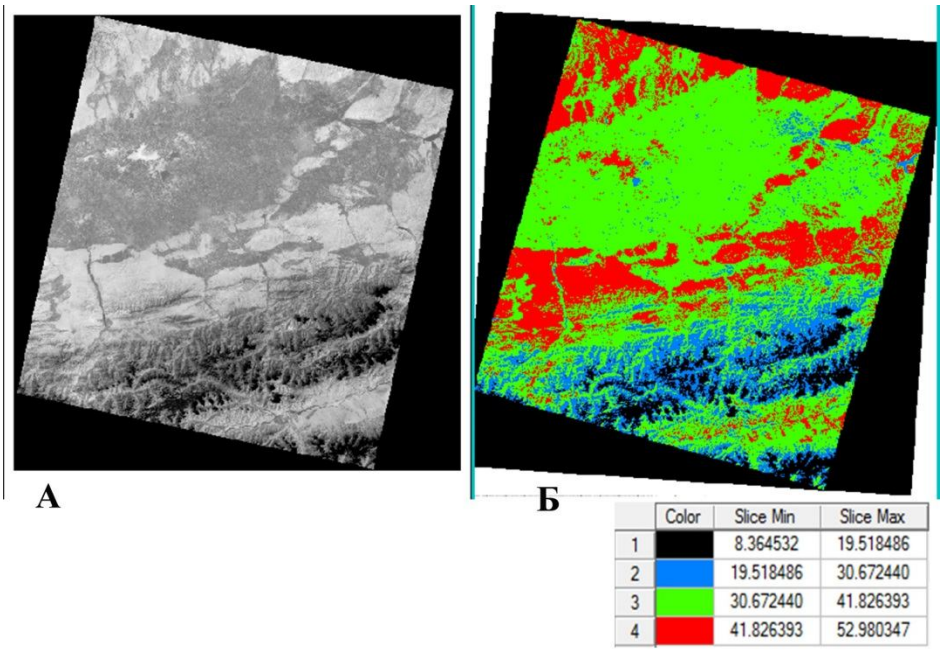


Рисунок 2 – Исходный снимок теплового диапазона 11 (А) и результативная температурная карта (Б) в градусах Цельсия южны борта Ферганской впадины

На основе космоструктурного анализа дистанционных материалов мелкого и среднего масштабов было выявлено, что наибольшие значения температурно поля наблюдаются в южном, северном и восточном обрамлениях Ферганской депрессии. Полученные результаты были сопоставлены с данными предыдущих исследователей по тепловому потоку. Относительно более детальные исследования теплового потока (в масштабе 1:500000) были выполнены здесь А.А. Поликарповым, У.А. Камалходжаевым и другими (1999-2002 гг.). На основе использования опубликованных данных о плотности теплового потока Средней Азии, замеров пластовых температур в буровых скважинах и результатов определения коэффициента теплопроводности мезозой-кайнозойских отложений (по 65 пунктам) [8] ими была составлена карта теплового потока, фрагмент которой с некоторыми упрощениями приводится на рисунке 3.

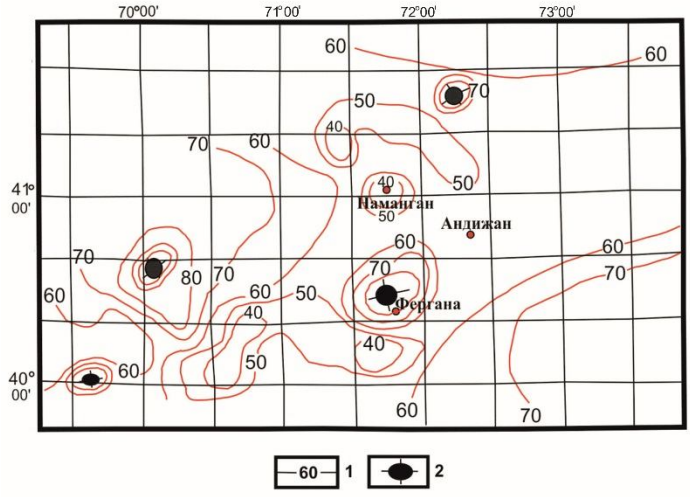


Рисунок 3 – Фрагмент карты теплового потока Ферганской впадины (по материалам А.А. Поликарпова, У.А. Камалходжаева и др., 2002)

Анализ карты плотности теплового потока Ферганской впадины показывает резко дифференцированное распределение поля с очень широкими пределами изменения этой величины от 207 мВт/м^2 (площадь Джаркамар, скв. № 2) до 23 мВт/м^2 (площадь Шорсу, скв. № 16, скв. № 18). При среднем значении плотности теплового потока порядка 65-70 мВт/м^2 здесь выделяются ряд положительных и отрицательных аномалий. При этом средняя величина, в целом, соответствует нормальному геотермическому режиму орогенной области с континентальной земной корой толщиной 45-50 км. Наиболее значительную в пределах региона Адрасман-Чустскую аномалию со значением около 120 мВт/м^2 А.А. Абидов, А.А. Поликарпов с коллегами связывали с Северо-Ферганским разломом, имеющим надвиговый характер и отделяющим Центрально-Ферганскую мегасинклиналь от Северного надвигового пояса. Данная аномалия имеет размеры 45х50 км с северо-восточным азимутом простирания. Сравнительный анализ полученных результатов в сопоставлении с геолого-геофизическими материалами по региону позволяет отметить, что Адрасман-Чустская аномалия пространственно и генетически связана не с Северо-Ферганским разломом, а с процессами связанными с влиянием зоны Таласо-Ферганского глубинного разлома. Важно подчеркнуть, что зоны проявления максимальных значений температурного поля по космоструктурным данным совпадают с областями повышенных значений теплового потока по обрамлению депрессии. В пределах центральной части впадины на температурной карте не отмечаются аномалии, которые выражены на карте теплового потока. Вероятно это связано с тем, что температурные данные с космического снимка характеризуются сезонными вариациями, зависят также от времени зондирования. Кроме того, центральная часть впадины характеризуется меньшей раздробленностью и повышенной мощностью осадочного покрова, что приводит к быстрому рассеиванию тепла в приповерхностной части при дискретном характере поступающего из глубин теплового потока.

Таким образом, полученные результаты позволяют судить о возможности использования материалов дистанционного зондирования для составления детальных карт температурных полей с целью выделения интенсивных аномальных зон, которые могут быть признаками наличия каналов глубинного тепломассопереноса.

Литература

1. Абидов А.А. Генезис нефти и газа и методика поисков их местоскоплений. Ташкент: Фан. 2010. 258 с.
2. Абидов А.А., Умурзаков Р.А., Абидов Х.А., Юлдашев Г.Ю., Рахматов У.Н., Раббимкулов С.А. Нетрадиционные методы поисков залежей углеводородов в свете микстгенетической концепции происхождения нефти и газа. Ташкент: Fan va texnologiya. 2017. 112 с.
3. Умурзаков Р.А., Раббимкулов С.А. Возможности использования космических снимков для совершенствования методов поисков залежей нефти и газа // Вестник ТашГТУ. 2016. № 4. С. 195-200.
4. Vitjazev A.V. Heat generation and heat-mass transfer in the early evolution of the Earth // Physics of the Earth and Planetary Interiors. Vol. 22. Iss. 3–4, 1980. P. 277-288.
5. Аксенов А.А. и др. Дистанционные исследования при нефтегазопоисковых работах. М.: Наука. 1988. 224 с.
6. Сайт геологической службы США // http://usgs.go
7. Сайт неформального некоммерческого сообщества специалистов в области ГИС и ДЗЗ // http://gis-lab.info
8. Абидов А.А., Поликарпов А.А. Численное термодинамическое моделирование процессов тепломассопереноса // Узбекский журнал нефти и газа. 2002. № 2. С. 11-13.

УДК 528.06+528.088

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ВНУТРИСУТОЧНЫХ GPS ИЗМЕРЕНИЙ

Саламатина Ю.М.
salam@gdirc.ru
Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

Наибольшая абсолютная ошибка экспериментального приращения среднесуточных координат после программы GAMIT/GLOBK для GPS пунктов на расстоянии до 1.5 км составила по горизонтали ~4 мм, по вертикали – ~9 мм. Для оценки точности внутрисуточных GPS измерений был проведен 48-часовой эксперимент на 4 фундаментальных геодезических реперах. Антенна одного из пунктов искусственно смещалась в 3 ортогональных направлениях с помощью геодезического координатного столика до 40 мм. В конкретных условиях эксперимента для 3 недвижимых пунктов ошибка 30-секундного позиционирования после программы TRACK в горизонтальном плане составляет 13-23 мм и по вертикали 37-44 мм. Однако для станции в режиме кинематики эти ошибки оказались в 2-4 раза больше за счет специфических условий измерения.

Ключевые слова: внутрисуточные GPS измерения, искусственные смещения антенны, точность.

Для корректного анализа современных движений земной коры методом космической геодезии важно знать абсолютную ошибку таких измерений в конкретных локальных условиях. В настоящее время GPS технология и программный комплекс GAMIT/GLOBK [1] являются доступным и достаточно точным инструментом определения координат на поверхности земной коры при геодинамических исследованиях с точность в 1-3 мм/год в горизонтальном плане.

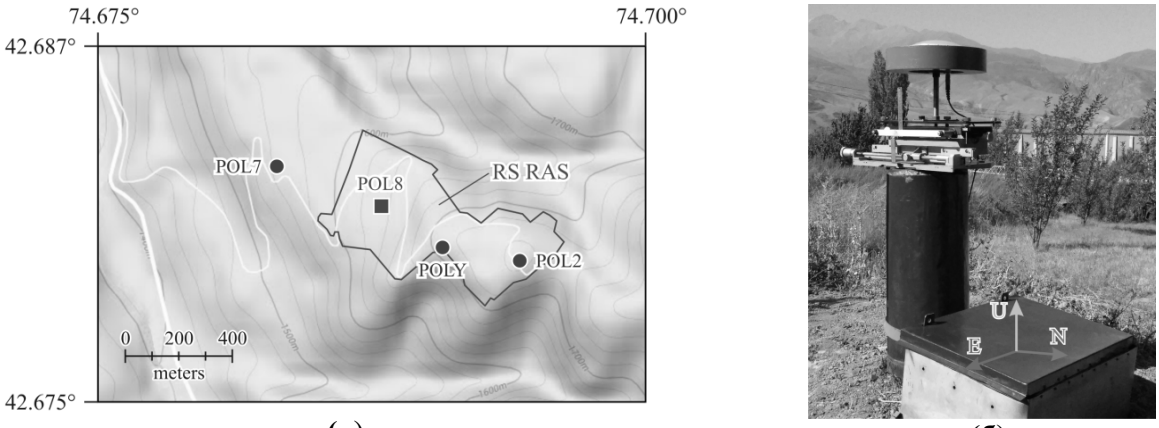
Оптимальная на данный момент длительность сессии GPS измерений составляет 1.5-3 суток [2], что при частых измерениях на большом количестве пунктов достаточно сильно затрудняет и удорожает проведение таких работ. Поэтому при стремлении к сокращению каждой GPS сессии необходимо сохранить точность позиционирования, которая вытекает из оценки абсолютных ошибок для разных по длительности интервалов измерений.

В 2009 году сотрудники НС РАН получили абсолютную оценку точности для заданных приращений координат с суточным интервалом усреднения данных при использовании GAMIT/GLOBK на сравнительно небольших расстояниях между GPS пунктами [3]. Продолжая исследования в этой области, приступим к анализу внутрисуточных смещений GPS антенны. Для этого на территории НС РАН (рис.1) в сентябре 2018 года сотрудниками Лаборатории GPS был проведен 2-дневный эксперимент с использованием геодезического координатного столика "3D-корректора". Фиксированные смещения 3D-корректора создают эталоны искусственного движения GPS пунктов, что позволяет рассчитать скорости движения отдельных точек на поверхности земной коры на основе приращения их координат.



Рисунок 1 – Положение НС РАН в 20 км от столицы Кыргызстана города Бишкек

Для экспериментальных измерений было выбрано 4 фундаментальных геодезических репера удаленностью друг от друга на 293-989 м (в среднем на 545 м) с относительным превышением 26-183 м (в среднем 107 м) (рис. 2а).



(а) **(б)**

Рисунок 2 — а) Положение геодезической площадки для опытно-методических работ в горной области в районе территории НС РАН; б) пункт POL8 с геодезическим координатным столиком для эталонных смещений GPS антенны в направлениях север, восток и вверх

В качестве неподвижных точек были выбраны сайты POL2, POL7 и POLY; по данным многолетних геодезических измерений смещения, что они испытывают относительно друг друга, составляют не более 1-2 мм/год. Пункт POL8 является подвижной точкой на земной поверхности, поскольку во время эксперимента на него был установлен 3D-корректор, с помощью которого GPS антенна перемещалась на известную величину в направлениях: север (N), восток (E) и вверх (U) (рис. 2б).

Эксперимент охватил 48 часов GPS изменений для всех сайтов. Искуственные смещения антенны являются одинаковыми для каждых 24 часов наблюдений по каждой оси NEU (рис.3). Изменения позиции антенны 3D-корректором занимали в среднем 75 сек. для всех осей и осуществлялись в строгом порядке N-E-U, что позволило соблюсти примерно равную длительность измерений по каждой координате на очередной неподвижной позиции антенны.

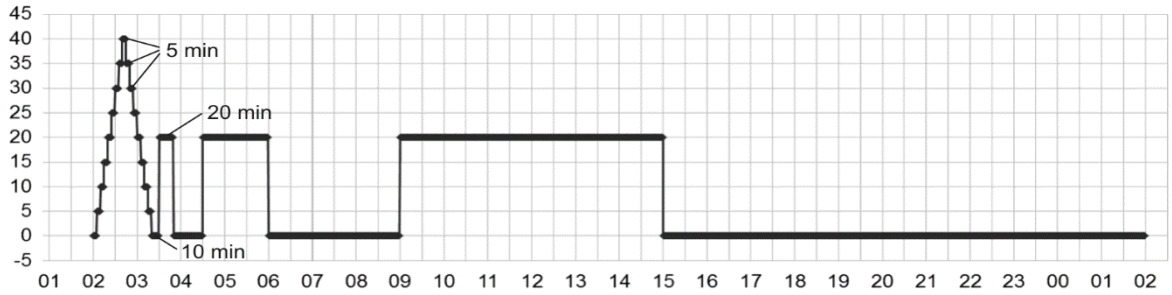


Рисунок 3 — Расписание смещения GNSS антенны POL8 относительно нулевого положения на каждые 24 часа измерений в направлениях NEU. Ось ординат - смещения в мм, ось абсцисс — UTC время в часах

Согласно рис.3 в начале эксперимента антенна POL8 находилась в некоторой нулевой позиции 5 минут, что соответствует 10 записям позиционирования в GPS приемнике через 30 секунд. Такой объем выборки мы примем за минимальный статистический набор данных для анализа. Далее через каждые 5 минут осуществлялся сдвиг на 5 мм в положительных направлениях осей NEU до +40 мм относительно 0. Затем через каждые 5 минут антенна смещалась в противоположных направлениях осей NEU до 0 позиции. На этом этапе мы имеем возможность оценить направленность устойчивого движения антенны.

Следующая часть эксперимента может дать ответ о возможной зависимости точности позиционирования от количества эпох наблюдения. Для этого мы смещали антенну в направлениях NEU сначала на +20 мм от 0, а затем -20 мм, но на каждом шаге смещения увеличивался интервал измерения: 10 мин, 20 мин, 40 мин, 1.5 часа, 3 часа, 6 часов, 11 часов (рис.3).

Поскольку стандартная обработка GPS данных пакетом GAMIT/GLOBK ограничена минимальным стандартным интервалом измерений в одни UTC-сутки и дает только одно усредненное значение координат пункта, то для получения набора координат за сутки мы будем использовать базовый алгоритм программы TRACK [4]. Программа TRACK содержится в программном пакете GAMIT/GLOBK и для каждого дня рассчитывает позиции на каждую эпоху (с интервалом в 30 сек) в локальной системе координат NEU. Принимая каждый недвижимый пункт (POL2, POL7 и POLY) эксперимента в качестве системы отсчета, получим 3 набора локальных координат. В итоге опорный пункт имел нулевые координаты, а координаты остальных пунктов эксперимента рассчитывались относительно опорного.

В табл.1 представлен один из наборов локальных координат пунктов эксперимента, который был рассчитан программой TRACK относительно опорной станции POL2. Каждый набор имеет 5760 записей NEU для каждой станции за все время эксперимента.

Таблица 1 — Набор локальных координат для пунктов POL7, POL8, POLY, рассчитанный относительно опорной станции POL2

Дата	Время	Координаты пунктов относительно POL2, мм								
		POL7			POL8			POLY		
		dN	dE	dU	dN	dE	dU	dN	dE	dU
2018.09.04	02:00:00	353310.5	-905967.5	-183161.2	208531.4	-517034.8	-119248.8	49994.9	-287534.0	-26125.9
	02:00:30	353313.7	-905965.7	-183166.6	208526.8	-517038.1	-119247.6	49994.0	-287535.2	-26129.4
	02:01:00	353310.0	-905967.9	-183166.5	208527.6	-517038.4	-119247.9	49995.9	-287533.9	-26134.5
	02:01:30	353311.2	-905967.5	-183166.9	208526.6	-517038.5	-119250.7	49995.9	-287533.8	-26131.6
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
2018.09.06	01:58:00	353318.9	-905963.7	-183188.8	208536.0	-517024.5	-119257.0	49996.7	-287522.1	-26120.2
	01:58:30	353315.9	-905964.7	-183187.5	208535.0	-517026.9	-119257.1	49996.8	-287522.0	-26127.2
	01:59:00	353313.8	-905968.1	-183180.6	208529.5	-517029.0	-119253.8	49995.0	-287523.3	-26122.6
	01:59:30	353315.8	-905963.8	-183189.5	208529.6	-517028.9	-119261.7	49996.2	-287525.4	-26120.2

В 3 имеющихся наборах координат искусственно недвижимые сайты (POL2, POL7 и POLY) имеют примерно одинаковые статистические показатели для своих координатных временных рядов. Интервал вариаций (*VI*) координат в горизонтальной плоскости составляет 27-45 мм и стандартное отклонение (*SD*) 3-5 мм, по вертикали *VI* = 68-87 мм и *SD* = 9-10 мм. Если допустить, что взаимные относительные перемещения недвижимых пунктов в течение эксперимента по какой-либо причине равны нулю, то приведенные выше значения *VI* и *SD* могут характеризовать уровень точности позиционирования при помощи использованного в данной работе режима вычислений координат в программе TRACK.

Координаты POL8 во всех наборах имеют более высокий уровень разброса и вариативности по сравнению с остальными сайтами. По горизонтальным координатам для POL8 *VI* = 170-270 мм и *SD* = 14-22 мм, по вертикали *VI* = 690-860 мм и *SD* = 40-50 мм.

Для корректного сравнения рассчитанных координатных рядов POL8 и для эталонных изменений координат (рис.3) необходимо провести операцию центрирования совмещаемых выборок данных. На рис.4 представлены плановые смещения антенны и вариации координат POL8 относительно POL2.

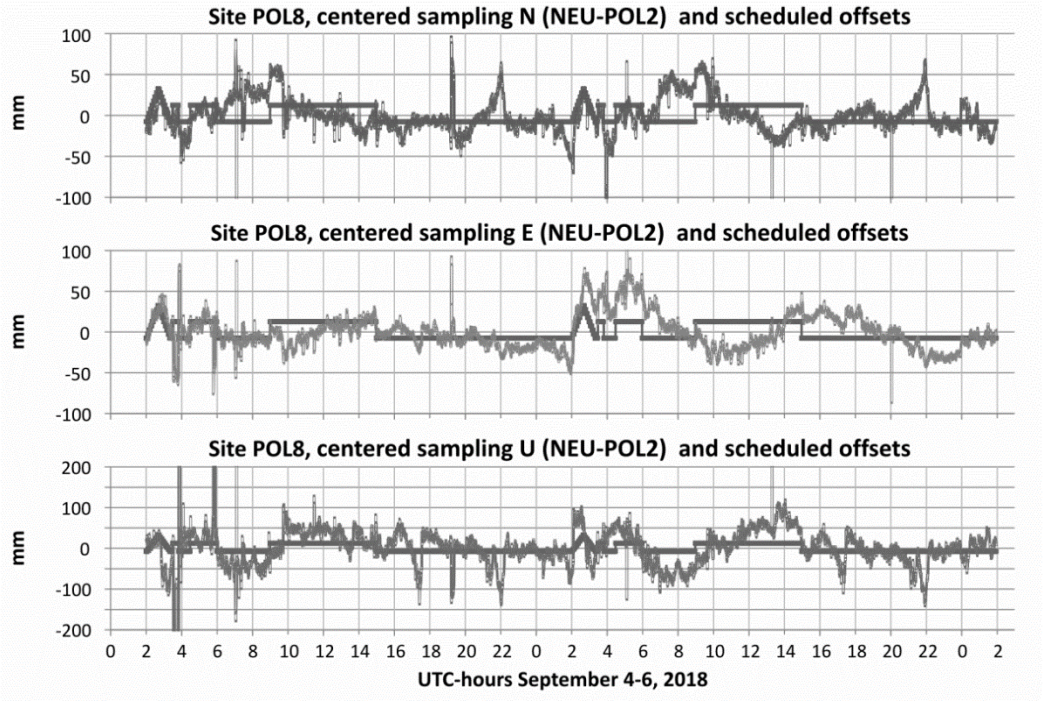


Рисунок 4 — Центрированные временные ряды локальных координат для сайта POL8 относительно POL2 с эталонными движениями GPS антенны. Ось ординат - перемещения в мм, ось абсцисс - UTC время в часах, начиная с 4 сентября 2018 г.

Чтобы оценить абсолютную ошибку GPS позиционирования, используем модуль разности между центрированными наблюденными и эталонными координатами POL8. Для 3 наборов локальных координат (относительно POL2, POL7, POLY) северная компонента пункта POL8 имеет максимальные отклонения от плановой позиции антенны (*MaxErr)* 159-185 мм, и среднюю ошибку в этом направлении (*AvrErr*) есть 10-17 мм. Восточная компонента имеет абсолютные ошибки *MaxErr* = 200-214 мм и *AvrErr* = 15-26 мм, а вертикальная компонента содержит ошибки *MaxErr* = 380-423 мм и *AvrErr* = 28-45 мм.

Таким образом, рассчитанные данные в 2-4 раза превышают ожидаемые уровни вариаций координат. Поскольку прочное крепление конструкции "GPS антенна — 3D-корректор — железобетонный фундаментальный репер" обеспечивает близкие к нулю взаимные относительные перемещения недвижимых пунктов и фундаментального репера POL8. Такой повышенный уровень шума в GPS позиционировании может быть связан с конкретными условиями расположения пункта POL8 на местности: близость зданий и деревьев, характер рельефа и недостаточный обзор неба (рис.2).

Для исключения в будущем влияния подобных отрицательных факторов на внутрисуточное экспериментальное позиционирование предполагается сделать:

- увеличивать интервал смещений, или выбирать позицию движимого репера с меньшим уровнем шума и флуктуаций координат;
- задействовать дополнительные поправочные таблицы в программе TRACK, тем самым увеличив точность позиционирования;
- использовать пакет GAMIT/GLOBK для расчета априорных и максимально точных координат для последующего использования в программе TRACK.

Автор работы выражает благодарность своему научному руководителю к.ф.-м.н., заведующему Лабораторией изучения современных движений земной коры методами космической геодезии НС РАН Кузикову С.И. за ценные советы при проведении анализа данных и рекомендации по оформлению статьи.

Литература

1. Herring T.A., King R.W., Floyd M.A., McClusky S.C. Introduction to GAMIT/GLOBK, Release 10.7; MIT: Cambridge, MA, USA, 2018; Доступно по ссылке: http://geoweb.mit.edu/gg/Intro_GG.pdf (ссылка актуальна на 26 февраля 2019 г.).
2. Зубович А.В. Изучение поля скоростей современных движений земной коры Центрального Тань-Шаня методами космической геодезии. Дис. ... канд. физ.-мат. наук. М.: ОИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН. 2001. 95 с.
3. Кузиков С.И., Образцова Т.С. Точность воспроизведения заданных смещений GPS антенны // Вестник КРСУ. 2011. № 11 (4). С. 129–134.
4. Example of the usage of track. Доступно по ссылке: http://geoweb.mit.edu/~tah/track_example/(ссылка актуальна на 26 февраля 2019 г.)

УДК 553.9+550.8+551.243

ИЗУЧЕНИЕ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ СУРХАНДАРЬИНСКОЙ ВПАДИНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Саъдуллаев С.
sadullayev2020@mail.ru
Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

В работе приводятся результаты анализа и обобщения материалов по нефтегазоносности и геофизическим условиям разреза Сурхандарьинского нефтегазоносного региона с целью определения эффективных методов дальнейших исследований и особенностей их применения в условиях сложнодислоцированных впадин орогенного типа.

Ключевые слова: геофизические методы, структура, осадочный горизонт, нефтегазоносность, залежи углеводородов, ловушки, сейсморазведка.

Как известно, основным методом обнаружения наличия продукта УВ в установленных для первоочередных исследований локальных структурах является бурение. Однако часто случается так, что скважина оказывается «сухой», или с незначительными притоками поискового продукта. По данным такого бурения площадь относилась к бесперспективной и работы там прекращались. Современные технологии геофизических исследований позволяют по иному решать задачи по изучению нефтегазоносности осадочных горизонтов. Учёными Республики Узбекистан получены новые данные, свидетельствующие о возможностях геофизических методов для решения актуальных задач нефтегазовой геологии [1-5] особенно в случаях с отрицательным бурением. Была показана значимость геотермических исследований [1] для выявления зон наличия каналов глубинного тепломассопереноса, и в этих зонах на примере отдельных площадей в пределах Бухаро-Хивинского [1,2], а также Сурхандарьинского [4] регионов, отнесённых ранее к бесперспективным установлены новые локальные нефтегазоперспективные структуры.

Сурхандарьинская впадина находится в южной части территории Республики Узбекистан и в административном плане относится к Сурхандарьинской области. Эта впадина является западной частью Афгано-Таджикской депрессии. Впадина с западного борта находится в сочленении с Юго-Западными отрогами Гиссара. Для этой территории характерна резкая дисгармония структурных планов по различным горизонтам геологического разреза из-за наличия мощной соленосной толщи в верхней юре и активностью движений в неоген-четвертичное время. Такое сложное глубинное геологическое строение затрудняет изучение нефтегазоносности отложений и требует применения новых современных технологий.
Изучением геологического строения и нефтегазоносности этого региона занимались А.А.Акрамходжаев, Г.А.Габриэлянц, Г.Х.Дикенштейн, В.И.Попов, , О.А. Рыжков, Б.Б.Таль-Вирский, М.Э.Эгамбердиев, А.В.Киршин, А.А. Абидов, А.Х.Нугманов, Г.С.Абдуллаев и др.
Как и в других регионах Узбекистана, здесь высокоперспективной считается подсоле-вая карбонатная толща юры. Согласно опубликованным работам перспективы освоения подсолевой карбонатной юры Сурхандарьинского региона связываются с расширением объемов поисковых работ с усилением опытно-методических работ по разработке новых методов картирования локальных объектов юрской карбонатной толщи [1,4].

В современной структуре региона выделяется четыре крупных структурно-тектонических элемента: Байсунский прогиб, Келиф-Сарыкамышская гряда, Западно - Сурханская и Восточно-Сурханская тектонические зоны. Геологический разрез впадины составляют два структурных этажа. Нижний - герцинский складчатый фундамент, представлен терригенно-карбонатными, вулканогенно-осадочными и интрузивными

породами палеозоя – раннего триаса. Верхний структурный этаж – осадочный чехол, сложенный мезозойско-кайнозойскими терригенными, карбонатными и гидрохимическими отложениями. Общая их мощность в глубоких прогибах может достигать 7 – 8 км и более. Этот осадочный чехол подразделяется на два комплекса: нижний - платформенный и верхний орогенный. Нижний комплекс представлен пестроцветными континентальными, лагунными и морскими отложениями триас-палеогенового возраста (мощностью 1.5 – 4 км), заполняющими платформенный прогиб; верхний – красноцветными молассами неоген-антропогена (мощностью от 3 – 4 до 6 км).

Промышленная нефтегазоносность палеогеновых и верхнемеловых отложений, а также нижнемеловых и верхнеюрских отложений Байсунской котловины доказана глубоким бурением. Залежи нефти и газа здесь установлены в трещиноватых известняках и доломитах алайских и бухарских слоев, в верхних карбонатных горизонтах акджарских слоев и маастрихта, а также в валанжинских песчаниках и алевролитах карабильской свиты. Большинство открытых месторождений многопластовые; выделяются от двух до трех горизонтов (I, II, III, IV) в разрезе бухарских слоев палеоцена и один горизонт в алайских слоях. Самым крупным месторождением региона является месторождение Гаджак в верхнеюрских карбонатах с запасами около 100 млрд $м^3$. Также известны нефтяное месторождение Учкызыл и сопряженные с ним месторождения Хаудаг, Джалаир и Кокайты.
Данные бурения по региону позволили выявить многоярусность геологического разреза с повторением горизонтов одного и того же возраста, связанного с особенностями новейшей геодинамики региона с преобладанием взбросо-надвиговых дислокаций. В пределах площади Сангардак в северо-западной части Сурхандарьинской впадины в материалах ГИС в скважине № 4 отмечено повторение отложения аптского возраста [5] на глубинах 2120 м и 2321 м, а в скважине № 6 повторение разреза наблюдалось по отложениям сеномана. Кровля этих отложений отбивается на глубинах 1764 м и 1898 м [5]. Эти повторения связаны с наличием покровно-надвиговых структур. Палеозойские образования Сурхантау надвинуты на осадочные альпийские образования Сангардакской площади. Таким образом, карбонатная формация юры с соляно-ангидритовой покрышкой оказывается под палеозойскими отложениями. Подобные условия с той или иной приближённостью характерны для таких площадей как Адамташ, Гумбулак и Гаджак, в пределах которых открыты месторождения УВ. Как показывает опыт предыдущих лет исследований, для изучения особенностей структуры подобных площадей необходимо применение сейсморазведочных методов в комплексе с электроразведкой МТЗ.

За последние 10-15 лет в изучаемом регионе выполнялись сейсморазведочные работы МОГТ 2D и 3D с целью выявления и подготовки структур к поисковому бурению, а также для доразведки и уточнения геологических моделей месторождений и перспективных площадей. Основные объемы исследований были сосредоточены в пределах северо-восточных частей Байсунского прогиба (площади Баглыдара-Янгихаят-Игарчи), в центральной части Келиф-Сарыкамышской гряды, Западно-Сурханской зоне (площадь Баташ) и Восточно-Сурханской зоне (площадь Хайрабад- Эльбаян). В пределах исследуемого региона данные ВСП не везде охватывают целевые горизонты. Поэтому выделенные основные отражающие горизонты стратифицированы фрагментарно. Основными опорными отражающими горизонтами здесь являются: T_1 – бухарские слои палеогена, T'_1 – поверхность отложений тагоринского горизонта, T'_2 – песчаники неоком-апта, T_3 – кровля солей кимеридж-титона, T'_3 – поверхность известняков келловей-оксфорда.

В погруженных зонах региона хорошо выделяются отражающие горизонты в неогеновых и палеогеновых отложениях. Они предположительно приурочены к известнякам алайских слоев эоцена.

Горизонт T'_3 по кровле солей кимеридж-титона отмечается на значительной части профилей на пл. Кызылкия и частично на площадях Лайлякан – Янгихаят. Во временных разрезах отмечены повторная регистрация этого горизонта на временах 1.6 – 1.8 с и 2.6 – 2.8 с. Согласно определениям, выполненным сотрудниками ПГМП АО «Узбекгеофизика»

сейсмическая запись представляется в виде динамически выраженного четырехфазного цуга колебаний, максимум частотной характеристики которой лежит в диапазоне 20-25 Гц.
Типизация временных разрезов по видам волновой картины и отражения в них структурных особенностей (выполнена АО«Узбекгеофизика» совместно с ИГИРНИГМ [6]) позволила выявить, что в пределах описываемого региона преимущественное распространение имеют антиклинальных ловушки обычного вида в площадях Джейранхона и Гаджак. с На рисунке 1 приводится временной разрез по профилю ПР237718 характерный для площади месторождения Гаджак. На времени около 2 с отбивается горизонт, приуроченный к отложениям юры. Эта структура имеет вид обычной ненарушенной антиклинальной складки и относится к ловушкам антиклинального типа.

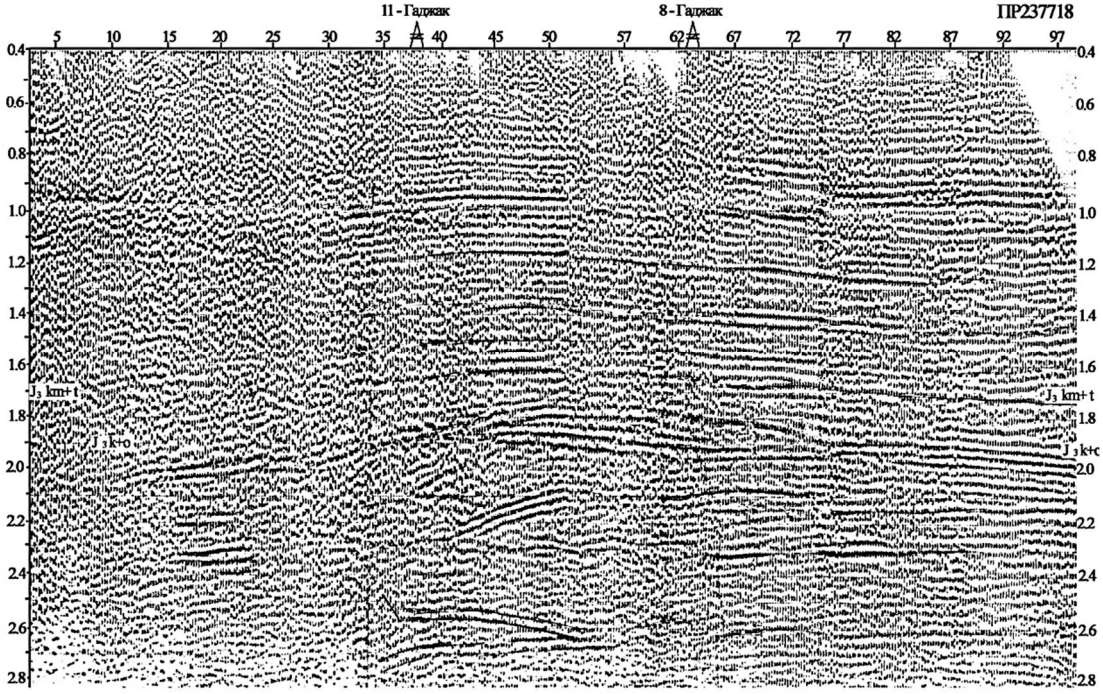


Рисунок 1 – Временной разрез по профилю ПР237718 площади Гаджак

Другой пример на рисунке 2 характерен для площади месторождения Хаудаг (ПР28801479), где по горизонту, соответствующему отложениям палеогена наблюдается осложнение в виде разрывного нарушения. Кроме того, отмечается несовпадение структурных планов меловых и юрских отложений. Это фактически подтвердилось результатами бурения скважины 11, где был приток продукта из меловых отложений. Осложненные разломами ловушки структурного типа характерны также для месторождения Кокайты, Ляльмикар, Миршады, Учкызыл.

Для месторождений Джалаир, Актау, Корсаглы характерны ловушки не антиклинального (не структурного) типа, а литологически-экранированные, связанные с участками замещения проницаемых пород непроницаемыми. В пределах изучаемого региона имеют место также сочетание структурных и литологически экранированных ловушек, что вероятно обусловлено новейшей геодинамической активностью территории. Для исследования таких сложнодислоцированных геологических разрезов и обнаружения сложных ловушек залежей углеводородов необходима постановка трёхмерной сейсморазведки в комплексе с электроразведкой методом МТЗ.

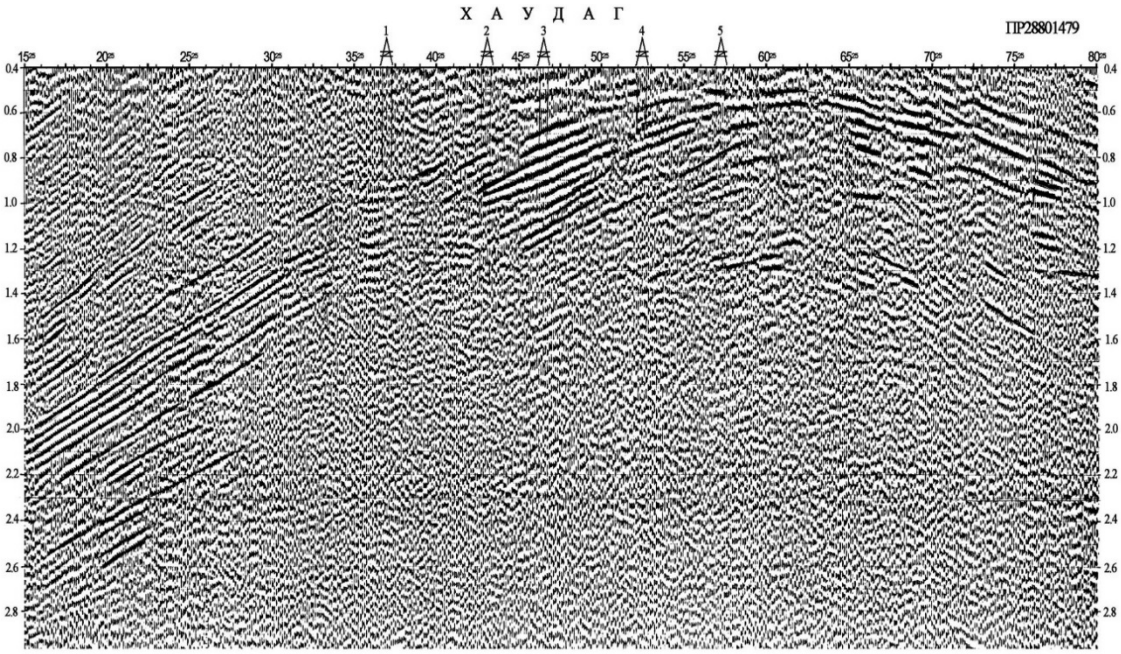


Рисунок 2 – Временной разрез по профилю Пр28801479 площади Хаудак

Таким образом, можно отметить следующее: 1) сложное многоярусное строение разреза Сурхандарьинской впадины определяет необходимость постановки комплексных геофизических методов, позволяющих изучение разреза и верхней части, и на глубину. К таким методам можно отнести трёхмерную сейсморазведку и электроразведку методом МТЗ; 2) перспективы нефтегазоносности региона вероятно нужно связывать с более глубокими, подсолевыми горизонтами.

Литература

1. Абидов А.А., Умурзаков Р.А., Абидов Х.А., Юлдашев Г.Ю., Рахматов У.Н., Раббимкулов С.А. Нетрадиционные методы поисков залежей углеводородов в свете микстгенетической концепции происхождения нефти и газа. Ташкент: Fan va texnologiya. 2017. 112 с.
2. Юлдашев Г.Ю., Сорокотяга Л.П. Применение современных электроразведочных методов для обнаружения каналов ГТМП // Узбекский журнал нефти и газа. Ташкент. 2014. Спец. вып. С. 106-112.
3. Юлдашев Г.Ю., Сорокотяга Л.П. Выявление сложнопостроенных структур комплексом геофизических исследований в Бешкентском прогибе // Вестник Национального университета (НУУз). ЎзМУ Хабарлари. Ташкент. 2015. № 3/1. С. 141-146.
4. Рахматова С. Поднадвиговые объекты Сурхандарьинского синклинория – резервный региональный объект для поисков новых ресурсов углеводородов // Сб. тр. Междунар. науч. конф. «Современные проблемы и пути освоения нефтегазового потенциала недр» (г. Ташкент, 22 ноября 2012 г.). Ч. 1. Ташкент. 2013. С. 40-43.
5. Нугманов А.Х. Современные взгляды на происхождение нефти и газа и образование их месторождений // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2016. № 10. С. 51-59.
6. Геологические объекты в осадочных толщах нефтегазоносных регионов Узбекистана и их отображение в сейсмических волновых полях. Атлас. Фонды ИГИРНИГМ. Ташкент. 2008.

УДК 550.348.4

МОНИТОРИНГ ЭКСХАЛЯЦИИ ПОЧВЕННОГО РАДОНА КАК ИНДИКАТОР АКТИВИЗАЦИИ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ АЛМАТИНСКОГО МЕГАПОЛИСА

Сексенбаева И.Х.
indira_vs@mail.ru
Институт сейсмологии, г. Алматы, Республика Казахстан

Основной задачей данной работы являлось выявить новые активизированные разломные зоны на территории г. Алматы в новых границах 2013г. Для этой цели были проведены полевые работы по профильному зондированию объемной активности почвенного радона (ОАПР) на территории Алматинского мегаполиса. В ходе работы была подтверждена активность 7 разломов, установлено отсутствие активности двух разломов и выявлены три новые активные разломные зоны. Работа продолжается.

Ключевые слова: радон, эксхаляция, зондирование, разломы, профили, сейсморайонирование.

Введение. Пространственно-временные вариации радона в подземных водах и в почвенном слое атмосферы являются наиболее информативным показателем геодинамического состояния земной коры [1]. Аномальные потоки почвенного радона из тектонических трещин оказались эффективными критериями ранжирования разломов и показателями их активности в современную эпоху [1,4]. За последние годы в Казахстане проводились исследования разломов на территории Алматинского мегаполиса на основе профильных измерений объемной концентрации почвенного радона (Rn^{222}). Особое внимание при этом обращалось на определение устойчивых фоновых средних значений эманации радона, на фоне которых выделялись относительно активные и неактивные разломные зоны на карте тектонических разломов города Алматы [2,3].

Следует отметить, что планомерные работы по проведению оценки геодинамического состояния территории г.Алматы по объемной концентрации почвенного радона предпринимаются впервые. В процессе работы были составлены карты гидрогеологической ситуации на территории новых границ мегаполиса, где отражены гидрогеологическая и инженерно-геологическая особенности [4].

На первом этапе по профильным измерениям объемной активности радона (ОАР) на территории г.Алматы, отработано четыре профиля с общей протяженностью около 90 км. На рисунке 1 показана схема расположения исследовательских маршрутов и предполагаемые зоны выявленных новых активных разломов [4,5].

Обобщенный гидрогеологический разрез пройденных профилей показан на рисунке 2, где выделяются скальные гранитные породы, которые в направлении на северную часть мегаполиса перекрываются средне- и верхнечетвертичными аллювиально-пролювиальными отложениями [5].

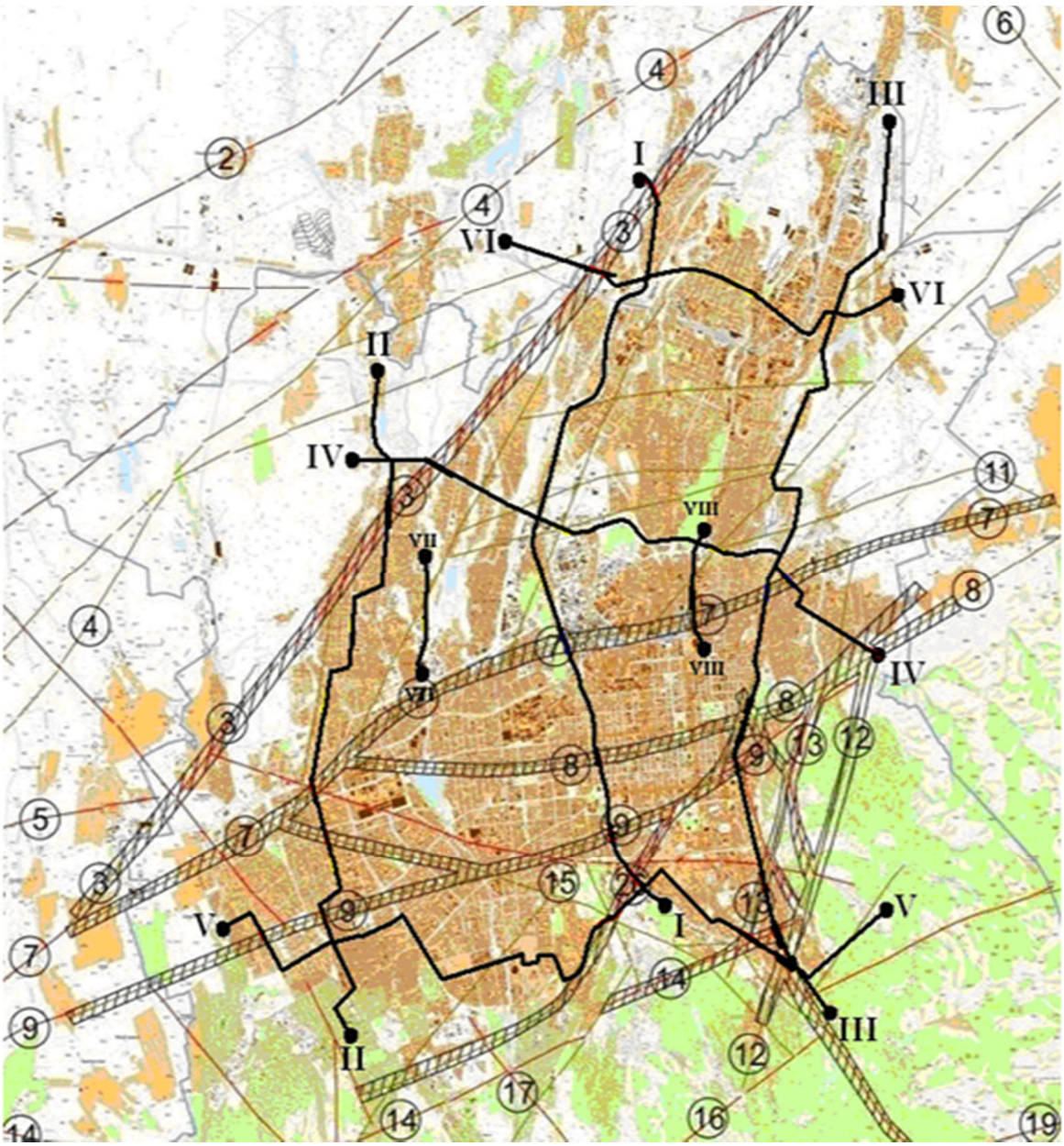


Рисунок 1 – Схематическая карта расположения исследовательских маршрутов и предполагаемых зон активных разломов на территории мегаполиса Алматы

Условные обозначения:

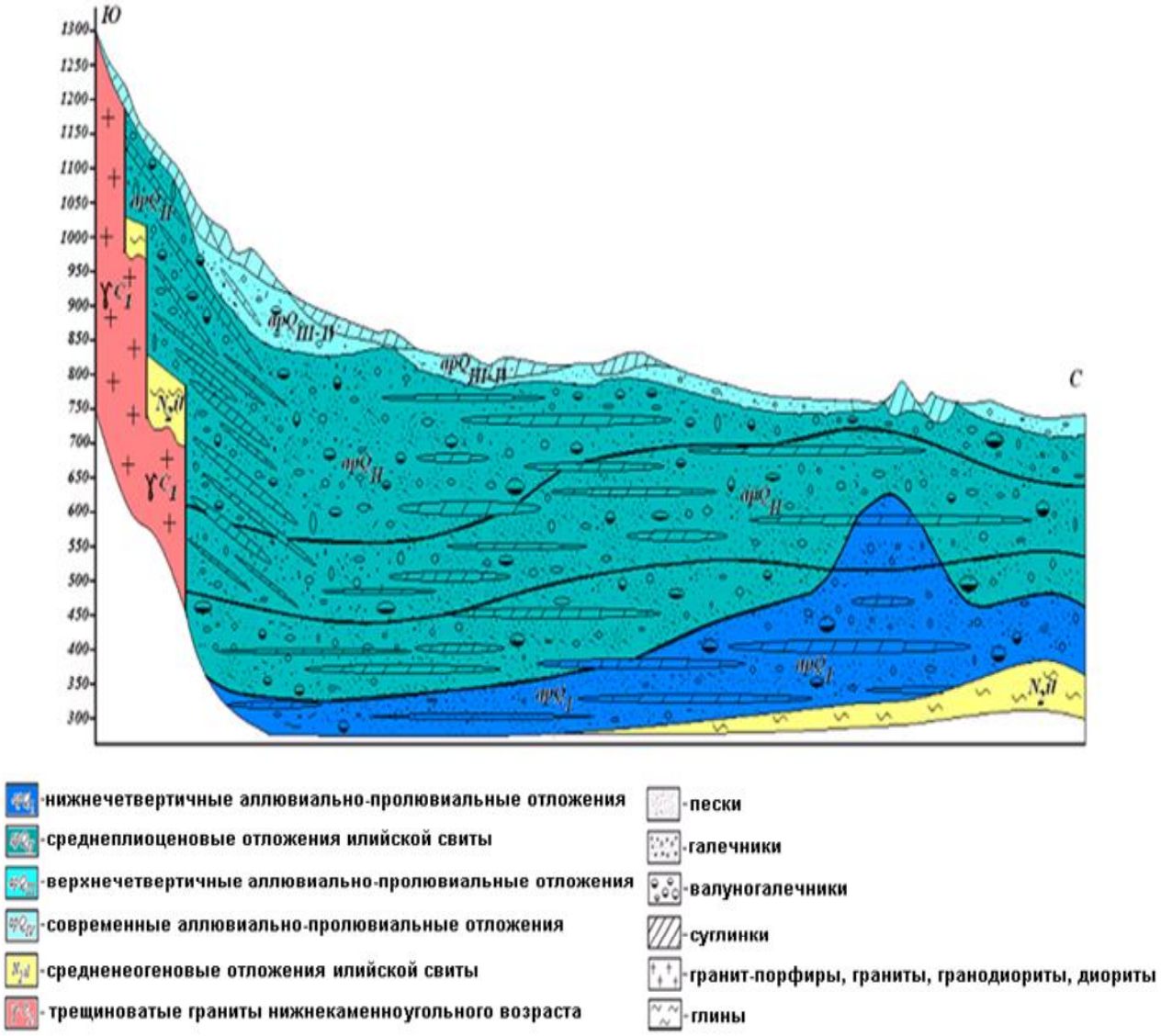


Рисунок 2 – Обобщенный гидрогеологический разрез по профилям I и II.

Методика полевых исследований. Для решения поставленных задач были использованы два прибора: радиометр «Рамон-Радон 01» и радиометр «Рамон 02» производства фирмы ТОО «СОЛО ЛТД» РК [6].

Данные приборы (в дальнейшем радиометр) предназначены для определения эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона Rn^{222} в воздухе жилых производственных помещений, а также в атмосферном воздухе. Радиометр работает в полуавтоматическом режиме. Диапазон измерений ЭРОА радона от 4 до $5*10^5$ Бк. Пределы допускаемой основной относительной погрешности ЭРОА Rn^{222} не более 30%. Измерение ЭРОА радона заключалось в отборе аэрозольных дочерних продуктов распада (ДПР) на аэрозольные фильтры, измерения активности альфа-излучателей RaA и RaC. Объемная активность короткоживущих ДПР рассчитывается по формулам, учитывающим накопление ДПР, как на стадии отбора проб, так и при измерении активности пробы [6].

Радиометр конструктивно состоит из пластмассового корпуса и размещенного в нем металлического каркаса с электронными узлами (блок детектирования альфа-излучения микроконтроллер, сетевой и автономный источники питания, воздухозаборное устройство). Установка в полевых условиях собирается согласно схеме (рис.3) [7].

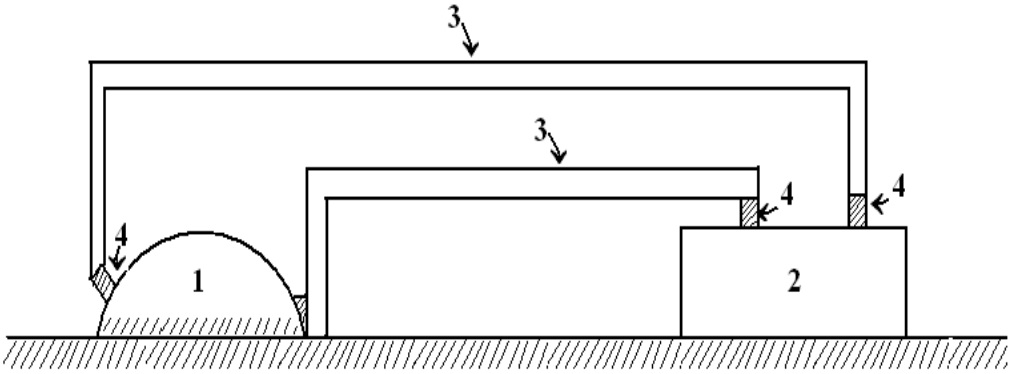


Рисунок 3 – Схема рабочей комплектации установки «Рамон-радон-01».
1- накопительная емкость, 2- прибор «Рамон-Радон 01»; 3- силиконовые трубки; 4- штуцера

Описание результатов измерений содержания радона в почвенном воздухе по профилю I-I. Профиль I- I имеет общее направление с юга на север. Длина профиля около 20 км. В процессе выполнения полевых работ было сделано 479 комплексных измерений через каждые 50 метров. В местах предполагаемых разломных зон шаг измерений уменьшался до 25 метров. Измерения начались с пункта «трамплин» выше проспекта Аль-Фараби, далее вдоль реки Есентай, по линии – «Трамплин» – м-н «Коктем» – Проспект Райымбека – Проспект Рыскулова – м-н «Айнабулак» – Северное кольцо – поселок Первомайский. Этот профиль предположительно должен был пересечь пять зон активных разломов. В результате исследований объемной концентрации почвенного радона Rn^{222} выявились 5 разломов, которые имеют место быть на карте, и чётко отображены на графике. Данные разломы показаны на гипсометрическом графике.

- разлом №1 отметился высоким содержанием Rn^{222}. Величина содержаний радона достигает 110-210 мБк/с*м^2. Ширина активной зоны составила около 400 м. Местоположение разломной зоны полностью совпадает с отмеченным разломом на карте;
- разлом №2 был выделен лишь несколькими высокими выбросами содержания радона Rn^{222}. Величина выбросов колеблется от 110-210 мБк/с*м^2. Ширина разломной зоны при этом составила менее 200 м.
- разлом №3 по ширине составляет 325 м. На этом участке так же наблюдаются высокие выбросы содержания радона от 110-180 мБк/с*м^2, что значительно превышает фоновые значения.
- разлом № 4, отмеченный на графиках и отраженный на карте, выделяет слабое колебание единичного выброса до 110 мБк/с*м^2. На этом основании можно предположить, что эта разломная зона в настоящее время мало активна.
- разлом №5 довольно четко обозначился по результатам наблюдений высоким содержанием радона – до 180 мБк/с*м^2. Ширина активной зоны составляет в пределах профиля около 300 м. Ряд высоких значений подтверждает существование активной в настоящее время разломной зоны № 5 на предполагаемом ранее участке профиля I-I.

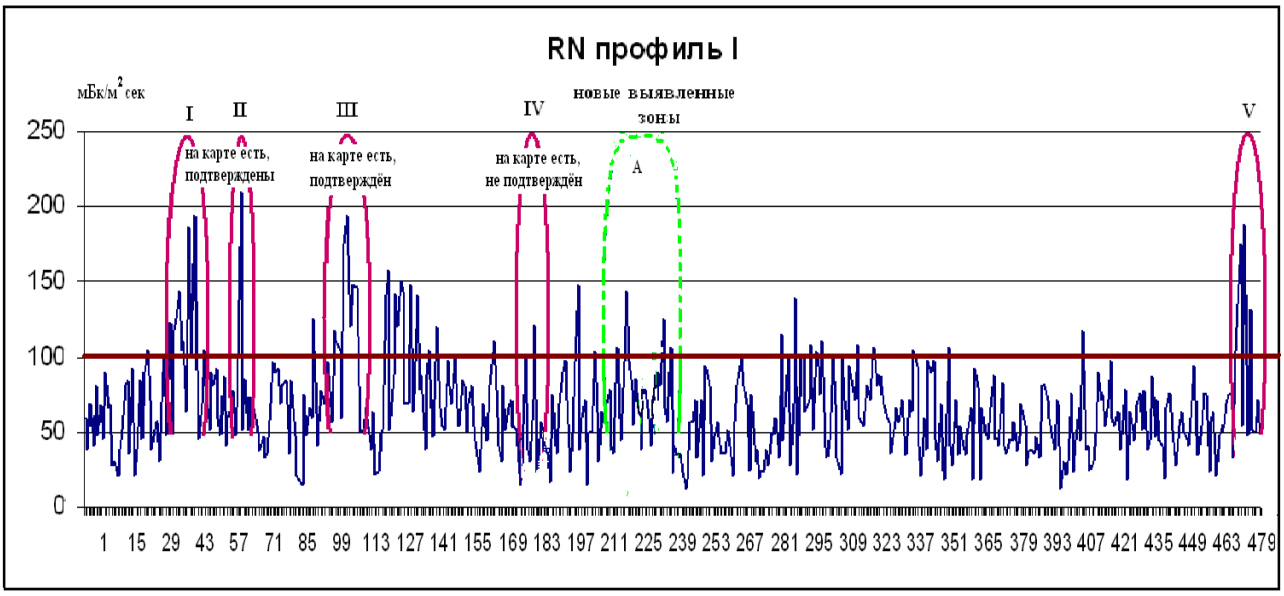


Рисунок 4 – Результаты исследования объемной концентрации почвенного радона Rn^{222} по профилю I-I

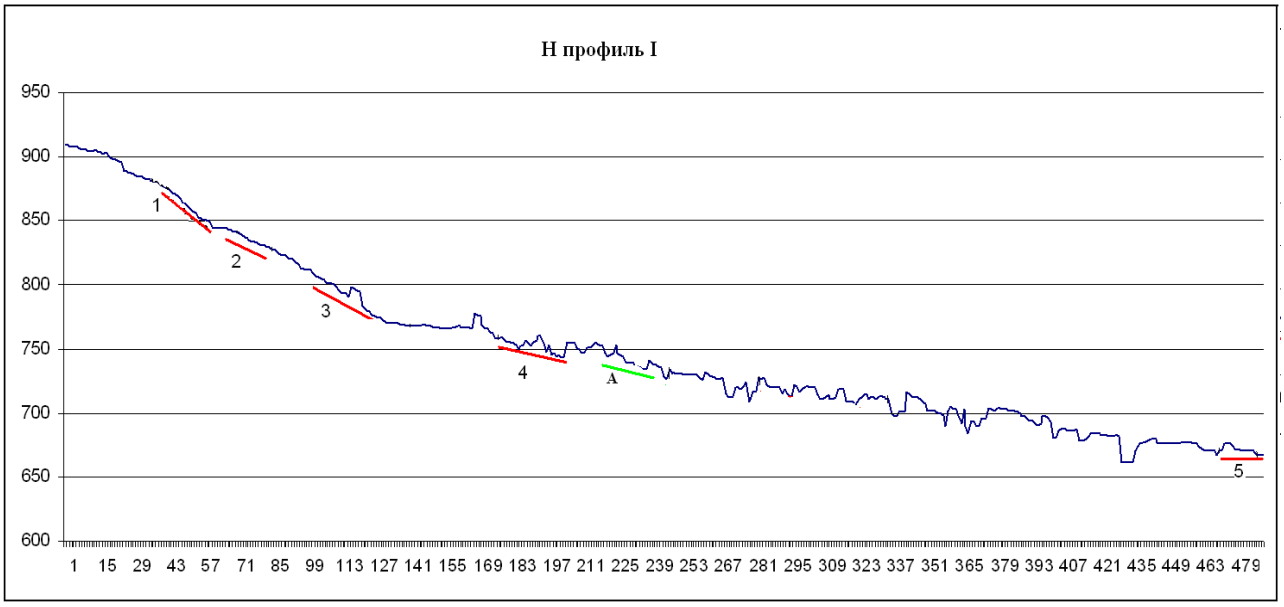


Рисунок 5 – Гипсометрический график профиля I-I с предполагаемыми зонами активных разломов. Обозначения: 1-5 – разломная зона, А- новая активная зона

В ходе полевых наблюдений отмечалась ещё одна слабоактивная зона (на графике отмечена жирной зеленой линией буквой А, где содержание Rn^{222} превышает фоновые значения. На этой территории располагается разлом, скрытый под осадочным чехлом. На этом основании можно предположить, что выявлена новая активная зона.

Заключение. Опытно-экспериментальные исследования по геохимическому зондированию активных разломов на территории Алматинского мегаполиса методом профильных измерений объемной концентрации почвенного радона (Rn^{222}) показали его высокую эффективность, что позволило оценить современное динамическое состояние разломов. Была установлена взаимосвязь повышения радонопроявлений и тектонических структур.

Литература

1. Абдуллаев А.У. Флюидный режим земной коры как отражение современных геодинамических процессов. Алматы: Эверо. 2002. 352 с.
2. Абдуллаев А.У. Активный геохимический и гидрогеологический мониторинг сейсмической активности Алматинского мегаполиса // Снижение сейсмического риска зданий и сооружений г. Алматы при сильных землетрясениях. Сб. докл. Алматы. 2007. С. 41-46.
3. Абдуллаев А.У., Тукешова Г.Е. Активные разломы Алматинского мегаполиса в связи с составлением новой карты СМР // Активные разломы и их значение для оценки сейсмической опасности: современное состояние и проблемы. Материалы междунар. науч.-практ. конф. М. 2014. С. 12-15.
4. Абдуллаев А.У. и др. Первые результаты геохимического зондирования тектонических разломов на основе профильных измерений объемной активности почвенного радона на территории Алматинского мегаполиса // Известия НАН РК. Сер. геологии и технических наук. 2016. № 5. С. 79-91.
5. Рудаков В.П. Мониторинг напряженно-деформированного состояния пород сейсмоактивного района эманационным методом // Геохимия. 1986. № 9. С. 1337-1342.
6. ТОО «СОЛО ЛТД». Методика измерения объемной активности радона (Rn222) в различных средах. Алматы. 2010.
7. ТОО «СОЛО ЛТД». Руководство по эксплуатации. Техническое описание, инструкции по эксплуатации. Алматы. 2010.

УДК 550.34

ЗАПИСИ СИЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ПАМИРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 7 ДЕКАБРЯ 2015 г. И ЕГО АФТЕРШОКОВ

Соколов А.Н.[1], Муродкулов Ш.Я.[2]
asokolov@kndc.kz
[1]Институт геофизических исследований, г. Алматы, Республика Казахстан
[2]Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Академии наук Республики Таджикистан, г. Душанбе, Республика Таджикистан

Работа посвящена анализу записей сильных движений землетрясения вблизи озера Сарез 7 декабря 2015 г. с Mw=7.2 по данным сейсмических станций из района Центральной Азии.

Ключевые слова: озеро Сарез, макросейсмическое исследование, интенсивность, спектры реакции.

Землетрясение магнитудой Mw = 7.2 [1, 2, 3] (таблица 1) произошло 7 декабря 2015 г. в 12 ч. 50 мин местного времени (7ч. 50мин по Гринвичу) в Горно-Бадахшанской автономной области на востоке Таджикистана, в 22 км от высокогорного озера Сарез. Оно вызвало серьезные разрушения в Мургабском, Бартангском, Рушанском, Шугнанском и Ванчском районах Таджикистана, ощущалось во многих странах Центральной Азии: Таджикистане, Афганистане, Узбекистане, Кыргызстане и Казахстане [1-3].

Озеро Сарез расположено в районе Центрального Памира. Оно начало заполняться 18 февраля 1911 г. после сильного землетрясения (Mw = 7.2), когда река Мургаб была запружена в результате огромного оползня, который образовал плотину высотой 567 м. Объем обвалившейся породы составил около 2 км^3 [4, 5]. В настоящий момент длина озера составляет 56 км, наибольшая глубина – 505 м, площадь поверхности – 80 км2, объем воды – 17 км^3 [4, 5]. Высота над уровнем моря достигает 3265 м. Образовавшийся при Сарезском землетрясении 1911 г. Усойский завал нестабилен, и землям вдоль рек Бартанг, Пяндж и Аму-Дарья грозит катастрофическое наводнение, если плотина разрушится при возможном сильном землетрясении. В случае разрушения плотины или обрушения оползня затоплению может подвергнуться территория нескольких государств, где проживает несколько миллионов человек. В связи с этим, исследование сейсмичности вблизи озера имеет большой практический интерес.

Специалисты из Таджикистана провели макросейсмические обследования землетрясения на территории Республики [3]. Показано, что при землетрясении особенно сильно пострадали селения Гудара, Пасор и Бопасор, где интенсивность сотрясений по шкале MSK-64 достигала 7 баллов, в кишлаке Гудара были разрушены почти 80% старых жилых домов [3]. В верховьях долины реки Бартанг и ее притоках произошли обвалы и камнепады [3]. По бортам долины реки Босбайтал на поверхности моренных отложений образовались значительные трещины, где интенсивность сотрясений достигала 8 баллов. В акватории озера Сарез подземные колебания достигали интенсивности до 7 баллов. В общей сложности были повреждены и разрушены более 500 домов, десятки людей получили травмы, были человеческие жертвы [3]. Информация по макросейсмическим проявлениям из работы [3] была дополнена нами данными из СМИ, а также различных сейсмологических Центров [1, 2]. На рисунке 1 приведена карта значений интенсивности по шкале MSK-64 населенных пунктов Центральной Азии. В мегаполисах и столицах государств землетрясение ощущалось: Душанбе – 4 б, Ташкент – 3 б, Бишкек – 3 б, Чимкент - 3-4 б и Алматы - 2-3 б. На рисунке 2 приведена зависимость интенсивности сотрясений в населенных пунктах Центральной Азии от эпицентрального расстояния.

1) I = 11.6-3.1*lg(□(км))
Коэффициент корреляции R=-0.96.

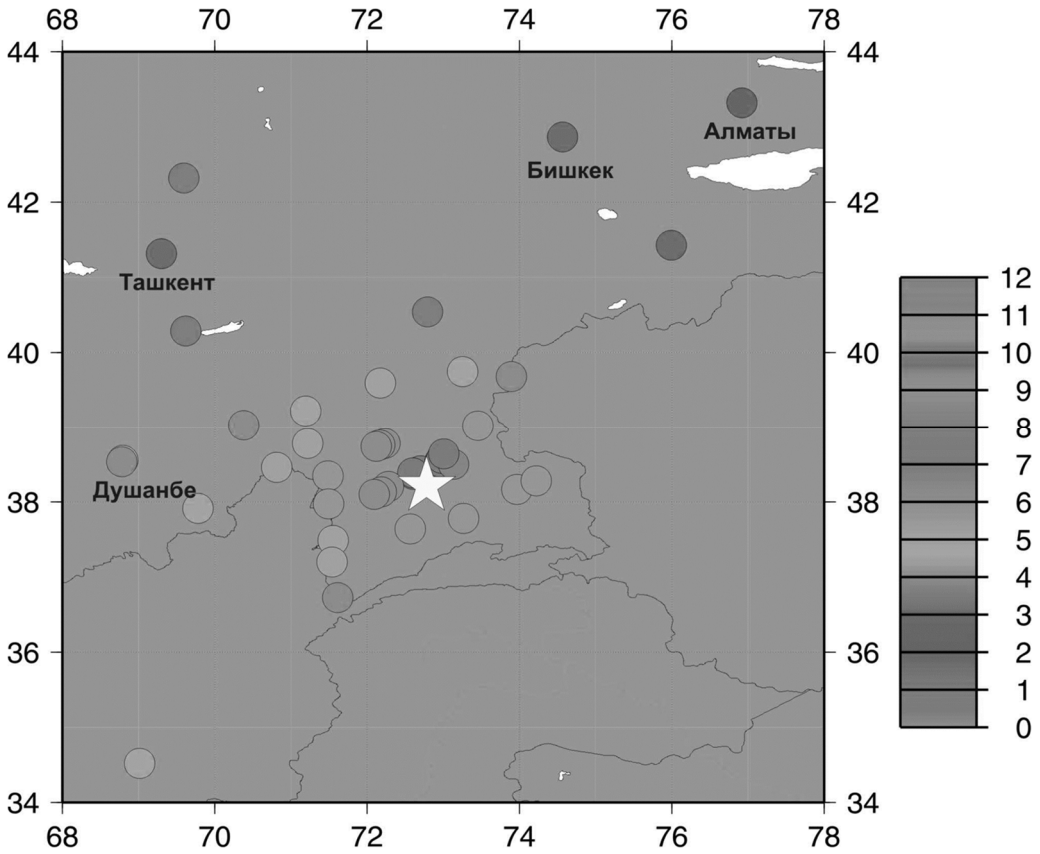


Рисунок 1 – Карта интенсивности сотрясений по шкале MSK-64 в населенных пунктах Центральной Азии. Звездочка – эпицентр землетрясения

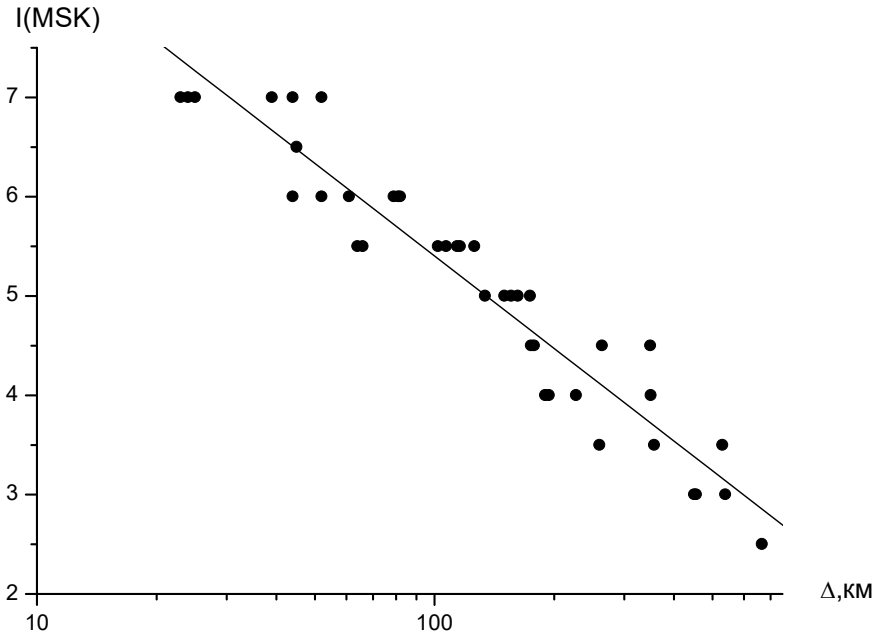


Рисунок 2 – Зависимость интенсивности сотрясений в населенных пунктах Центральной Азии от эпицентрального расстояния

Таблица 1. Параметры основного толчка и афтершоков, для которых обработаны записи СД по станциям на территории Центральной Азии

Дата, время	Широта, N	Долгота, E	Тип магнитуды	магнитуда	H,км
2015-12-07 07:50:07.4	38.2271	72.7523	Mw	7.2	22
2015-12-07 07:55:25	38.2271	72.7523			зк
2015-12-07 07:56:25	38.2271	72.7523			зк
2015-12-07 07:56:55	38.2271	72.7523			зк
2015-12-07 08:24:11.3	38.2325	72.7443	mb	4.7	10
2015-12-07 09:24:52.7	38.4881	73.2380	mb	4.9	10
2015-12-07 10:34:22.2	38.2080	72.9390	mb	4.6	10
2015-12-09 19:17:38.3	38.3722	72.8574	mb	5	10

В настоящее время на территории Центральной Азии работает большое количество широкополосных чувствительных сейсмических станций, зарегистрировавших знмлетрясение и его афтершоки, данные которых имеются в свободном доступе. Это станции сейсмических сетей Таджикистана TJ (Геофизическая служба АН РТ), Кыргызстана KN и KR (Института сейсмологии НАН КР), Казахстана KZ (Института геофизических исследований МЭ РК) [2]. Однако большинство записей основного толчка были «зашкаленными» [3]. Наиболее удаленная сеть станций – ИГИ МЭ РК находилась в диапазоне эпицентральных расстояний 658-1795 км, однако записи станций KUR21 и AKTO также оказались «зашкалены» (рисунок 3). В этой связи для исследований динамических параметров землетрясения необходимо использовать записи акселерометров сильных движений, однако в 2015 году на территории Центральной Азии их было катастрофически мало.

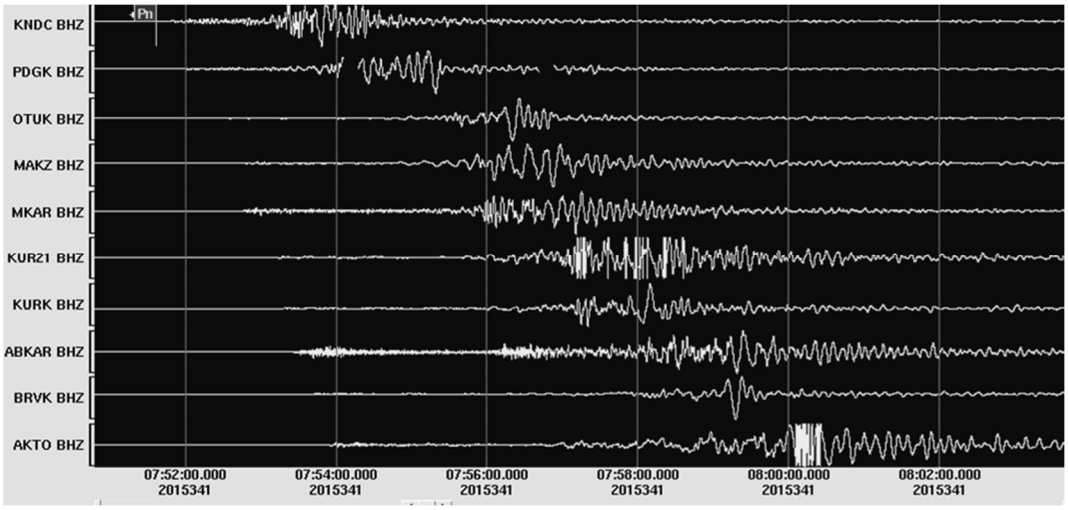


Рисунок 3 – Сейсмические записи основного толчка землетрясения 7 декабря 2015 г. по данным станций сети ИГИ, вертикальные компоненты

По счастливой случайности в 2004 г. в долине р. Бартанг и на Сарезском озере была установлена система раннего предупреждения (СРП) и мониторинга (Stucky Consulting Engineers Ltd). Система мониторинга состоит из различных видов аппаратуры: акселерометры сильных движений, GPS, PLL и WLL- измерения уровня озера, датчик паводка и др. (рисунок 4). Система РП землетрясений состоит из 3х акселерометров СД производства GeoSig (Швейцария) [6]. На станциях СРП установлена аппаратура AC63+GSR18 [7]. Частота оцифровки 200 Гц. Удалось извлечь из системы накопления данных цифровые записи станции MU2, координаты станции $\varphi = 38.2748°$, $\lambda = 72.6366°$, высота над уровнем моря $h = 3291$ м.

Всего было обработано 8 записей сейсмических событий - основного толчка и афтершоков Памирского землетрясения 7 декабря 2015 года с Mw = 7.2 (таблица 1). Отметим, что параметров очагов некоторых из афтершоков нет в международных сейсмологических бюллетенях, поэтому эпицентральное расстояние для них рассчитывалось по временам запаздывания ts-tp. В таблице 1 приведены параметры сейсмических событий, для которых были обработаны записи СД.

На рисунке 5 приведены записи и спектры реакции основного толчка 7 декабря 2015 г. в t_0 = 07-50-07.5, максимальное значение ускорения соответствует Amax(Z) = 486.1 см/с^2 (эпицентральное расстояние 11 км). На рисунке 6 приведены записи и спектры реакции афтершока 7 декабря 2015 г. в t_0=08:24:11.3, с m_b = 4.7, максимальное значение ускорения соответствует Amax (Trans.) = 40.6 см/с^2 (эпицентральное расстояние 11 км). Обработка данных проводилась при помощи программного обеспечения ViewWave, разработанного Т. Кашимой [7], которое позволяет проводить визуализацию записи, откалиброванной за характеристики прибора в физических единицах, производить расчеты спектра Фурье и спектра реакции для разных значений затухания, производить дифференцирование и интегрирование записей.

Кроме станции MU2 были обработаны данные акселерометров сильных движений сейсмических станций Казахстана KNDC, PDGK, OTUK, MAKZ, KURK, BRVK, а также данные станций сетей Таджикистана, Кыргызстана и Казахстана, которые не были «зашкалены», перед началом обработки данные были продифференцированы (рисунок 7).

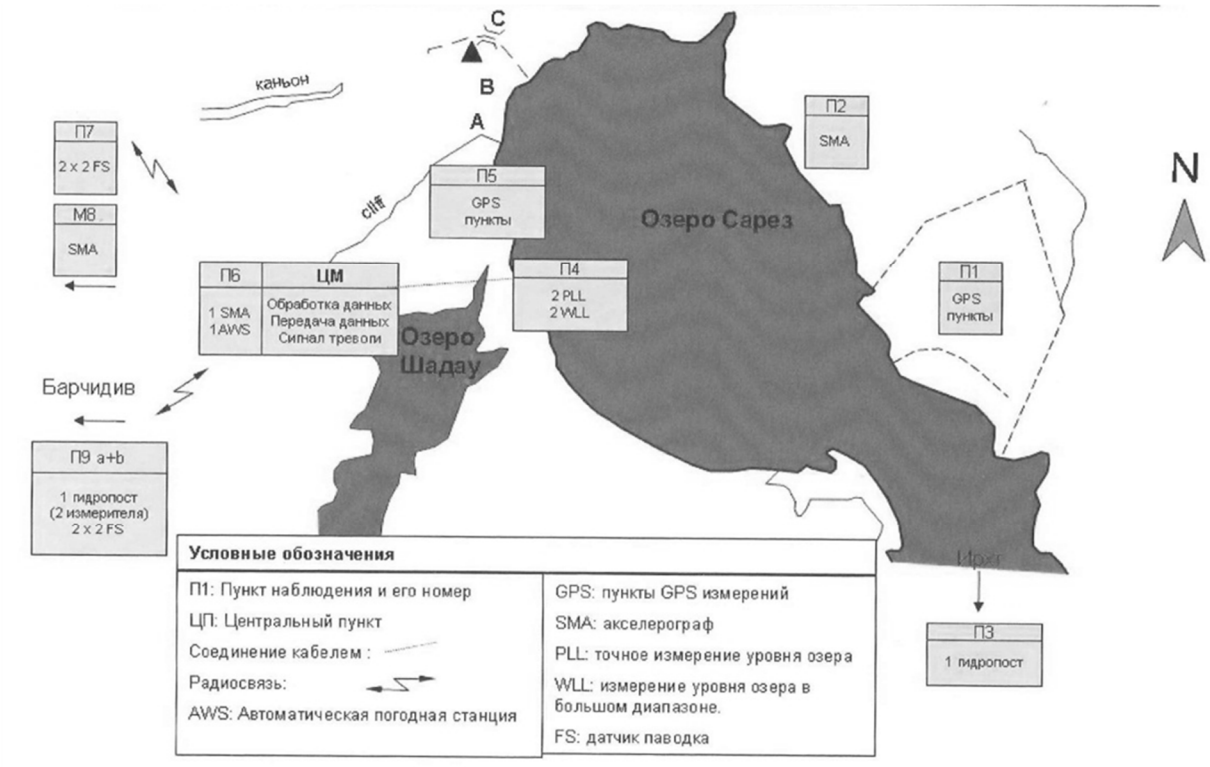


Рисунок 4 – Схема системы мониторинга и РП на озере Сарез [6]

На рисунке 8 приведена зависимость максимальных амплитуд ускорений на станциях Центральной Азии от эпицентрального расстояния.

2) Amax (см/с^2) = 4.18-1.49*lg(□(км))
Коэффициент корреляции R = -0.97.

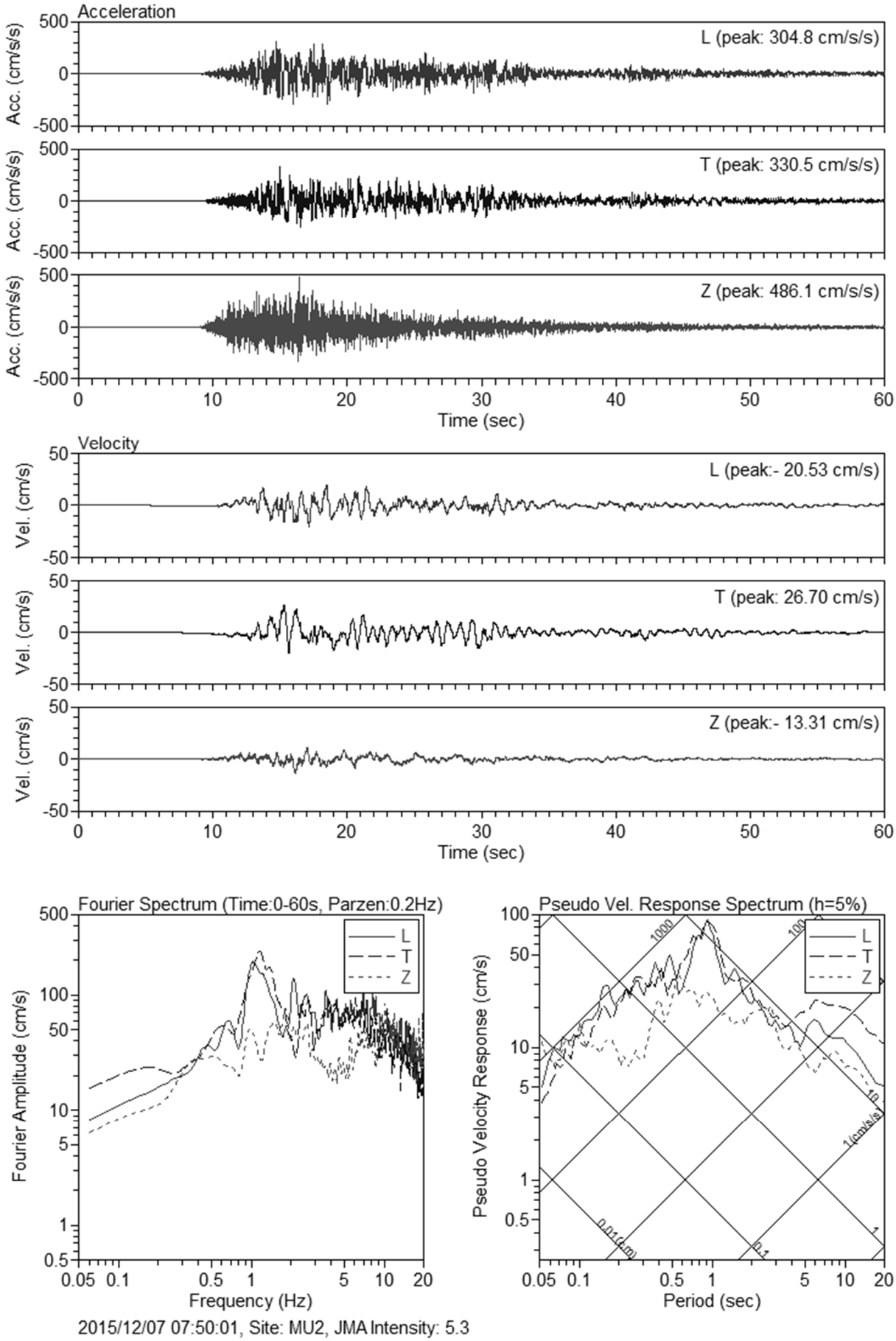


Рисунок 5 – Записи и спектры реакции землетрясения 2015-12-07 в 07:50:01.4, станция MU2. Эпицентральное расстояние 11 км

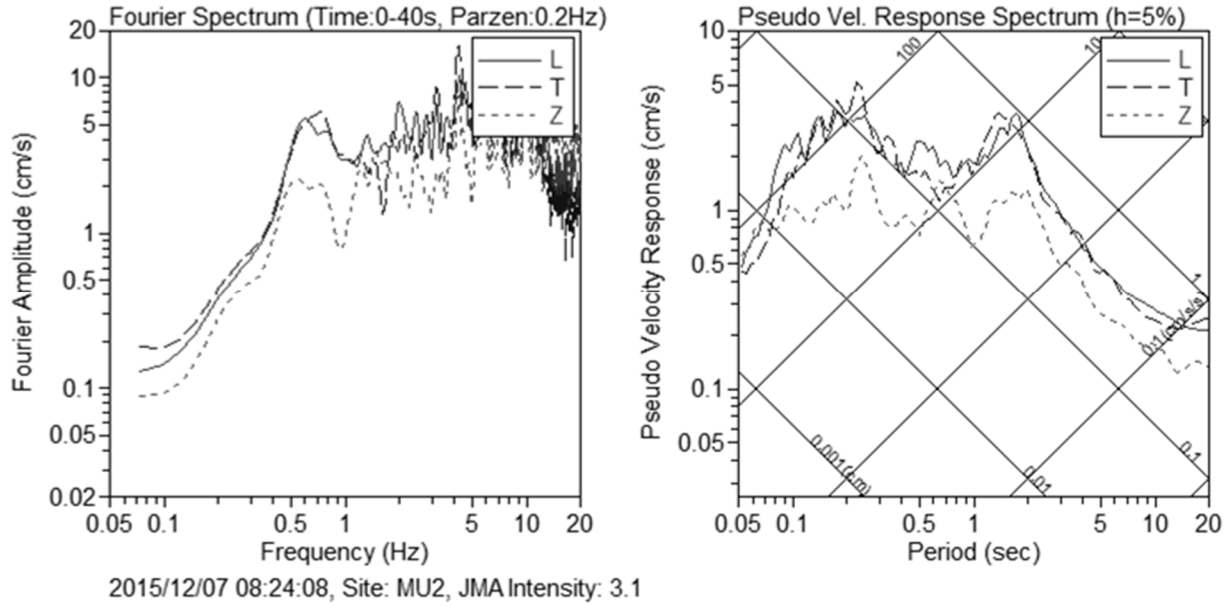


Рисунок 6 – Спектры реакции афтершока 7 декабря 2015 г. в t0=08:24:11.3, с mb=4.7, станция MU2. Эпицентральное расстояние 11 км

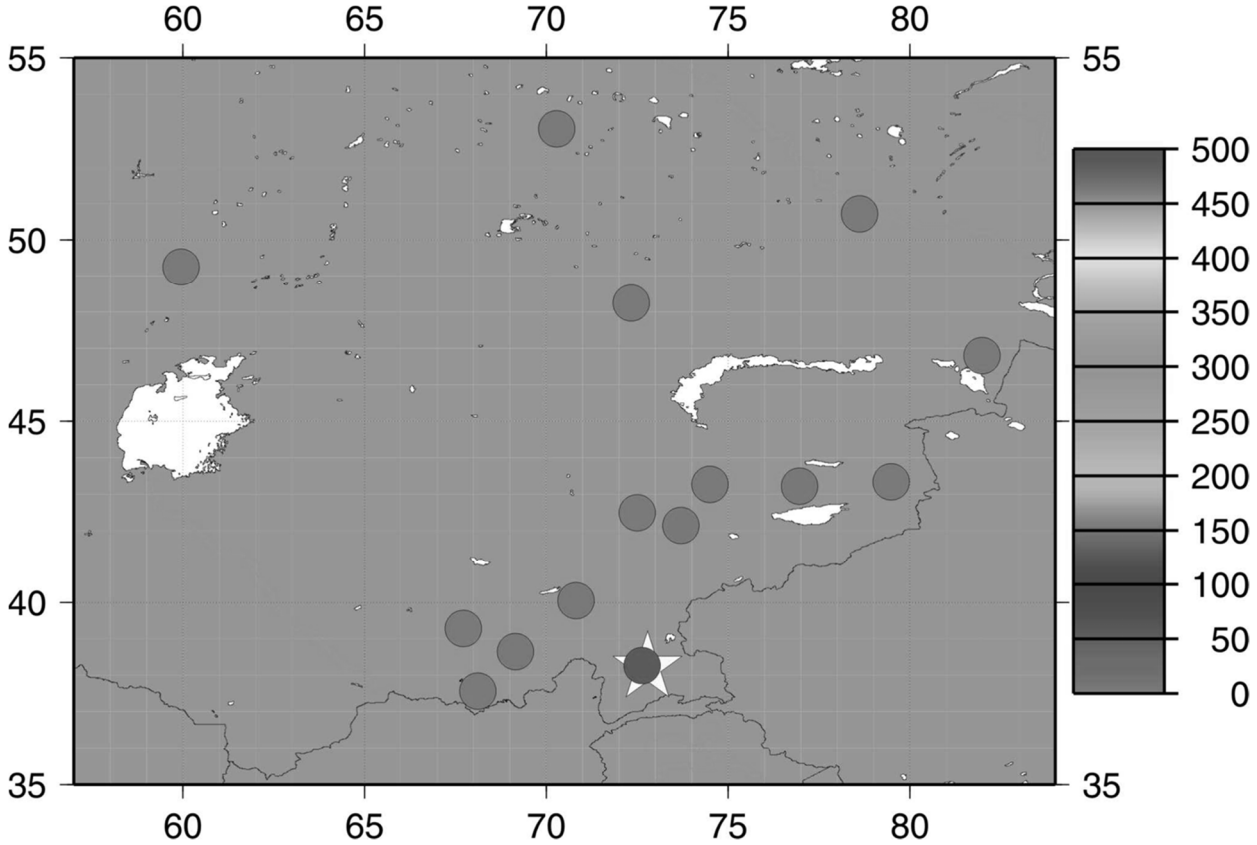


Рисунок 7 – Карта расположения сейсмических станций, зарегистрировавших Памирское землетрясение 2015-12-07 в 07:50:01.4 (эпицентр - звездочка). Цветовая шкала соответствует максимальной амплитуде ускорений в см/с^2

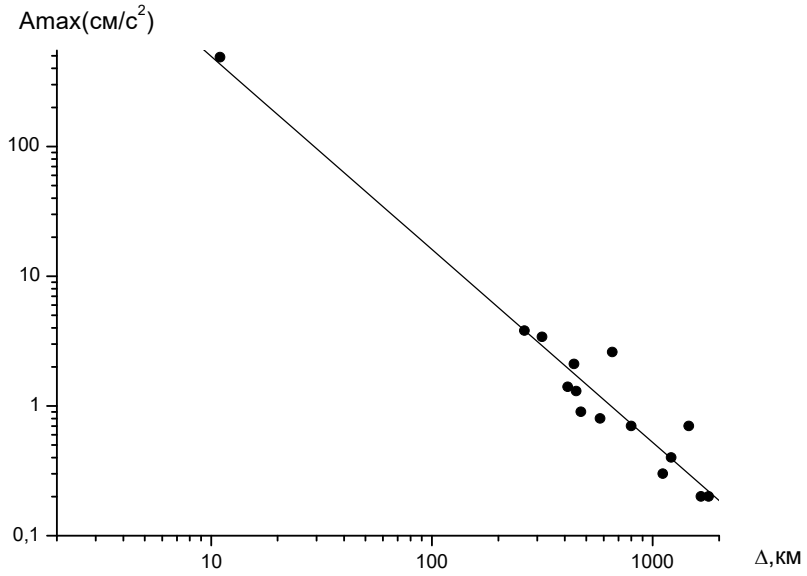


Рисунок 8 – Зависимость пиковых ускорений Amax в см/с^2 по данным станций Центральной Азии от эпицентрального расстояния

Заключение.

1. Для Памирского землетрясения 7 декабря 2015 года собраны и проанализированы данные о макросейсмических проявлениях землетрясения в странах Центральной Азии.
2. Обработаны данные сильных движений основного толчка и афтершоков в диапазоне эпицентральных расстояний от 11 до 1795 км. По станции, расположенной в эпицентральной зоне - MU2, получено самое большое значение за период работы цифровых станций в Центральной Азии значение Amax = 486.1 см/с^2.
3. Полученные результаты необходимо использовать в задачах оценки сейсмической опасности региона.

Работа выполнена при финансовой поддержке Международного научно-технического центра (грант МНТЦ KR № 2398).

Литература

1. Электронный ресурс https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search.
2. Электронный ресурс www.isc.ac.uk.
3. Негматуллаев С.Х., Джураев Р.У., Улубиева Т.Р. Сарезское землетрясение 7 декабря 2015 года // Вестник НЯЦ РК. 2018. Вып. 2. С. 171-177.
4. Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н. Характеристики сейсмичности в областях больших водохранилищ и крупнейших водопадов: Роль эффектов дополнительной нагрузки и непрерывной вибрации // Вопросы инженерной сейсмологии. 2017. Т. 44. № 2. С. 74-84. DOI: 10.21455/VIS2017.2-5.
5. Агаханянц О.Е. Сарез: озеро на Памире. Л.: Гидрометеоиздат. 1989. 112 с.
6. Бабаев А.М., Ищук А.Р., Негматуллаев С.Х. Сейсмические условия территории Таджикистана. Душанбе. 2008. 96 с.
7. Электронный ресурс ViewWave Help, IISEE, BRI.; Kashima T., 2002.

УДК 550.34.013.2

СЕЙСМИЧНОСТЬ ЧУЙСКОЙ ВПАДИНЫ И ЕЁ ГОРНОГО ОБРАМЛЕНИЯ

Тилек кызы Г., Байкулов С.К., Рахмединов Э.Э.
gulka0788@mail.ru, sultan_baikulov@mail.ru rahimdinov@gmail.com
Институт сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики,
г.Бишкек, Кыргызская Республика

В данной статье дано краткое описание сейсмичности Чуйской впадины и её горного обрамления. Так же на какой части больше всего происходят землетрясения и как менялась сейсмичность данного региона.

Ключевые слова: землетрясения, сейсмическое районирование, сейсмичность, плотность, эпицентр.

Чуйская впадина расположена на северной окраине Кыргызской Республики и охватывает относительно обширное левобережье реки Чу - от меридиана Боомского ущелья - на востоке, до верхнего и среднего течения р. Аспара, правого притока реки Курагаты, - на западе. Впадина вытянута в широтном направлении с запада на восток на расстояние 200 км и на 100 км - с севера на юг (в самом широком месте). К западу и северо-западу она открыта и постепенно переходит в обширную пустыню Моюн-Кум (территория Казахстана). На северо-востоке Чуйская впадина обрамляется горами Кендыктас и хребтом Жетыжол, на востоке Заилийским Ала-Тау. С юга её ограничивает Киргизский хребет, общая длина которого составляет 180 км (рис.1). Поверхность Чуйской впадины в целом наклонена к северу. Наиболее низкие абсолютные высотные её отметки – 495 м, на севере и северо-западе вблизи Таш-Уткульского водохранилища. К югу и юго-востоку высота депрессии возрастает и у села Джель-Арык достигает 1250 м.

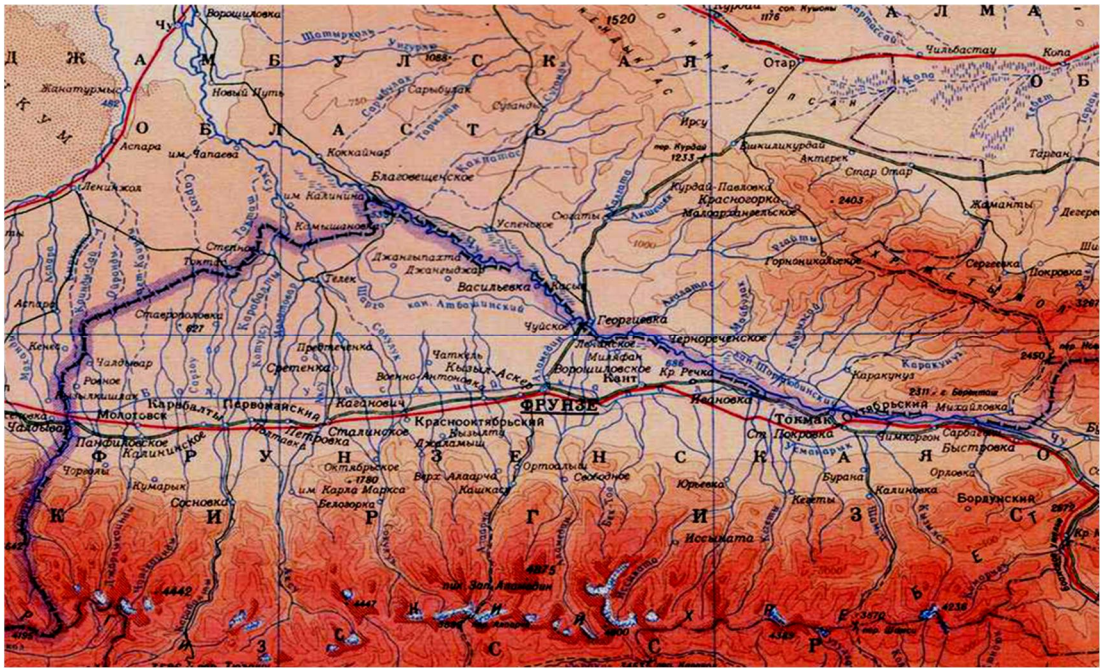


Рисунок 1 – Обзорная карта Чуйской впадины и её горного обрамления (вырезка из карты масштаба 1: 500 000)

Впадина имеет развитую речную сеть, богата подземными водами. Самой крупной водной артерией является р. Чу, которая пройдя Боомское ущелье и, приняв справа главный

свой приток — р. Чон-Кемин, поворачивает на северо-запад, в открытую сторону впадины, «пробежав» через которую, теряется в песках Моюн-Кума (на территории Казахстана). Во впадине р. Чу принимает многочисленные левые притоки, формирующиеся на северных склонах Киргизского хребта (р. Шамшы, Иссык-Ата, Аламудун, Ала-Арча, Сокулук, Ак-Суу, Карабалта и др). Часть воды этих речек не доходит до р. Чу: она фильтруется в рыхлых наносах или разбирается на орошение. Климат впадины континентальный, с жарким сухим летом, умеренно холодной зимой. Количество осадков от 250 до 500 мм в год, выпадают, главным образом, весной. Безморозный период — до 180 дней.

В структурном отношении Чуйская межгорная впадина (в палеоген-неогеновое время – предгорная, межгорной она стала в четвертичное время, когда стали «расти» Кендыктасские горы) представляет собой крупную мегасинклиналь, которая делится на две части - северную и южную. Северная часть – Чуйская моноклиналь, характеризуется пологим падением к юго-западу домезойского фундамента. Южная - представлена узким, глубоким, ассиметричным Предкиргизским прогибом, оборванным краевыми разломами. Прогиб заполнен мезозой-кайнозойскими рыхлыми, слабоцементированными отложениями, которые сверху прикрыты глинистыми и песчано-галечниковыми аллювиальными наносами р. Чу и её притоков. Палеозойское основание в виде ступеней погружается с севера на юг от 500 м до 4000 м. Границей между частями служит флексурно-разрывная зона, выделенная по геофизическим данным (Чедия, 1986; Юдахин, 1983). [10]

Чуйская впадина представляет собой самую густонаселённую часть севера страны; характеризуется наибольшим сельскохозяйственным освоением и наибольшим промышленным развитием. Она относится к числу сейсмоактивных регионов Центральной Азии. На её территории происходили и происходят землетрясения, зачастую разрушительные. Об этом свидетельствуют многочисленные палеосейсмодислокации, археосейсмологический материал (8-9-балльные Новопокровское землетрясение в конце XII века и Балысагунское 1475 г., Корженков и др. 2012 г.), данные по катастро-фическим сейсмособытиям (8-9-балльное 8-балльное Меркенское 1865 г., 9-10-балльные Беловодские 1870 г. и 1885 г., 7-8-балльные Георгиевские 1910 г. и 1949 г., 7-8-балльное Токмакское 1926 г., 8-9-балльное Кемино-Чуйское 1938 г., 7-балльное Луговское 2003 г) и ежегодные землетрясения с $K \geq 8$ (Каталоги землетрясений на территории Кыргызстана Института сейсмологии НАН КР).
Предотвратить землетрясения невозможно, однако их разрушительные последствия и количество человеческих жертв могут быть уменьшены путем создания достоверных карт сейсмического районирования, на которых отражена сейсмическая опасность путём выделения зон.

На карте сейсмического районирования, созданной Горшковым Г.П. в 1938 г., северо-западная часть Чуйской впадины отнесена к 7-балльной зоне, южно-Чуйская часть 8-балльная, остальная территория относится к 9-балльной зоне. На карте Б.А. Петрушевского (1955) 7-балльная зона отсутствует, северная часть 8-балльная, остальная территория 9-балльная. На карте СР, построенной Е.А. Розовой, К.Д. Джанузаковым и В.Г. Королевом (1964) сократилась площадь 9-балльной зоны и расширена 8-балльная зона. [5] На карте авторов [6] вновь отражена 7-балльная зона в северо-западной части впадина, немного расширена 8-балльная зона. На последней карте сейсмического районирования территории

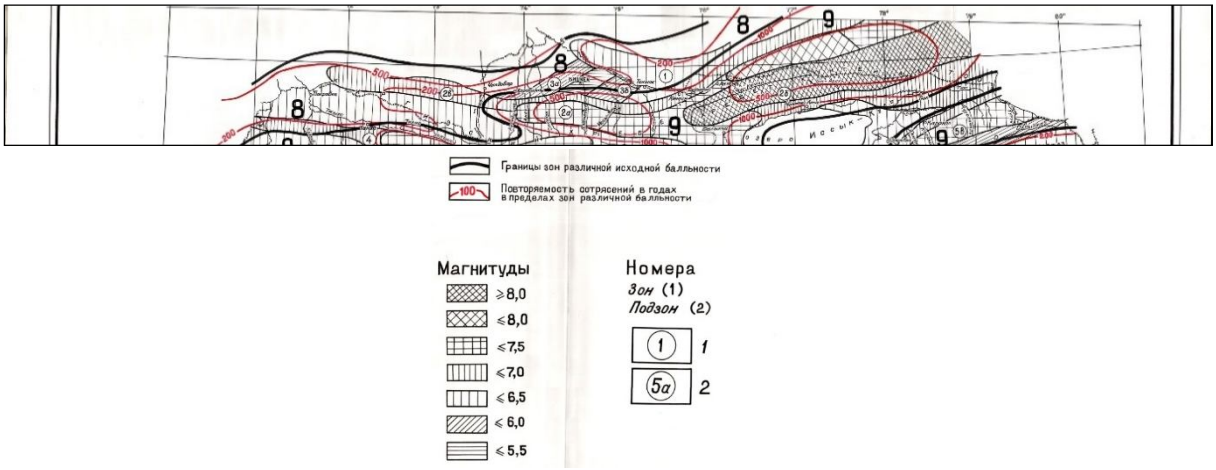


Рисунок 2 – Карта сейсмического районирования территории Чуйской впадины и её горного обрамления (фрагмент из карты [3])

Кыргызской Республики, созданной в 2011 г. [3], 7-балльная зона отсутствует и расширена 9-балльная зона, выделены сейсмогенерирующие зоны и подзоны, формирующиеся вдоль активных разломов (рис. 2). На территории Чуйской впадины и её горного обрамления авторы выделили Северо-Чуйскую зону с двумя подзонами (Киндыктакская и Кастекская) и Южно-Чуйскую зону - M≥6,9-7,5, с двумя подзонами (Иссыката-Киргизская и Шамси-Аксуйская). [3]

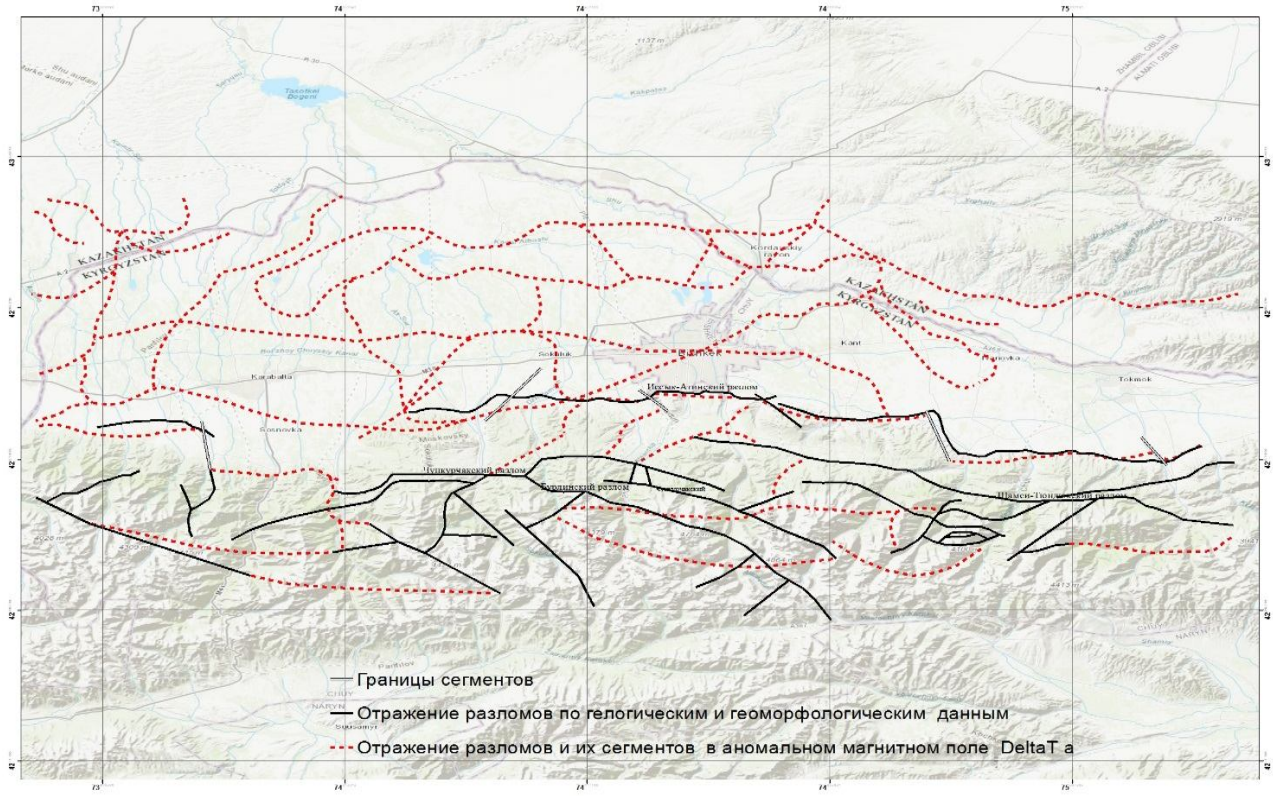


Рисунок 3 – Карта отражений разломов Чуйской впадины и её горного обрамления [8]

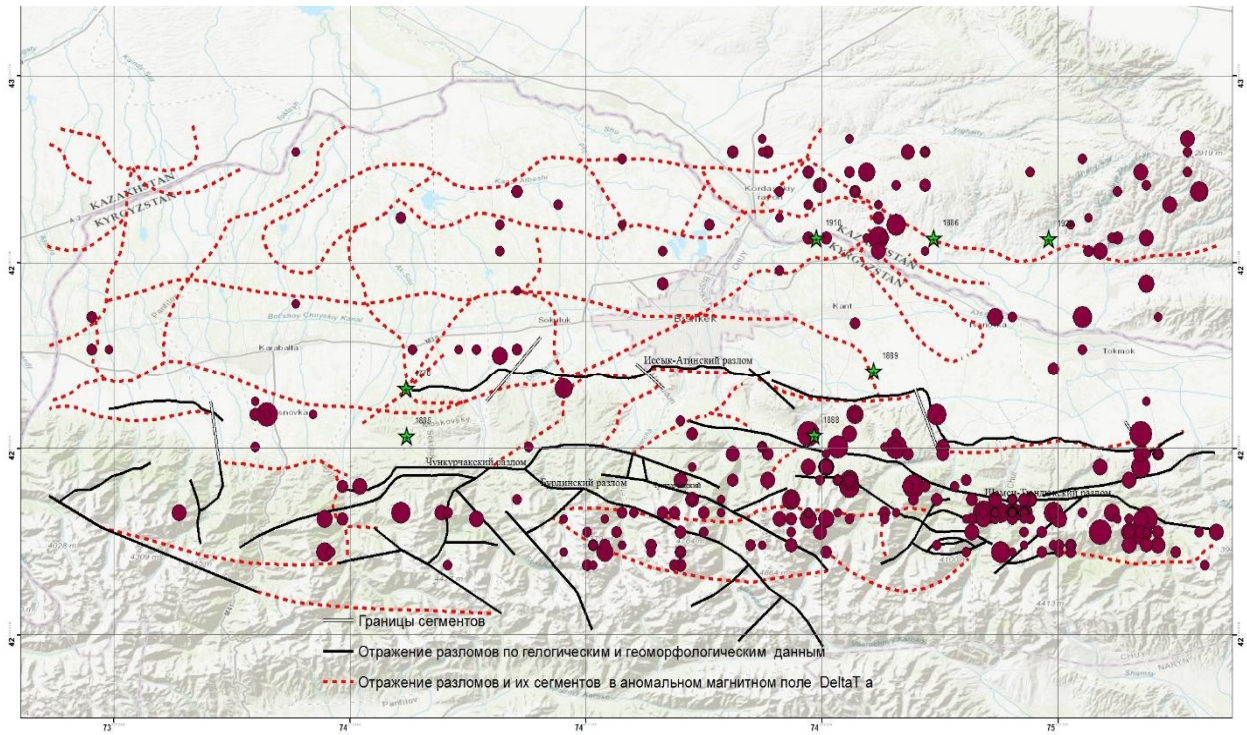


Рисунок 4 – Карта-схема разломов и эпицентров землетрясений Чуйской впадины и её горного обрамления 1970 по 2017 гг. К≥8 (составили: Тилек к Г., Байкулов С.К., Рахмединов Э.Э.)



Рисунок 5 – Карта плотности эпицентров землетрясений и сейсмической активности по территории Чуйской впадины и её горного обрамления (составили: Тилек к Г., Байкулов С.К., Рахмединов Э.Э.)

Большинство землетрясений на территории Чуйского региона приурочено к зоне сочленения Кыргызского хребта с Чуйской впадиной, выраженной в рельефе низкими предгорьями-адырами (рис. 4). Здесь наиболее опасными в сейсмическим отношении являются четыре узла: крайний восток Кыргызского хребта (Байбичесоринский сейсмоузел), Чуйская впадина - в районе г.Токмок (Токмокский сейсмоузел), Чуйская впадина - в районе с.Беловодское (Аксуйский сейсмоузел) и Чуйская впадина- в районе с. Мерке. Особенно высокой сейсмичностью отличается крайняя восточная периферия Кыргызского хребта. [1] В

остальной части хребта эпицентры сильнейших землетрясений смещены в пределы Чуйской впадины.

В заключении можно отметить, что на картах – рис.4,5 наглядно видно распределение сейсмичности по территории Чуйского региона. Судья по характеру эпицентрального поля сильных землетрясений, основная сейсмическая деятельность развивается на юго-восточной части в пределах которых располагаются очаги сильных землетрясений. Менее активными является юго-западная часть. Низким уровнем сейсмической активности и плотностью эпицентров землетрясений отмечается северо-западная часть Чуйской впадины.

Литература

1. Электронный ресурс: www.open.kg
2. Абдрахматов К.Е. Четвертичная тектоника Чуйской впадины. Фрунзе: Илим, 1988. 119 с.
3. Абдрахматов К.Е., Джанузаков К.Д., Фролова А.Г., Погребной В.Н. Карта сейсмического районирования территории Кыргызской Республики (масштаб 1:1000 000). Объяснительная записка. Бишкек. 2012. 51 с.
4. Абрахматов К.Е., Джумабаева А.Б., Байкулов С., Канаев Н. Предварительные результаты исследования активных разломов Чуйской впадины методом «Тренчинга» // Вестник Института сейсмологии НАН КР. 2015. № 1. С. 6-12.
5. Джанузаков К.Д., Ильясов Б.И., Кнауф В.И., Королев В.Г., Христов Е.В., Чедия О.К. Сейсмическое районирование Киргизской ССР (Объяснительная записка к новой карте сейсмического районирования Киргизии масштаба 1:2 500 000) // Фрунзе: Илим, 1977. 54 с.
6. Джанузаков К.Д., Чедия О.К., Абдрахматов К.Е., Турдукулов А.Т. Карта сейсмического районирования Кыргызской Республики (масштаб 1: 1000 000). Бишкек: Илим, 1996. 26 с.
7. Корженков А.М., Кольченко В.А., Ротт Ф.Г., Абдиева С.В. О сильном средневековом землетрясении в Чуйской впадине // Геотектоника. 2012. № 4. С. 1-13.
8. Отчет о научно-исследовательской работе лаборатории «Геофизических методов изучения сейсмоопасных зон» по проекту: Оценка сейсмического риска территории Кыргызской Республики на примере северного Тянь-Шаня. Бишкек: Институт сеймологии НАН КР. 2017. 100 с.
9. Трофимов А.К., Удалов Н.Ф., Уткина Н.Г., Фортуна А.Б., Чедия О.К., Язовский В.М. Геология кайназоя Чуйской впадины и ее горного обрамления. Л.: Наука. 1976. 128 с.
10. Чедия О.К. Морфоструктуры и новейший тектогенез Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1986. 314 с.

УДК 523.98+550.34

СТАБИЛЬНЫЙ ПОЯС ВЫСОКОЭНЕРГИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ В РАДИАЦИОННОМ ПОЯСЕ ВОКРУГ L = 1.2 - 1.5 И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ОСНОВАНИИ ЭТИХ ЛИНИЙ В ЗЕМНОЙ КОРЕ

Тойшиев Н.С.
toyshiev@yandex.ru
Институт ионосферы, г. Алматы, Республика Казахстан

Исследованы особенности сейсмической активности в основании геомагнитных силовых линий L=1.2–1.5, вокруг которых в магнитосфере формируется стабильный пояс высокоэнергичных электронов с энергией более 20 МэВ. Показано, что в восточном секторе долгот северного полушария, к основанию этих геомагнитных линий приурочено основное количество землетрясений, происходящих на территории Альпийско-Гималайского орогенного пояса. В западном секторе долгот эти геомагнитные линии пронизывают северные границы литосферных плит Кокос и Карибская и южную границу литосферной плиты Нацка, подтверждая факт геомагнитной сопряженности этих границ. Также показано, что южная часть Атлантического срединно-океанического хребта магнитно сопряжена с его северной частью. Обнаруженные новые закономерности могут быть полезны при разработке физического механизма магнитосферно-литосферных связей.

Ключевые слова: радиационный пояс Земли, стабильный пояс высокоэнергичных электронов, землетрясения.

Радиационный пояс – область магнитосферы в которой накапливаются и удерживаются проникшие в магнитосферу высокоэнергичные заряженные частицы (в основном протоны и электроны). На рисунке 1 приведено схематичное изображение радиационного пояса Земли (внутреннего и внешнего) https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017. Удерживаются заряженные частицы геомагнитными силовыми линиями, которые выходят из северного магнитного полюса, расположенного в южном полушарии Земли (синие) и входят в южный магнитный полюс, расположенный в северном полушарии (красные). На расстояниях менее 6 -7 радиусов Земли магнитное поле можно считать почти дипольным, сферически симметричным и не зависящим от долготы. Такое поле можно представить, как набор вложенных друг в друга магнитных оболочек – замкнутых поверхностей, сотканных из магнитных силовых линий. Чем ближе оболочка к центру диполя, тем больше напряженность магнитного поля и тем больший импульс необходим заряженной частице, чтобы проникнуть извне к этой оболочке. Приходящая извне частица направлена под некотором углом θ (питч-угол) к направлению магнитной силовой линии, и вектор ее скорости можно разложить на две составляющие: по касательной к магнитной силовой линии и перпендикулярно к ней (рисунок 2а). Движение такой частицы может быть представлено как ларморовское вращение вокруг магнитной силовой линии (центр вращения частицы в магнитном поле называют ведущим центром) и поступательное (движение центра вращения вдоль магнитной силовой линии). В результате сложения этих составляющих частица движется по спиральной траектории, навиваясь на магнитные силовые линии (рисунок 2б). Радиус вращения частицы $R_л$ вокруг силовой линии, обычно называемый ларморовским, определяется из равенства центробежной силы и силы Лоренца. Как показано в [1], для электрона и протона с энергией 10 МэВ ларморовские радиусы составляют соответственно 12,2 и 118 км, а периоды их вращения: ~10^{-6} и ~ 10^{-3}с., соответственно.

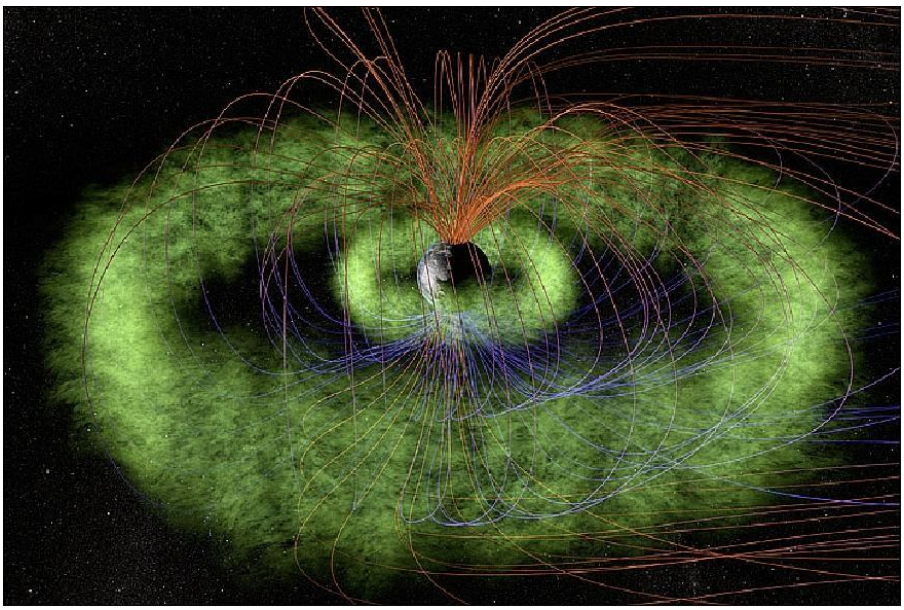


Рисунок 1 – Схематичное изображение радиационного пояса Земли (https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017)

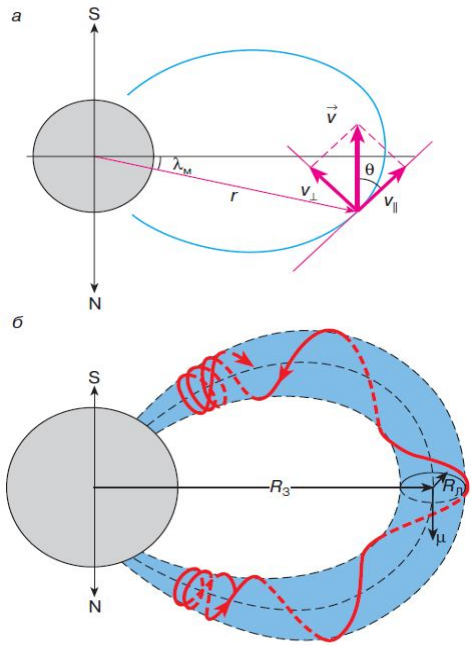


Рисунок 2 – Разложение вектора скорости частицы на две составляющие (*а*); движение частицы между зеркальными точками (*б*) из работы [1]

Двигаясь по инерции вдоль магнитной силовой линии дипольного поля, частица приближается к северному или южному магнитному полюсу, где напряженность поля сильно увеличивается и замедляет ее поступательное движение до полной остановки, после чего частица начинает двигаться с ускорением к противоположному полюсу. Точку, где движение частицы вдоль магнитной силовой линии изменяет направление на обратное, называют «зеркальной» точкой. Для электронов и протонов с энергией 10 МэВ периоды колебаний между парой зеркальных точек радиационного пояса Земли составляют 1с и 0.1с, соответственно. Помимо этих двух видов движения, у захваченной частицы существует и третий тип движения. Когда частица совершает один оборот вокруг магнитной силовой линии, она пересекает области с разной напряженностью магнитного поля: оно больше на внутренней части ларморовской окружности, чем на внешней. Следовательно, ларморовский радиус

меньше на внутренней части, чем на внешней. По этой причине частица, совершив полный оборот, промахивается мимо исходной точки, так что ведущий центр смещается к западу в случае положительного заряда частицы или к востоку в случае отрицательного. Смешение будет происходить и на последующих витках. Так возникает третий вид движения - долготный дрейф. Частица оборачивается вокруг Земли именно из-за долготного дрейфа: период обращения обратно пропорционален энергии частицы. Для электронов и протонов с энергией ~10 МэВ этот период будет равен приблизительно двум минутам и нескольким десяткам секунд соответственно [1].

До середины 20 века считалось, что во внутреннем поясе, который состоит в основном из протонов, присутствуют электроны только малых энергий (не более 5 МэВ). Однако, исследования в начале 80-х годов 20 века на орбитальной станции “Салют-6” показали, что во внутреннем поясе существуют потоки электронов с энергией более 40 МэВ. Последующие измерения на искусственных спутниках Земли серии “Метеор-3” подтвердили результаты, полученные на станции “Салют-6”, доказав существование стабильного пояса высокоэнергичных электронов. Еще более важный результат был получен с помощью магнитных спектрометров, установленных на станциях “Салют-7” и “Мир”, данные которых доказали существование стабильного пояса высокоэнергичных электронов во внутренней части радиационного пояса. Этот факт демонстрирует рисунок 3 из работы [1], где представлены потоки электронов и протонов различных энергий в плоскости геомагнитного экватора в зависимости от номеров геомагнитных силовых линий L. Жирная синяя линия на рисунке 3 отображает стабильный пояс высокоэнергичных электронов с энергией $E_e > 20$ МэВ, максимум которого формируется вокруг геомагнитных силовых линий с номерами L = 1.2 – 1.5.

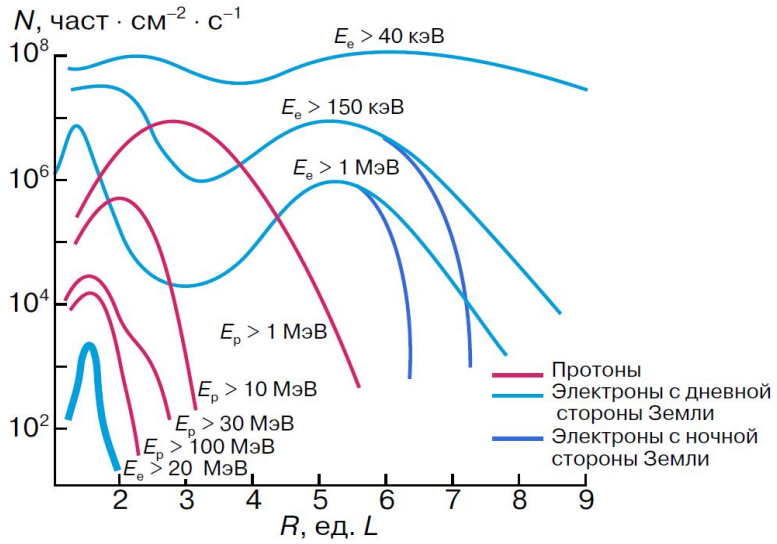


Рисунок 3 – Потоки электронов и протонов различных энергий в плоскости геомагнитного экватора в зависимости от номеров геомагнитных силовых линий из работы [1]. Жирная синяя кривая - стабильный пояс электронов с $E_e > 20$ МэВ

Недавно было обнаружено структурное соответствие между пространственными характеристиками глобальной сейсмической активности и радиационного пояса Земли [2, 3]. Соответствие проявляется в том, что сейсмическая активность более высокая в тех регионах планеты, которые пронизаны геомагнитными силовыми линиями густо заселенными заряженными частицами на высотах радиационного пояса, и слабая в тех регионах планеты, которые пронизаны геомагнитными силовыми линиями со слабой заселенностью заряженными частицами в радиационном поясе. В этой связи представляется целесообразным выявить характерные особенности сейсмической активности в основании геомагнитных силовых линий L=1.2–1.5, принадлежащих стабильному поясу высокоэнергичных электронов

(жирная синяя кривая на рисунке 3). В докладе приведены результаты исследований в этом направлении, выполненных с участием автора в работе [3] на базе глобального сейсмологического каталога NEIC, сформированного Американской геологической службой (USGS) https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/ для периода 1973-2017гг (более 220000 землетрясений с магнитудой M≥4.5). Для каждого эпицентра был рассчитан номер пронизывающей его геомагнитной силовой линии L, равный отношению удаления геомагнитной силовой линии от центра Земли в плоскости геомагнитного экватора, к радиусу Земли [4, 5]. Уравнение для расчета значения L в точке с географическими координатами (λ, φ) имеет вид:

$$L = R_З(\lambda, \varphi) / R_э \cos^2 \Lambda$$

где λ - географическая широта; φ - географическая долгота; Λ - геомагнитная широта, $R_э$ - радиус Земли на экваторе. Уравнение для расчета радиуса Земли в точке с географическими координатами (λ, φ) имеет вид:

$$R_З(\lambda, \varphi) = \alpha + b \cos^2 \lambda + c \cos^4 \lambda$$

где α = 6356.912км - радиус Земли на географическом полюсе; b = 21.3677км; c = 0.108км. Значение геомагнитной широты в точке с географическими координатами (λ, φ) может быть получено из уравнения:

$$\sin \Lambda = \sin \lambda \sin \lambda_p + \cos \lambda \cos \lambda_p \cos (\varphi - \varphi_p)$$

где λ_p, φ_p – географические широта и долгота геомагнитного полюса, которые изменяются со временем (вековые вариации геомагнитного поля). При расчете L были использованы компьютерные коды программы Geopack-2008 http://geo.phys.spbu.ru/~tsyganenko/Geopack-2008.html, с включением коэффициентов международной справочной модели главного геомагнитного поля IGRF-12.

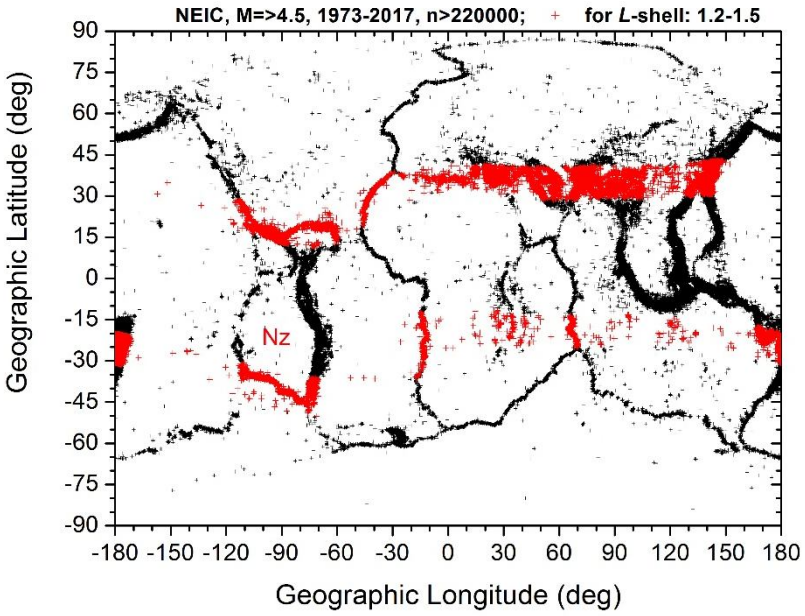


Рисунок 4 – Черные крестики - эпицентры землетрясений с магнитудой M≥4.5, произошедших на планете в 1973-2017гг (более 220000 событий); красные крестики – эпицентры, пронизанные геомагнитными линиями L=1.2–1.5, заселенными высокоэнергичными электронами в радиационном поясе

Рисунок 4 показывает, что в восточном секторе долгот северного полушария, к основанию (в земной коре) геомагнитных силовых линий L=1.2–1.5, формирующих в магнитосфере стабильный пояс высокоэнергичных электронов, приурочено основное количество внутриплитовых землетрясений, происходящих на территории Альпийско-Гималайского орогенного пояса. Магнитосопряженные с ними землетрясения в южном полушарии (приуроченные к основанию в земной коре тех же самых геомагнитных силовых

линий), происходят гораздо реже, чем в северном полушарии, что естественно ожидать с учетом различия тектонических структур северного и южного полушарий. Особо интересным представляется результат для западного сектора долгот. Здесь магнитные силовые линии L=1.2–1.5 пронизывают северные границы литосферных плит Кокос (*Co*) и Карибская (*Ca*) и южную границу литосферной плиты Нацка (*Nz*). Наличие геомагнитной сопряженности между этими границами было продемонстрировано ранее [6], а данные исследования уточняют источник такой сопряженности – стационарный пояс высокоэнергичных электронов. Еще одна новая закономерность, вытекающая из рисунка 4 заключается в том, что южная часть Атлантического срединно-океанического хребта магнитно сопряжена с его северной частью.

Заключение. В докладе приведен результат исследования сейсмической активности в основании геомагнитных силовых линий L=1.2–1.5, вокруг которых в магнитосфере формируется стабильный пояс высокоэнергичных электронов с энергией более 20 МэВ. Показано, что в восточном секторе долгот северного полушария, к основанию этих геомагнитных линий приурочено основное количество землетрясений, происходящих на территории Альпийско-Гималайского орогенного пояса. В западном секторе долгот геомагнитные силовые линии L=1.2–1.5 пронизывают северные границы литосферных плит Кокос и Карибская и южную границу литосферной плиты Нацка, подтверждая факт их геомагнитной сопряженности. Также обнаружено, что южная часть Атлантического срединно-океанического хребта магнитно сопряжена с его северной частью. Выявленные новые закономерности могут быть полезны при разработке физического механизма магнитосферно-литосферных связей.

Благодарности. *Выражаю большую благодарность д.ф.-м.н. Хачикян Г.Я. за постановку задачи и научное руководство работой.*
Работа выполнена по программе 008 по проекту «Разработка статистических моделей пространственно-временных вариаций характеристик сейсмичности в связи с вариациями структуры и динамики радиационного пояса Земли».

Литература

1. Galper M.A. Earth radiation belt // Soros Educational Journal. 1999. № 6. электронный ресурс: www.eduhmao.ru/var/db/files/3456.9906_075.pdf
2. Хачикян Г.Я. Структурное соответствие между пространственными характеристиками глобальной сейсмической активности и радиационного пояса Земли // Материалы 12 ежегодной конф. «Физика плазмы в солнечной системе» ИКИ РАН (г. Москва, 6-10 февраля 2017 г.). Электронный ресурс: http://plasma2017.cosmos.ru/files-2017/Plasma2017_Abstracts.pdf
3. Khachikyan G., Inchin A., Zhumabayev B., Toyshiev N., Kairatkyzy D. Some correspondence between dynamics of radiation belt and seismic activity // The EGU General Assembly. 7-12 April 2019. Vienna (Austria). Vol. 21, EGU2019-3406.pdf.
4. McIlwain C.E. Coordinates for mapping the distribution of geomagnetically trapped particles // J. Geophys. Res. 1961. Vol. 66. № 11. P. 3681–3691.
5. Roederer J.G. On the adiabatic motion of energetic particles in a model magnetosphere // J. Geophys. Res. 2012. Vol. 72. № 3. P. 981-992.
6. Khachikyan G.Ya., Zhakupov N.S., Kadyrkhanova N.Zh. Geomagnetic conjugacy of modern tectonic structures // Geodynamics & Tectonophysics. 2013. 4(2). P. 187–195. http://gt.crust.irk.ru/images/upload/tblarticle106/magazin106.pdf

УДК 550.34.016

СОВРЕМЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМИЧНОСТИ АРКТИЧЕСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЯКУТИИ

Туктаров Р.М., Тимиршин К.В.
tuktarov.rust@mail.ru, 18abra99@gmail.com
Якутский филиал Единой геофизической службы Российской академии наук,
г. Якутск, Российская Федерация

Сотрудниками ЯФ ФИЦ ЕГС РАН и Полярного института им. Альфреда Вегенера, а также Институтом океанологии им. Ширшова (Москва) была организована международная экспедиция по проекту «SIOLA», которая провела полевые работы в летне-осенний период 2015-2018 гг. В результате работы были установлены 25 временных сейсмических станций и получен массив данных, по которым была построена карта сейсмичности арктического шельфа моря Лаптевых за 2016-2017 гг. Представлена краткая характеристика сейсмичности Арктической зоны Республики Саха Якутия.

Ключевые слова: землетрясения, сейсмичность, сейсмическая станция, мониторинг, Арктика.

Арктическая зона Республики Саха (Якутия) характеризуется высокой сейсмичностью. Так, через акваторию Северного Ледовитого океана от о. Гренландия к дельте р. Лены следится полоса эпицентров землетрясений, приуроченная к срединноарктическому хр. Гаккеля, вытянутому от Гренландского шельфа к шельфу моря Лаптевых, параллельно линии островов Шпицберген - Земля Франца Иосифа - Северная Земля. Она представляет собой часть крупного Арктико-Азиатского сейсмического пояса, который к юго-востоку пересекает Северо-Восточную Азию, полуостров Камчатку и соединяется с Тихоокеанским сейсмическим поясом, отделяя Североамериканскую плиту от Евразийской и Охотоморской литосферных плит [1, 2, 3].

Переходной зоной от срединноокеанического хр. Гаккеля к континентальным структурам – хребтам Верхоянского и Черского служат шельфы морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Сейсмичность хр. Гаккеля выражена узкой (60-80 км) полосой эпицентров землетрясений, которая на шельфе моря Лаптевых расширяется до 400-600 км, охватывая территорию между полуостровом Таймыр, дельтой р. Лены и Новосибирскими островами. Эта единственная зона повышенной сейсмичности, развитая в пределах арктического шельфа Российской Федерации. В настоящее время сейсмологические наблюдения за арктическими землетрясениями осуществляет сеть из 8 цифровых сейсмостанций, расположенных в северных районах Республики Саха (Якутия). В непосредственной близости к прибрежной зоне моря Лаптевых, действуют 2 стационарные цифровые сейсмические станции «Тикси» и «Столб». За последние 50 лет этой сетью на шельфе и прибрежных районах суши отмечено около 6 тыс. местных землетрясений. По данным Морской арктической геологоразведочной экспедиции (МАГЭ) ПГО "Севморгеология" восточную часть шельфа моря Лаптевых занимает Лаптевоморская окраинно-континентальная рифтовая система, куда, главным образом, тяготеют названные события [3, 4, 5].

Для детального изучения сейсмической активности в прибрежной арктической зоне (дельта р. Лены и губа Буор-Хая моря Лаптевых) Якутский филиал ФИЦ ЕГС РАН проводит с Полярным институтом им. Альфреда Вегенера, Гельмгольтцским центром полярных и морских исследований (Германия), и Институтом океанологии им. Ширшова РАН (Москва) совместные исследования по проекту «Seismicity and neotectonics of Laptev Sea region (SIOLA)» (Сейсмичность и неотектоника региона моря Лаптевых) с 2015 г. В планах научной международной экспедицию в 2018 г. стояли задачи сбора данных сейсмических станций, ремонт, замена, калибровка, приборов и оборудования, установленного 2016-17 гг., а также

установка новых сейсмических станций в губе Буор-Хая моря Лаптевых. 3 сентября международный коллектив исследователей в составе 8 человек вылетела из г. Якутска в п.Тикси Булунского района Республики Саха (Якутия). В п.Тикси к экспедиции присоединился Степан Гуков, зав. сейсмической станции «Тикси» (ЯФ ФИЦ ЕГС РАН). Для проведения научно-исследовательских работ были сформированы три экспедиционные группы:

1. Речная группа, для работы в дельте реки Лены, в составе: Христиан Хаберленд (GFZ Потсдам) и Плетц Алине (AWI Германия), Туктаров Р. М. (ЯФ ФИЦ ЕГС РАН), 4.09.2018 г. на судне « Путейский « была доставлена на научно-исследовательскую станцию «Остров Самойловский»;
2. Тиксинская группа, для работы на тиксинском полигоне в составе: Пересыпкин Дмитрий, Петрунин Сергей (ЯФ ФИЦ ЕГС РАН), Дэниел Вольмер (GFZ Потсдам);
3. Морская группа, для установки новых сейсмических станций, на острове Муостах и побережье м. Лаптевых, в составе: Франк Крюгер (GFZ Потсдам), Мария Фромм (AWI Германия) и Гуков Степан (ЯФ ФИЦ ЕГС РАН). Для выполнения работ была арендована морская яхта «Николь», гидрографической базы п. Тикси.

С 4.09 по 06.09 работы не производились из-за шквалистого ветра и только 6 сентября речная группа приступила к работе. Заброска экспедиционного состава на точки осуществлялась на катере «УРАЛ 730» (принадлежит НИС «Остров Самойловский»).

С 6 по 12 сентября производила работу морская группа, в море постоянно штормило, и иногда было невозможно высадиться на берег, поэтому вместо планируемых 8 сейсмических станций, были инсталлированы пять, четыре станции на побережье губы Буор-Хая и одна станция на острове Муостах. Дожди и последующий подъем воды в речках в районе работ на Тискинском полигоне не позволили своевременно произвести работы (водители вездехода ГАЗ-71 отказывались форсировать реку Сого). Поэтому, как только вода пошла на убыль, весь коллектив экспедиции приступил к работам на полигоне, и 14 сентября все работы были завершены. Во время проведения экспедиции 2018 г. сотрудникам впервые пришлось столкнуться с тем, что необходимо было произвести замену и ремонт в полевых условиях больше половины сейсмических станций и сейсмометров. В некоторых случаях это был физический износ и выход из строя электроники (из-за попадания влаги), но были случая повреждения пластиковых (прорезиновых) кабелей антенн GPS полевыми тундровыми мышами (леммингами).

В итоге за 8 дней экспедиции удалось произвести ремонт, замену, калибровку на 25 сейсмических станциях. В результате проделанной работ была получена сейсмическая информация в объеме более 1.2 терабайт за июль 2017 г. – июнь 2018 г. На основе указанных данных составлен каталог землетрясений и построена серия карт сейсмичности различных масштабов. На начальном этапе обработки данных была построена карта эпицентров землетрясений арктической части Якутии за 2016-2017 гг. (рис. 1), которая свидетельствует, что эта территория сейсмически активна в настоящее время. Самые активные участки приходятся на дельту р. Лена (Оленекская и Быковская протоки) и губу Буор-Хая в южной части моря Лаптевых.

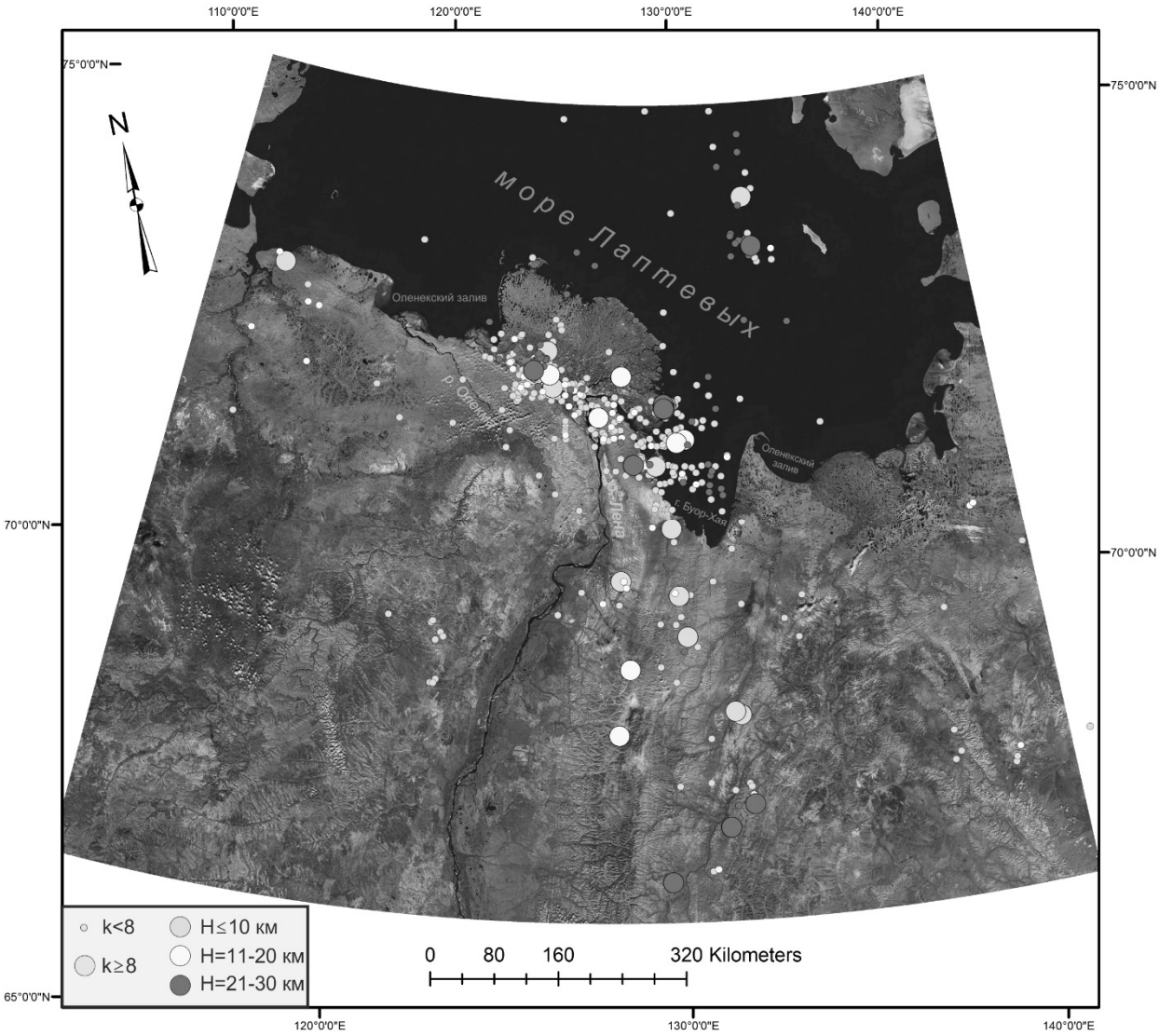


Рисунок 1 – Карта эпицентров землетрясений арктической части Якутии за 2016-2017 гг. (К– энергетический класс землетрясений)

В настоящий момент в группе обработки ЯФ ФИЦ ЕГС РАН проинтерпретирована большая часть инструментальных данных за 2016-2017гг. Всего было зарегистрировано 725 местных землетрясений в интервале энергетических классов К=4–11. Их распределение приведено в таблице. Эти статистические данные позволили прийти к выводу, что в течение этого периода каждый день в данном регионе в среднем происходило по 1-2 подземных толчка. Ниже приведена диаграмма (рис. 2), по которой можно сделать вывод, что для данной территории характерна мелкофокусная сейсмичность, не превышающая глубину 30 км.

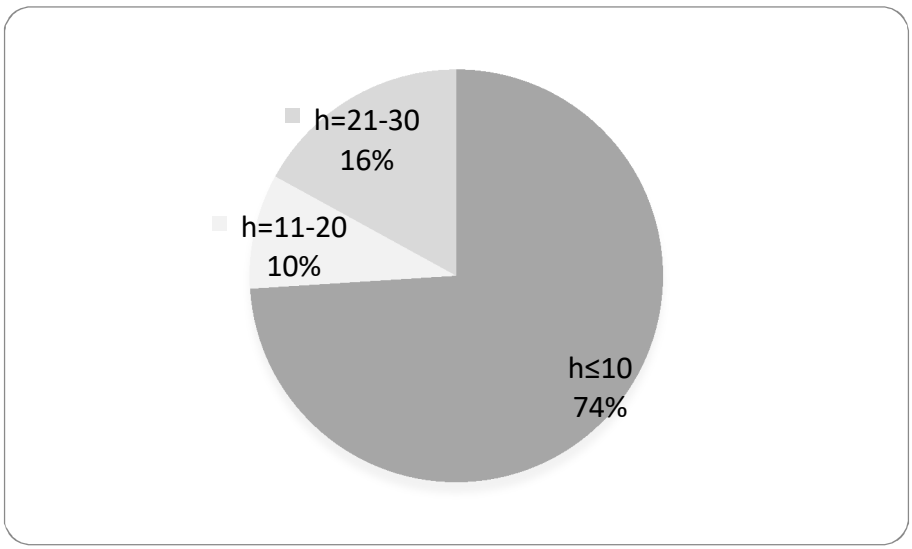


Рисунок 2 – Распределение числа арктических событий по глубинам за период август 2016 г. - май 2017 г.

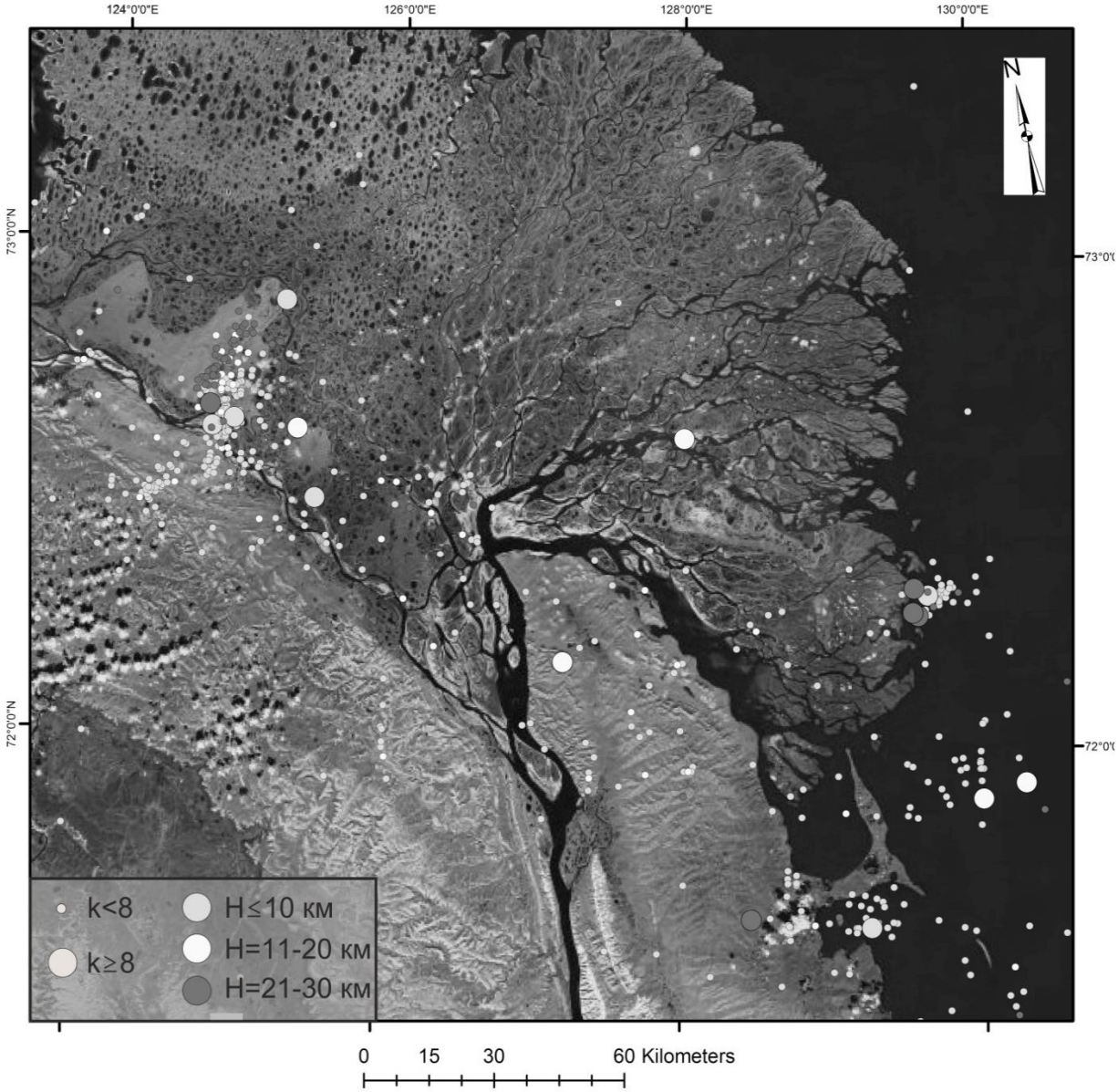


Рисунок 3 – Карта сейсмических проявлений дельты р. Лена за 2016-2017 гг.

Также выше приведена более подробная карта сейсмической активности дельты р. Лена (рис.3). По карте отчетливо видно, что по пространственному распределению эпицентров землетрясений можно разделить на две группы, имеющих разную тектоническую приуроченность. На левом берегу Оленекской протоки характерна мелкофокусная сейсмичность, не превышающая глубину 10 км., а также все землетрясения энергетическим классом не превышает 8 К. Правый берег Оленекской протоки характеризуется различной глубиной очагов землетрясений от 0 до 30 км. Также для данного участка характерны наиболее сильные землетрясения с энергетическим классом больше 8.

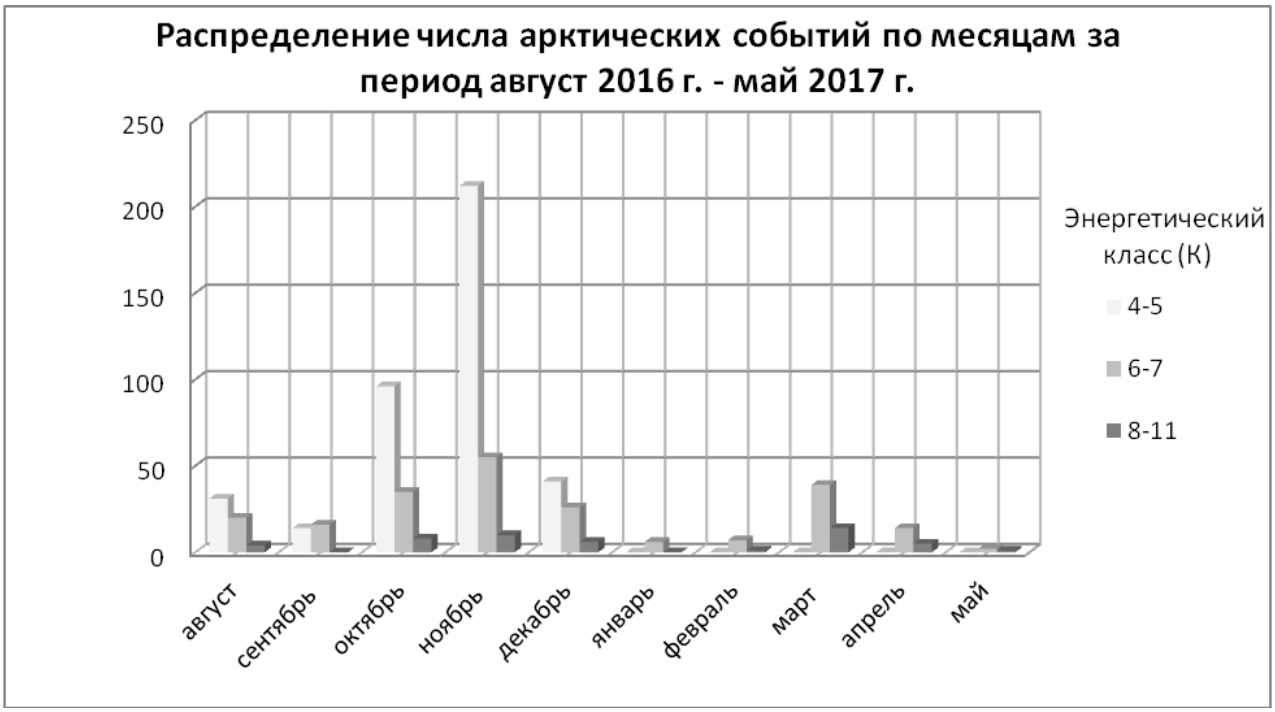


Рисунок 4 – Распределение числа арктических событий по месяцам за период август 2016 г. - май 2017 г.

Землетрясения происходят на данной территории с разной частотой в зависимости от времени (рис.4). Большая часть землетрясений произошла с октября по декабрь 2016. Наиболее сейсмическим является ноябрь, в котором произошло более 250 землетрясений различной глубины залегания и мощностью. Также, следует обратить внимание на март 2017, в котором произошли наиболее мощные события за весь период 2016-2017 год. Апрель 2017 также характеризуется крупными событиями и минимальными значения событий меньше 4-5 К.

Из всего вышеизложенного следует сделать вывод, что арктическая часть Якутии, является сейсмически очень активна и в настоящее время. На данной территории в среднем ежедневно происходит 1-2 землетрясения. Соответственно, сейсмический мониторинг за данной территорией нужно продолжить и усилить, путем установки дополнительных сейсмических станций на Оленекской протоке дельты р. Лена. Полученные материалы позволят существенно расширить знания о пространственно-временном распределении эпицентров землетрясений, определить глубину залегания очагов в земной коре, повторяемость сейсмических событий, изучить напряжённое состояние земной коры и дать оценку уровня сейсмической опасности ряда активных участков территории. По итогам научно-исследовательских работ в 2018 году, потребуется внести коррективы в сроки проведения работ на 2019 год, наиболее благоприятная погода в районе Тикси с июля по сентябрь.

Литература

1. Аветисов Г.П. Сейсмоактивные зоны Арктики. СПб.: ВНИИ Океангеология. 1996. 163 с.
2. Грамберг И.С., Деменицкая Р.М., Секретов С.Б. Система рифтогенных грабенов шельфа моря Лаптевых как недостающего звена рифтового пояса хребта Гаккеля – Момского хребта // ДАН СССР. 1990. Т. 11. № 3. С. 689-694.
3. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмотектоника Якутии. М.: ГЕОС. 2000. 227 с.
4. Объяснительная записка к Тектонической карте морей Карского и Лаптевых и севера Сибири (м-б 1:2 500 000) / Отв. ред. Н.А. Богданов, В.Е. Хаин. М.: ИЛОВМ РАН. 1998. 127 с.
5. Шибаев С.В., Петров А.Ф., Козьмин Б.М., Тимиршин К.В. Современная сейсмическая активность территории Якутии // Материалы 15-ой Всерос. конф. с междунар. участием «Геологические опасности». Архангельск: Институт экологических проблем Севера УрО РАН. 2009. С. 657–661.

УДК 550.34

СЕВЕРОКОРЕЙСКИЕ ЯДЕРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПО ДАННЫМ СТАНЦИЙ СЕТИ ИГИ

Узбеков Р.Б., Сейнасинов Н.А., Соколова И.Н.
oper@kndc.kz, sokolova@kndc.kz
Институт геофизических исследований, г. Алматы, Республика Казахстан

В статье приводятся динамические и кинематические характеристики ядерных испытаний, произведенных на северокорейском испытательном полигоне Пунгери по данным сети Института геофизических исследований РК 2006-2017 гг.

Ключевые слова: сейсмический мониторинг, испытательный полигон Пунгери, азимутальные поправки.

В мае 2018 года было объявлено о закрытии Северокорейского испытательного полигона Пунгери. За период 2006-2017 гг. на Пунгери было проведено шесть ядерных испытаний. Даты проведения 10.9.2006, 05.25.2009, 02.12.2013, 01.06.2016, 09.09.2016 и 09.03.2017. Они были успешно зарегистрированы как казахстанской сейсмической сетью, так и глобальными сейсмическими сетями.

Сеть мониторинга РГП ИГИ МЭ РК начала свою работу с 1994 года, в ее состав входят 4 малоапертурные, одна среднеапертурная и одна большебазовая сейсмические группы, 7 трёхкомпонентных станций и 3 инфразвуковых группы (рисунок 1). Благодаря удачному расположению станций с точки зрения геологии и характеристик сейсмического шума, продуманной конфигурации групп, расположению большинства станций в скважинах, комплексированию широкополосной и короткопериодной аппаратуры, все станции системы являются высокочувствительными как к региональным, так и к телесейсмическим событиям. Среди станций казахстанской сети имеются станции сети МСМ в соответствии с Договором о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (PS23, AS057, AS058, AS059 и IS31), а также станции, созданные по другим международным договорам и соглашениям [1]. Данные казахстанских станций непрерывно передаются в международные центры данных.



Рисунок 1 – Карта расположения объектов сети РГП ИГИ, 1 – сейсмические группы, 2-трехкомпонентные сейсмические станции, 3 – инфразвуковые станции

Несмотря на то, что станции РГП ИГИ находились в области телесейсмических расстояний от северокорейского ядерного полигона Пунгери (в диапазоне 3725-5350 км), они

зарегистрировали все 6 северокорейских ядерных испытаний. Их данные были использованы различными сейсмологическими агентствами для определения параметров взрывов.

На рисунке 2 представлена система регистрации казахстанскими станциями ядерного мониторинга подземного ядерного взрыва (ПЯВ) 3 сентября 2017 г.

На всех станциях сети зарегистрирован четкий сигнал (кроме станции KNDC, расположенной в черте города Алматы , и станции Каскелен KASK, на которых запись взрыва хорошо видна только после узкополосной фильтрации). Записи вертикальной компоненты 3-х компонентных широкополосных приборов (фильтр с центральной частотой 1.25 Гц) приведены на рисунке 3. Кроме волн P и PcP для взрыва 3 сентября на всех записях станций кроме KNDC и KASK хорошо видны поверхностные волны L_Q и L_R. В таблице 1 представлены кинематические характеристики и магнитуды по станциям сети мониторинга ИГИ.

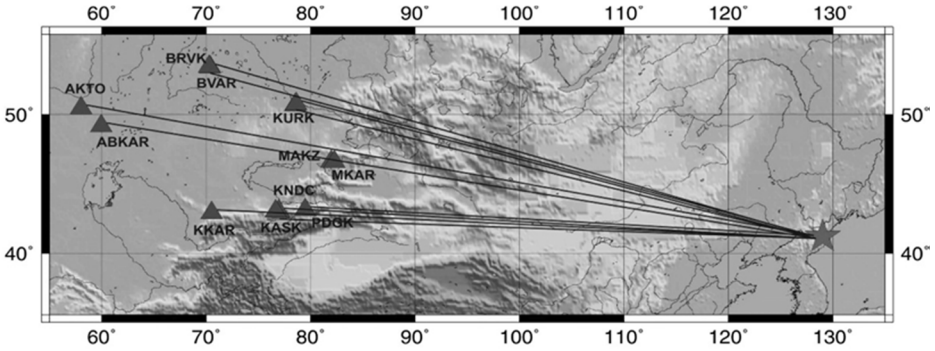


Рисунок 2 – Карта расположения сейсмических станций Института геофизических исследований, записавших 3 сентября 2017 г. северокорейский ядерный взрыв. Звездочкой на карте показан эпицентр взрыва

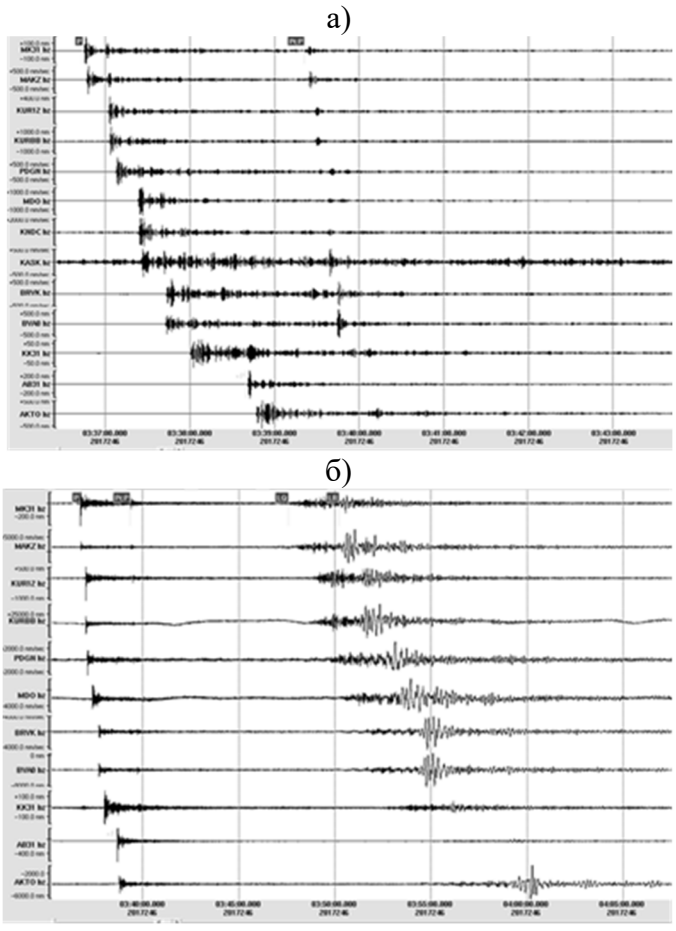


Рисунок 3 – Записи ядерного взрыва 3 сентября 2017 г. по вертикальным компонентам станций Института геофизических исследований. а) Фильтр 1.25 Гц, б) запись без фильтрации

Таблица 1 – Кинематические и динамические характеристики сейсмических колебаний сейсмического события 3 сентября 2017г.

Станция	Δ, км	Азимут	t_P	m_b	Расчётный Az, f-k анализ	Vapp
MKAR	3755	81.88	3:36:43.9	5.91	90.11	10.8
MAKZ	3779	81.72	3:36:45.9	5.84		
KURK	3974	85.13	3:37:01.1	6.35		
KUR21	3981	84.94	3:37:01.6	6.31	86.71	12.86
PDGK	4047	75.61	3:37:06.3	6.10		
KNDC	4247	74.36	3:37:22.8	6.36		
KASK	4272	74.22	3:37:25.3			
BVAR	4507	82.27	3:37:41.9	5.84	83.58	10.97
BRVK	4514	82.24	3:37:42.1	5.90		
KKAR	4751	71.44	3:37:59.5	5.77	70.8	13.83
ABKAR	5310	71.86	3:38:39.9	6.29	79.83	12.83
AKTO	5400	71.74	3:38:46.0	5.92		

Данные казахстанских станций в реальном времени поступают в ряд международных Центров данных (USGS, IDC, GFZ), где используются для оценки параметров источников в комплексе с другими сейсмическими станциями мира, кроме того ИГИ для ряда международных сейсмологических агентств высылает бюллетени казахстанских станций (ISC, ГС РАН, EMSC), которые используются для определения параметров сейсмических событий [6-9] (таблица 2).

Таблица 2 – Параметры ПЯВ 3 сентября 2017 г по данным различных сейсмологических центров

Дата	Источник	Время в очаге, ч.,мин.,с.	Широта с.ш.	Долгота в.д.	mb	Станции Казахстана, участвовавшие в обработке
03.09.2017	ГС РАН (Россия)	03:29:59	41.3	129.1	6.3	MKAR, MAKZ, KURK, BRVK, KKAR, AKTO
03.09.2017	NEIC (США)	03:30:01	41.33	129.03	6.3	MKAR, MAKZ, KURK, BRVK, KKAR
03.09.2017	IDC (REB)	03:30:06	41.3	129.1	6.1	MKAR, KUR-CROSS, BVAR AKTO
03.09.2017	EMSC (Франция)	03:30:01	41.36	129.00	6.3	MKAR, MAKZ, KURK, BRVK, KKAR

Априори можно утверждать, что если использовать только казахстанские станции для локализации эпицентра этого события, то точность локализации будет ниже, чем у решений по глобальным сетям наблюдений. Все станции Казахстана находятся в узком диапазоне азимутов, к тому же на далеких расстояниях. В решениях международных сейсмологических центров использованы данные хорошего окружения при наличии близких станций. Однако локализация только по станциям РГП ИГИ проводится с целью оперативного мониторинга. Обработка проводится в 2 этапа - оперативная и уточнение параметров локализации с использованием азимутальных поправок по станциям, записавшим все взрывы (СГ MKAR, СГ ABKAR, СГ KUR-Cross).

Для наблюденных и истинных азимутов на эпицентр взрывов по всем шести северокорейским взрывам найдены средние значения азимутальных поправок δAZср. Определение расчетного азимута на эпицентр проводилось при помощи fk-анализа. При помощи программного обеспечения SEATOOLS, после введения азимутальных поправок для

сейсмических групп Акбулак (δAZcp=-3.79), Курчатов-Крест (δAZcp=-0.79) и Маканчи (δAZcp=-7.37). На рисунке 4 приведен результат перелокализации взрыва, произведенного 6 января 2016г. В результате уточнения параметров, координаты эпицентра взрыва сместились к юго-востоку от оперативного решения, и значительно приблизились к решениям Международных Центров данных и к истинному положению штольни (рисунок 4). Для аналитиков КНЦД, занимающихся круглосуточной обработкой данных в режиме реального времени, сделаны рекомендации для уточнения определения координат событий из района Северной Кореи.

На рисунке 5 приведены сейсмограммы 6 северокорейских ядерных испытаний зарегистрированные станцией MKAR, нормированные по максимальной амплитуде трассы, а также в реальном масштабе. Видно, что сейсмограммы всех взрывов похожи по форме записи, однако сильно различаются по амплитудам. На рисунке 6 (таблица 3) для шести испытаний представлено сопоставление амплитуд разных взрывов, записанных на двух станциях – сейсмической группе Акбулак и сейсмической группе Маканчи.

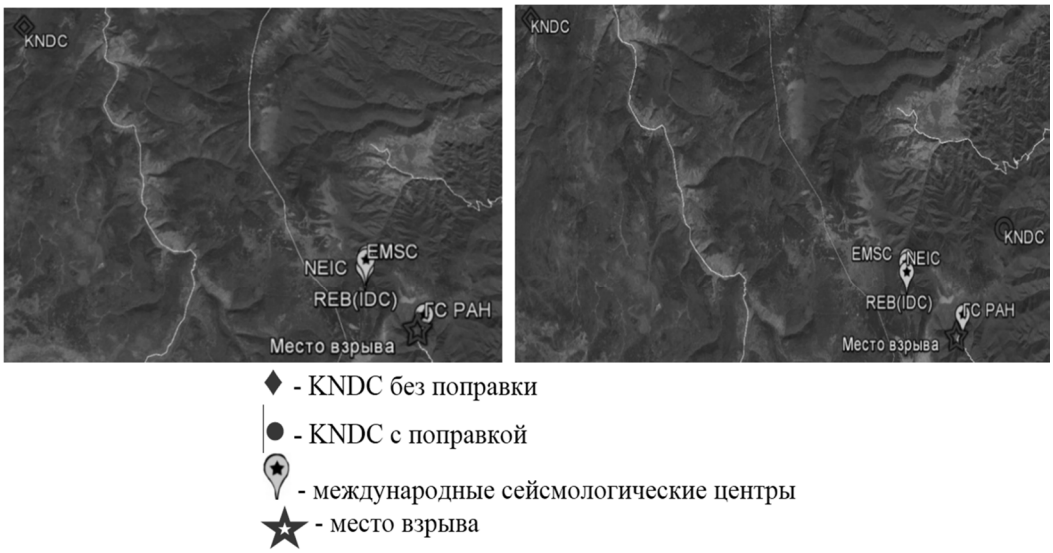
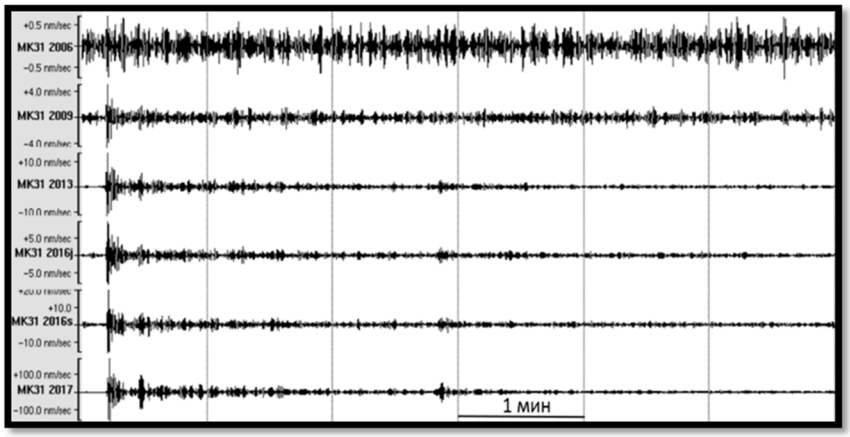


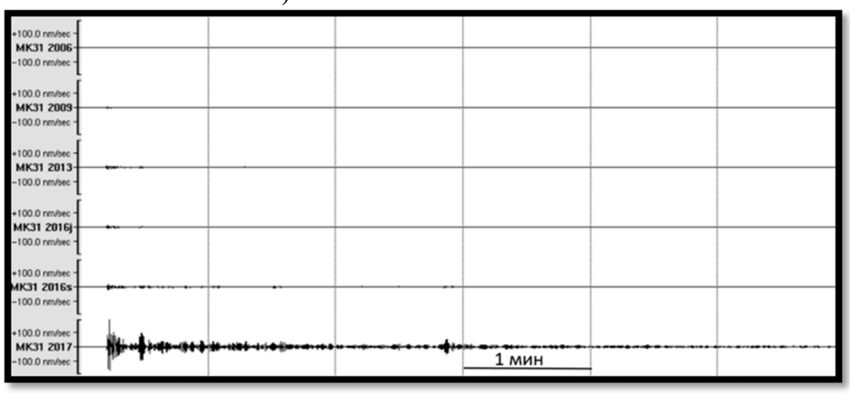
Рисунок 4 – Координаты северокорейского взрыва 6 января 2016 г. по данным различных Международных сейсмологических Центров и KNDC

Таблица 3 – Сравнение амплитуд колебаний по трем компонентам для шести ядерных испытаний по станциям Акбулак и Маканчи

Станции	1 взрыв, 2006 год			2 взрыв, 2009 год			3 взрыв, 2013 год		
	N, nm	E, nm	Z, nm	N, nm	E, nm	Z, nm	N, nm	E, nm	Z, nm
ABKAR	0.5	0.5	0.8	1.0	2.1	3.4	1.8	6.1	8.4
MKAR	0.3	0.1	0.4	1.5	1.4	1.8	1.6	4.0	6.2
KUR	0.4	0.9	1.5				3.0	12.8	23.3
	4 взрыв, 2016 год			5 взрыв, 2016 год			6 взрыв, 2017 год		
ABKAR	1.4	3.7	5.2	1.3	9.5	16.7	20.5	121.8	210
MKAR	0.9	3.7	6.9	0.9	5.3	7.7	15.2	59.8	100.7
KUR	2.2	7.8	13.8	10.5	3.7	10.9	116.7	52.2	198.1



а)



б)

Рисунок 5 – Сейсмограммы северокорейских ядерных испытаний по данным станции MKAR (трассы записей сверху-вниз: 9 октября 2006, 25 мая 2009, 12 февраля 2013, 6 января 2016, 9 сентября 2016 г., 3 сентября 2017 г.). Z-компонента, фильтр 1.25 Гц. а) нормирование по максимуму трассы, б) реальный масштаб

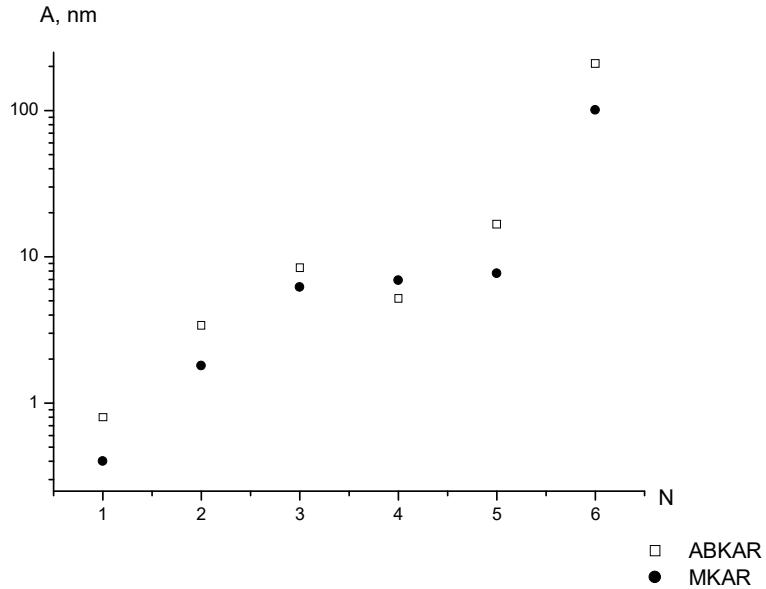


Рисунок 6 – Сравнение амплитуд колебаний по Z компоненте для 6 ядерных испытаний КНДР по станциям Акбулак и Маканчи

Заключение.

1. Северокорейские ядерные испытания 9 октября 2006 г., 25 мая 2009 г. 12 февраля 2013 г., 6 января 2016 г., 9 сентября 2016 г., 3 сентября 2017 г. были успешно зарегистрированы как казахстанской сейсмической сетью, так и глобальными сейсмическими сетями.

2. По записям казахстанских станций мониторинга определены поправки для азимутов на эпицентры северокорейских ядерных взрывов, проведена перелокализация с учетом поправок.
3. Отмечен существенный прогресс во всех элементах мониторинга – обнаружении, локализации и идентификации источника взрыва по сравнению с последними ядерными испытаниями в Индии и Пакистане, характерный для национальной и международной систем мониторинга. Вклад казахстанских станций в обнаружение и обработку сигналов оказался весомым, их данные использованы на всех этапах обработки в различных Центрах, данных.

Литература

1. Михайлова Н.Н., Синева З.И., Соколова И.Н. Казахстанская система мониторинга Института геофизических исследований Национального ядерного центра и ее возможности // Сейсмопрогностические наблюдения на территории Азербайджана / РЦСС НАНА. 2012. С. 329–336.
2. Михайлова Н.Н., Соколова И.Н. Северокорейское ядерное испытание 9 октября 2006 г. по данным Казахстанской и глобальной систем мониторинга // Вестник НЯЦ РК. 2008. Вып. 1. С. 17-26.
3. Михайлова Н.Н. Северокорейское ядерное испытание 25 мая 2009 г. по данным казахстанской системы мониторинга // Вестник НЯЦ РК. 2009. Вып. 3. С. 17-21.
4. Соколова И.Н., Михайлова Н.Н. О сейсмическом событии 6 января 2016 года в районе Северной Кореи // Вестник АО КАЗНИИСА. Наука. 2016. № 3. С. 30-39.
5. Узбеков Р.Б., Сейнасинов Н.А. Ядерное испытание в Северной Корее в 2016 году // Вестник НЯЦ РК. 2016. Вып. 4. С. 85-92.
6. Интернет ресурс http://www.isc.ac.uk.
7. Интернет-ресурс http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic.
8. Интернет-ресурс http://www.ceme.gsras.ru/ccd.htm
9. Интернет-ресурс http://www.emsc-csem.org

УДК 551.3:550.3(575.1)

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ПЛОТИНЕ И БЕРЕГОВЫХ СКЛОНАХ ЧАРВАКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Хамидов Х.Л., Анварова С.Г., Ибрагимов А.Х.
hamidov_l@mail.ru , sadokat.anvarova@mail.ru, alisher1957@mail.ru
Институт сейсмологии Академии наук Республики Узбекистан,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

В работе представлены некоторые результаты совершенствования системы сейсмического мониторинга на плотине и береговых склонах Чарвакского водохранилища. Сейсмометрические наблюдения совершенствованы организацией цифровой сети для целей оценок колебания плотины и при бортовой части Чарвакского водохранилища. Она дала возможность определения частоты и отношение скоростей колебания в измерительных пунктах тела плотины и береговых склонов в автоматическом режиме без вмешательства операторов. Изучение спектральных характеристик грунтов и анализ микросейсм, полученные по данной системе, выявило наиболее уязвимые участки плотины.

Ключевые слова: сейсмический мониторинг, система, плотина, волны, спектр, частота, амплитуда колебания, измерительные точки.

Совершенствование системы мониторинга сейсмичности в зонах крупных водохранилищ Узбекистана, исследования влияния техногенных факторов от строительства водохранилищ требует выполнения большого объема наблюдений. Например, вокруг объекта необходимо разбить сеть сейсмических станций (хотя бы временных) для возможности регистрации местных землетрясений [1,2,3]. Для оценки устойчивости эксплуатации таких сооружений в фоне естественных и техногенных сейсмических процессов необходимо получить более и глубокие научные знания о механизмах колебания горных массивов в зонах водохранилищ [3]. Без создания современных цифровых систем наблюдения достичь этого практически невозможно. Поэтому стало актуальным совершенствование системы мониторинга сейсмичности в зонах крупных водохранилищ Узбекистана и реализация новой цифровой системы инженерно-сейсмометрических наблюдений с современной базой обработки сейсмометрической информации на гидротехнических сооружениях Узбекистана.

История исследований в данном направлении показало, что во всех крупных водохранилищах Узбекистана совершенствование системы мониторинга сейсмичности проводится в первую очередь для определения уровня сейсмической устойчивости плотин. Она проводится в пределах установленных страной Государственных норм. Также сейсмический мониторинг организуется для сейсмического микрорайонирования территорий водохранилищ [4,5,6].

Географически Чарвакское водохранилище находится в Ташкентком вилояте Восточный Узбекистан, на территории Бостанлыкского района. Оно находится на начале реки Чирчик, несколько ниже по течению места слияния рек Пскем и Чаткал, между отрогами Угамского и Чаткальского хребтов западного Тянь-Шаня. Водохранилище образовано каменно-насыпной плотиной высотой 168 метров. Основание водохранилища пересекают ряд сейсмоактивных разломов, такие как Пскомское, Кумбельская и Каржантауская. В этой зоне происходили сильные землетрясения с M≥5 Бурчмуллинское (1956), Ташкентское (1966), Денапское (1974), Таваксайское (1977), Назарбекское (1980), Ташкентское (2008). Зона по сейсмичности оценена 8-9 балльной по шкале MSK-64 [41].

В 2007-2018гг сейсмометрические наблюдения совершенствованы организацией цифровой сети для целей оценок колебания плотины и при бортовой части Чарвакского

водохранилища. Объем при максимальном заполнении составляет около 2 км^3. Плотина имеет длину более 800м. В теле плотины установлены 18 измерительных точек (по три сейсмометра каждый) цифровой регистрации. Измерительные пункты оборудованы высокочувствительными сейсмографами для записи местных и близких землетрясений с увеличением каналов в зависимости от фона помех 1-го рода от 10000. Диапазон периодов полосы пропускания 0.2 - 2с, амплитудно-частотные характеристик каналов соответствуют главной части спектра сейсмических волн слабых близких и местных землетрясений [7].

Инженерно-сейсмометрические оценки по временной схеме представлены цифровыми записями в 20 измерительных пунктах [7]. При переходе на постоянную схему инженерных сейсмометрических наблюдений, количество измерительных пунктов увеличено до 24 трех канальных. Из них 12 измерительных пунктах в противоположных бортах и в основании остались в прежнем положении [7,8]. Чувствительность регистрационных каналов сейсмостанции в ждущем режиме установлена для записи скорости слабых колебаний грунта от 1 до 5 баллов (V_x = *10с*) и для более сильных - от 5 до 9 баллов (V_x = *1с*). В качестве сейсмоприемников применялись СМ-3: T_s = *4,5с* (D_s =*0,6;* D_{so}= *0,02*) и гальванометров ГБ – IV с T_g = *0,008 с* (D_g = *0,7*). На сейсмограммах режимную измеряться максимальные амплитуды скорости колебаний - A_{max} *(мм/сек)* и соответствующие им периоды колебаний, длительность колебаний [8]. Произведен так же, и расчет относительного изменения интенсивности колебаний $\delta_i = A_{max(i)}/A_{ma}$, где *i*-номер измерительного пункта (ИП). Определение сейсмических свойств мелкообломочных и крупнообломочных массивов в зоне плотины Чарвак, как экспериментальный материал при разных нагрузках и объемах воды, выполнялось несколькими методами [9,10]. Запись слабых далеких землетрясений; изучение спектральных характеристик грунтов анализируя микросейсмы и методом Накамура (HVSR) являются одними из этих методов [10]. Для обработки данных использовалась программы JSESAME и GEOPSY. Метод регистрации землетрясений малых энергий использован для количественной оценки относительных изменений сейсмической интенсивности на участках с разными физико-механическими свойствами крупнообломочных массивов.

Рассмотрен вопрос обработки сигналов от 14 ИП по всем каналам и компонентам. На теле плотины размещены 23 железобетонные боксы (камеры), в которые установлены сейсмометры, по три компоненты в каждом. Всего 69 сейсмометров. Сигналы от сейсмометров поступали на сейсмическую станцию, расположенную у основания плотины по сейсмическим кабелям. В период совершенствования произведена установка многоканальной системы регистрации сейсмических сигналов на основе серийно выпускаемых 16-разрядных 8-канальных автоматических цифровых преобразователей (АЦП) с предварительными усилителями и наборами фильтров производства WEBTRONICS (США). Система состоит из 6 комплектов восьмиканальных АРК WEBTRONICS подключаемых к компьютеру посредством платы расширения COM-портов производства МОХА. Производитель МОХА выбран из-за качественной поддержки оборудования и наличия драйверов для всех операционных систем. На регистрирующем компьютере одновременно запускаются 6 исполняемых файлов программы регистрации, причем для каждой запускаемой программы присваиваются свои (уникальные) каналы регистрации. Всего суммарное количество каналов – 48, с возможностью дальнейшего расширения сети датчиков. При помощи GPS-приемника первого АЦП WEBTRONICS производится синхронизация внутреннего таймера регистрирующего компьютера. Поток данных с остальных пяти АЦП привязывается таймеру PC. Непрерывные данные и событийные файлы прописывались в специальные разделы по группам сейсмометров. Так, например, для камеры (бокса) с сейсмометрами на ИП 22 в теле плотины создается папка с номером 22 и т.п. На рис. 1. показана упрощенная блок-схема АЦП WEBTRONICS.

Каждая система WEBTRONICS состоит из: 8-канального предварительного усилителя с возможностью переключения коэффициента усиления от 1 до 200 с шагом 50; 8-канального полосового фильтра высоких и низких частот; коммутатора, совмещенного с АЦП; GPS-приемника со внешней антенной; COM-порта; импульсного блока питания на 24

V;соединительный кабель COM-COM. С регистрирующего компьютера по локальной сети поток данных поступает в систему EarthWorm, которая позволяет в режиме реального времени просматривать трассы от всех сейсмометров одновременно (рис.1 и блок-схема в рис.2). Для обработки данных необходим отдельный компьютер стандартной конфигурации (2,5 ГГц, 512 мб ОЗУ, HDD-40 Гб, клавиатура, мышь, монитор).

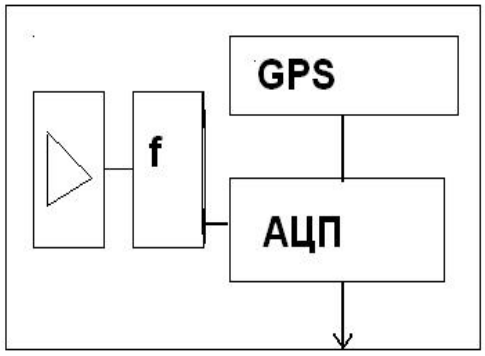


Рисунок 1 - Упрощенная блок-схема АЦП WEBTRONICS

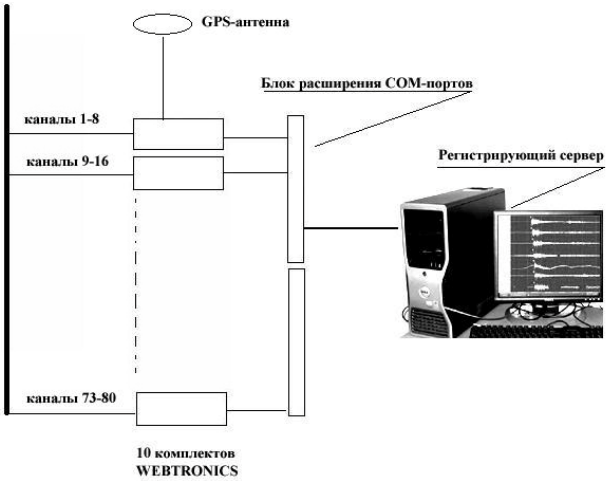


Рисунок 2 - Блок-схема системы регистрации сейсмических колебаний

Инженерно-сейсмологическая обстановка территории плотины Чарвакского водохранилища изучалась путём организации и проведения инженерно-сейсмометрических наблюдений на участке ближе к линии створа строящейся плотины [2,6]. Наши исследования (с 2008 по 2018гг) являются логическим продолжением ранее начатой работу (с 1976 по 1998 гг первая очередь Автоматизированной системы сейсмометрических наблюдений) по организации и проведению инженерно-сейсмометрических наблюдений, входящая в комплекс натурных наблюдений с целью обеспечения устойчивости и надежности при эксплуатации плотины.

С 1976 по 1998 года обработка материалов записи землетрясений на плотине Чарвак проводились с большими разрывами во времени. В ряде случаев это видимо было результатом уменьшения финансирования этих исследования должным образом. Она привела к оттоку кадров и резкому сокращению объемов обрабатываемых данных.

Другой наиболее характерной причинной является моральное старение комплекса оборудований, в которых большими трудозатратами оцифровывались записи скоростей на теле плотины. На выходе устаревшей системы «сейсмоприемник - кросс – компьютер» имели информацию только о картине волновых форм. Цифровая информация готовилось отдельно оцифровкой записей этих картин волновых форм. Далее вся база оцифрованных данных записывалось на носители (гибкие ленты) и в вычислительном центре Министерства геологии в г.Ташкенте обрабатывалось пользуясь специальными программами.

С 2006 года было начато совершенствование системы наблюдений в плотине Чарвак. Эта было первым началом модернизации системы инженерно-сейсмологических исследований в зонах крупных водохранилищ Узбекистана. Существенной разницей этой первоначально реализованной системы от предыдущих было, прежде всего, в обеспечении оперативной обработки сейсмометрических данных записанных при землетрясении прямо на объекте [7,8,10,11]. Она существенно улучшила оперативность и временную точность цифровых регистраций сейсмических волн. Вся сейсмическая информация, записанная сейсмометрами при землетрясении, без вмешательства операторов, непосредственно поступало в память компьютера в едином цифровом формате. Тут же автоматически выполнялось оценка магнитуды регистрированного землетрясения и расчет эпицентрального расстояния.

Как пример в таблице 1 показаны значение частот колебаний - f_o, в Гц и отношение скоростей в разных ИП тела плотины к ИП8 при Туябугузком землетрясении 25 мая 2013 года (М=5,2; ЮЗ; R=75 км).

Таблица 1 - Значение f_o, в Гц и отношение скоростей в разных ИП тела плотины к ИП8 при Туябугузком землетрясении 25 мая 2013 года.

Дата	время	R,км	Ms	ИП 8			ИП 4		
				Z	E	N	Z	E	N
24.05.2013	22:18:33.7	105	5,1	12400	13050	25320	28910	26340	18490
f_o, в Гц				0,896	0,772	1,122	2,788	1,407	2,788
Отношение скоростей к №8							2,33	2,02	0,73

Дата	Время	R,км	Ms	ИП14			ИП19		
				Z	E	N	Z	E	N
24.05.2013	22:18:33.7	105	5,1	-	25650	21080	31170	38650	22000
f_o, в Гц				-	0,891	2,731	4,783	6,494	6,978
Отношение скоростей к ИП8					1,97	0,83	2,51	2,96	0,87

Динамические параметры колебаний в пунктах наблюдений производились по записям полученных сейсмостанциями работающих в ждущем режиме (ИП 1, 2, 3, …,14). Производилось автоматическая разметка записей землетрясений на сейсмограммах с длиной обрабатываемой части, равной - с момента вступления волн с максимальной амплитудой до фазы, где амплитуда колебаний уменьшается до значения *1/3 - 1/5* от значений максимальных амплитуд (рис.3).

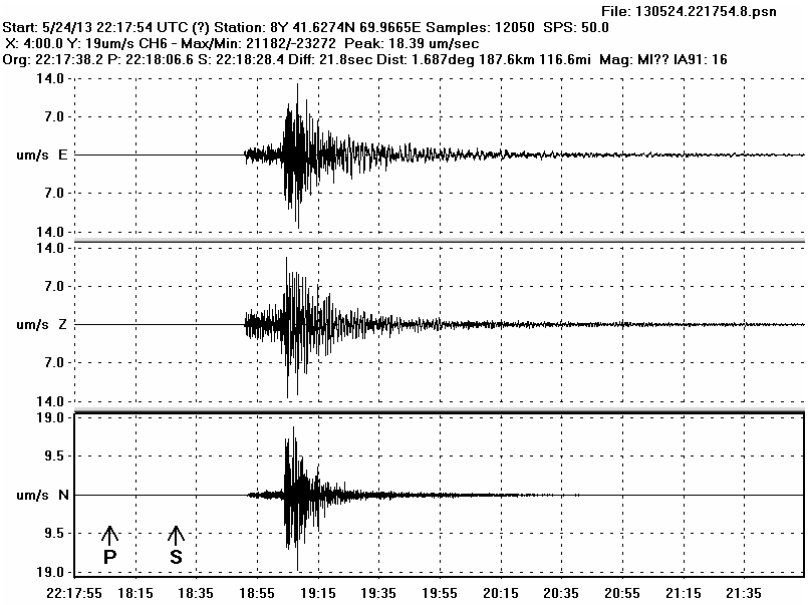
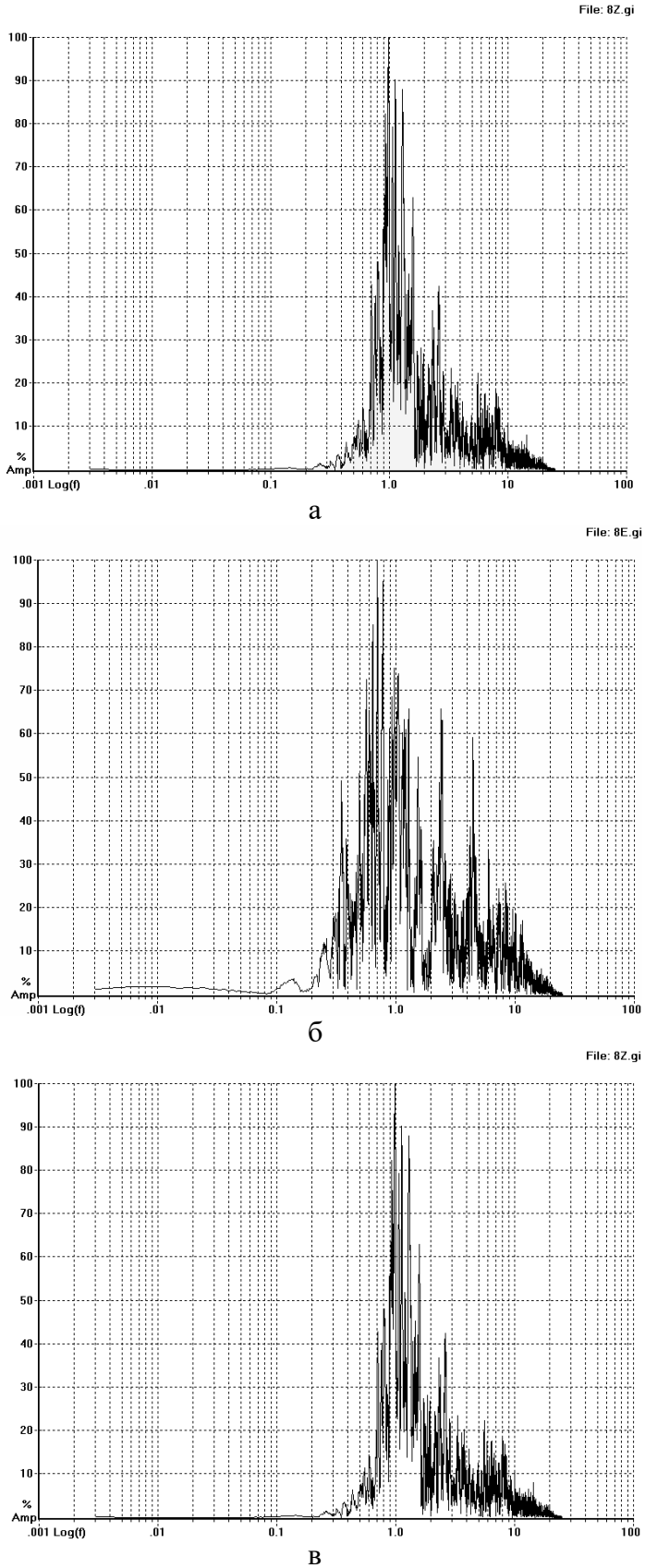


Рисунок 3 - Сейсмограмма землетрясения 24.05.2013 22:18. М-5,1 R- 105 км ИП8

В большинстве случаев обрабатываемая часть сейсмограмм составляет от *3* до *7,* редко до *10сек*. В ИП4 регистрация волн велась непрерывном режиме с увеличением *V=10000*. Все сейсмостанции работали в цифровом режиме регистрации сейсмических событий. В специализированной программной среде WinQuake определялся азимут на эпицентр путем измерения знаков и значений амплитуд первых вступлений: A_{ew}, A_{ns} и A_z продольных волн и с учетом коэффициента увеличения каждого сейсмоканала. Далее все записи импортировались в среду стандартного офиса Microsoft Excel. Здесь производилась их сортировка и хранение. Рассчитывались угол, α т.е. $tg\alpha=A_{ew}/A_{ns}$, учитывая знак амплитуды по каналу *Z*, определялся азимут на эпицентр.

На рис. 4 (а,б,в) показан спектр колебаний на ИП8 при землетрясении 24.05.2013 22:18. М-5,1, компоненты Z,EW,NS.



а

б

в

Рисунок 4 - Спектр колебаний на ИП8 при землетрясении 24.05.2013 22:18. М-5,1, компоненты соответственно а-Z,б-EW,в-NS

Расчет относительного изменения интенсивности колебаний производился по соотношениям $\delta=A(x)max(i)/A(x)max(3)$ и $\delta=A(x^I)max(i)/A(x^I)max(3)$.

Представленные графики по нескольким регистрировавшим сейсмические волны измерительным точкам и расчитанные отношения амплитуд колебаний к амплитудам колебаний основания плотин или береговых склонов показало, что при регистрации разных землетрясений в разных точках они сильно изменяются в зависимости от азимута к эпицентру. Грунты в каньонной части, под ядром плотины и в правобережном борту каньона могут быть отнесены к грунтам I категории по сейсмическим свойствам. Для них интенсивность сейсмических воздействий по установленным нормам не превышают 8 баллов. Галечники под плотиной на левобережной поверхности Ходжикентской террасы отнесены к грунтам II категории по сейсмическим свойствам. Известняки левого борта в верхней части примыкания плотины, тоже отнесены к грунтам II категории по сейсмическим свойствам. Для них интенсивность сейсмических воздействий составляет 9 баллов.

По данным HVSR составлена таблица 2, в которую включены глубина отражающих границ, V_s в указанном слое.

Таблица 2 - Глубина отражающих границ, V_s в указанном слое и коэффициент сейсмического разжижжения грунтов

№ ИП	F1	HV	H,m	Vs	F2	HV	H,m	Vs
2	9,04	1,68	14.47	523.23	3,44	2,30	41,08	565.27
4	7,45	2,79	17,83	531,39	4,60	2,53	30,01	552,28
8	5,30	3,00	25,75	546,06	3,16	3,56	45,03	569,12

С 2009 по 2018 года все определения проводились в среде совершенствованной системы мониторинга сейсмичности Чарвакской зоны. Но карты, построенные нами, по распределению землетрясений с 2009 по 2018 года для этого района указывают, на устойчивую повышенность сейсмической активности зоны Чарвакского водохранилища. Сроки «представительности» используемых землетрясений согласно специально проведенным исследованиям были приняты следующими: для 11-12 класса 21 год; для 10-го-9 лет; для 9-го-4,5 года. В результате значение, $\gamma = 0{,}53\pm0{,}08$, что близко к γ для Восточного Узбекистана. Величина A_{10}=0,07 является осредненным значением активности для всей площади исследования. Совершенствованием системы сейсмического мониторинга на плотине и береговых склонах Чарвакского водохранилища восстановлена интервал границы уровня представительности землетрясений до $K=7$ энергетического класса.

Выявлено, что на гребне плотины сейсмические колебания могут обогащаться гармониками, связанными с резонансными явлениями и значения скоростей смещений по сравнению со скоростями смещений основания плотин в зависимости от их высоты может превышаться от 1,2 до 1,4 раза. Этого невозможно было определить с такой достаточной достоверностью в старой сейсмометрической аппаратной базе.

Литература

1. Плотникова Л.М., Нуртаев. Б.С., Фленова М.Г. К вопросу о механизме техногенных землетрясений. // Геология и минеральные ресурсы.1999. № 1. С.54-58.
2. Плотникова Л.М., Уломов В.И., Махмудова В.И. Влияние Чарвакского водохранилища на параметры сейсмического режима // Экспериментальная сейсмология в Узбекистане. Ташкент: Фан. 1983. С. 31-43.
3. Хамидов Л.А., Зияудинов Ф.Ф., Хамидов Х.Л., Артиков Ф.Р. Инженерные основы цифрового сейсмометрического наблюдения в зоне водохранилищ Узбекистана // Девятая междунар. науч.-практ. конф. по проблемам снижения природных опасностей и рисков «ГЕОРИСК – 2015». М.: Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН. 2015. С. 534-540.

4. Касымов С.М., Джураев Н.М., Тимбеков И.Х., Мирзаев В.М. Сейсмическое микрорайонирование площадей строительства гидротехнических сооружений Узбекистана. Ташкент: Фан. 1974. 155 с.
5. Яковлева И.Б., Меденцева Г.П. Сейсмичность района Гиссаракского водохранилища // Новые данные по сейсмологии и сейсмогеологии Узбекистана. Ташкент: Фан. 1974. С. 77-90.
6. Квашин Е.В., Плотникова Л.М., Тиллаволдиев У.Г. Автоматизированная сейсмометрическая служба Чарвакской плотины // Инструментальные средства сейсмических наблюдений. М.: Наука. 1980. № 13. С. 32-34.
7. Хамидов Л.А., Ибрагимов А.Х., Артиков Ф.Р. Анализ инженерно-сейсмологических параметров и коэффициента разжижжения грунтов в теле плотины Чарвак // Современные проблемы строительных материалов, конструкций, механики грунтов и сложных реологических систем. Материалы VI-Междунар. науч.-техн. конф., (г. Самарканд, 19-20 апреля 2013 г.). Т. 2. Самарканд: САМГАСИ. 2013. С. 72-75.
8. Хамидов Л.А., Ибрагимов А.Х., Артиков Ф.Р., Хамидов Х.Л., Ганиева Б.Р. Возможности оценки собственных колебаний плотин и влияния режима эксплуатации водохранилищ на локальную сейсмичность // Доклады АН РУз. 2018. № 2. С. 74-79.
9. Nakamura Y. A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Micro tremor on the Ground Surface // Quart. Report of RTRI, 1989. Vol. 30. №.1. P. 25-33.
10. Ибрагимов А.Х., Хамидов Х.Л. Частота собственных колебаний плотин Резаксайского и Каркидонского водохранилищ Ферганской долины // Геофизические методы решения актуальных проблем современной сейсмологии. Междунар. науч. конф. (г. Ташкент, 15-16 октября 2018 г.). Ташкент. 2018. С. 461-464.
11. Хамидов Л.А., Артиков Ф.Р., Хамидов Х.Л. Об изменчивости параметров сейсмичности в зонах активного влияния водохранилищ Узбекистана // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XIII Междунар. сейсмологической школы (на базе сейсмической станции «Симиганч», Душанбе, Республика Таджикистан, 11–15 сентября 2018 г.) / Отв. ред. А.А. Маловичко. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН. 2018. С. 307-311.

УДК 553.98(575.1)

УТОЧНЕНИЕ СТРОЕНИЯ МНОГОПЛАСТОВЫХ ЛОВУШЕК НЕАНТИКЛИНАЛЬНОГО ТИПА ЮРСКОЙ ТЕРРИГЕННОЙ ФОРМАЦИИ КАНДЫМСКОГО ПОДНЯТИЯ

Хожиев Б.И.
spigo@ing.uz
Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

В статье освещено геологическое строение и перспективность терригенной юрской формации Кандымского поднятия. Установлено, что перспективность терригенной юрской формации в районе работ связана с многопластовыми неантиклинальными ловушками. На основании фактических геолого-геофизических и буровых данных рекомендована к изменению стратегия поиска нефти и газа неантиклинальных ловушек в юрских терригенных отложениях.

Ключевые слова: ресурсы, формация, горизонт, литология, стратиграфия, ловушки, бурение, скважина.

В исследуемом районе карбонатная формация юры изучена с достаточно высокой степенью, следовательно, можно сказать, что фонд подготовленных структур здесь будет несколько сокращаться. В настоящее время, в связи с ощутимым сокращением ресурсов перспективных ловушек в карбонатной формации, особое внимание уделяется юрской терригенной формации.

Выявление залежей нефти и газа в юрских терригенных отложениях наталкивается на определенные трудности, связанные со сложным строением терригенной формации, где наблюдаются многочисленные зоны выклинивания, фациальные замещения, довольно значительные изменения состава пород-коллекторов и их мощности, зоны литологического выклинивания и стратиграфических несогласий, с которыми связаны ловушки углеводородов неантиклинального типа.

Неантиклинальные ловушки образовывались как при осадконакоплении, так и при последующих денудационных и эрозионных процессах. Породы–коллектора в результате фациальных замещений нередко могут переходить в латеральном направлении в непроницаемые породы, и создавать ловушки нефти и газа литологического типа. Для формирования ловушек подобного типа необходимо не только замещение песчаных отложений глинистыми, но и наличие наклона пластов, возникшего в результате тектонических движений и приведшего к образованию замка ловушки. В процессе осадконакопления возможно образование песчаных тел линзовидной формы, заключенных в слабопроницаемых породах. Залежи обычно приурочены к линзам с повышенной пористостью и проницаемостью.

В административном отношении Кандымское поднятие расположено на территории Каракульского района Бухарской области Республики Узбекистан. В тектоническом отношении Кандымское поднятие расположено в пределах северо-западной части Чарджоуской ступени (рис.1), северо-восточного борта Амударьинской синеклизы, являющейся одним из крупнейших тектонических элементов эпигерцинской Туранской платформы [2].

Кандымское поднятие ограниченно с северо-запада Учкыр-Питнякским валом, с северо-востока - Каракульским прогибом, с юго-востока - Денгизкульским поднятием и с юга - Амударьинской флексурно-разрывной зоной.



Рисунок 1 – Схема тектонического районирования

Изучением тектонического строения Бухаро-Хивинского нефтегазоносного региона в разные годы занималось большое число исследователей, таких как А.А.Абидов, Т.Л.Бабаджанов, А.Г.Бабаев, А.А.Борисов, Р.Г.Гарецкий, Ш.Д.Давлятов, Г.Х.Дикенштейн, Н.А.Крылов, Н.Я.Кунин, Е.В.Лебзин, О.П.Мордвинцев, А.Н.Симоненко, Б.Б.Таль-Вирский, А.Л.Яншин и многие другие [3].

Кандымское поднятие, в противоположность Питнякскому валу, имеет брахиантиклинальную форму. Это одно из самых крупных на территории Бухаро-Хивинского региона.

Поскольку данная работа посвящена анализу и оценке перспектив нефтегазоносности нижне-среднеюрских отложений, ниже приводится описание структурной поверхности терригенной формации и каждой локальной структуры рассматриваемого объекта (рис.2).

По кровле среднеюрских отложений на данной территории по поверхности терригенной формации выделяется ряд локальных поднятий и прогибов. Составленная структурная карта показывает, что кровля и подошва залегают конформно. На основании построенной модели выделены четыре больших антиклинальных участка: Ходжиказган-Сев.Сюзьминский; Аккум-Кандымский; Парсанкуль-Баймурадский и Кувачи-Алатский (см.рис.2). В состав этих больших антиклинальных участков входят несколько мелких антиклинальных структур. Так, в Ходжиказган-Сев.Сюзьминский антиклинальный участок, расположенный в юго-западной части Кандымского поднятия входят следующие структуры: Ходжиказган, Хаккуль, Гарбий Хаккуль, Чаккакум, Муродтепа, Сев.Сюзма. В Аккум-Кандымский антиклинальный участок, находящийся в центральной части Кандымского поднятия, входят структуры: Аккум; Чегаракум; Хатаркум; Жан.Аккум; Хатар; Шаркий Хатар; Кушимча; Кумли и Кандым. В Парсанкуль-Баймурадский антиклинальный участок, занимающий северо-западную часть Кандымского поднятия, входят 4 структуры: Баймурад; Андакли; Зап.Парсанкуль и Парсанкуль.



Рисунок 2 – Структурная карта по кровле отложений терригенной юры

Самый приподнятый Кандымский антиклинальный участок расположен в центральной части Кандымского поднятия и в его состав входит сама структура Кандым.
Кувачи-Алатский антиклинальный участок расположен в восточной части Кандымского поднятия, в его состав входят структуры: Кувачи и Алат.

В нефтегазоносном отношении Кандымское поднятие расположено в пределах Бухаро-Хивинской нефтегазовой области, являющейся частью Амударьинского нефтегазового бассейна. В исследуемом районе основные продуктивные комплексы приурочены к среднеюрским и верхнеюрским отложениям, где продуктивными являются средне-верхнеюрские карбонатные (XV-1, XV-2, XV-3 горизонты) и среднеюрские терригенные (XVII, XVIII, XIX - горизонты) отложения [4]. В последующем, следует ожидать, что в исследуемом районе работ залежи углеводородов будут приурочены именно к этим отложениям и выделяемым в них промысловым горизонтам.

Отложения нижне-среднеюрского возраста в северо-западной части Чарджоуской ступени и в целом в Бухаро-Хивинском регионе сложены, в основном, терригенным комплексом пород континентального, прибрежно-морского и морского происхождения.
Разрез юрской терригенной формации подразделяется на пять свит –кимерекская (нижняя юра), гурудская (аален-нижний байос), дегибадамская (верхний байос), тангидувальская (нижний-средний бат), байсунская (верхний бат-нижний келловей). В исследуемом районе нижнеюрские (кимерекская свита-XXI горизонт) отложения отсутствуют [1].
Среднеюрские терригенные отложения здесь представлены толщей, в основном, глинистых пород, содержащих отличные по толщине пачки песчаников и гравелитов, выделяемых как XVII, XVIII, XIX промысловые горизонты.

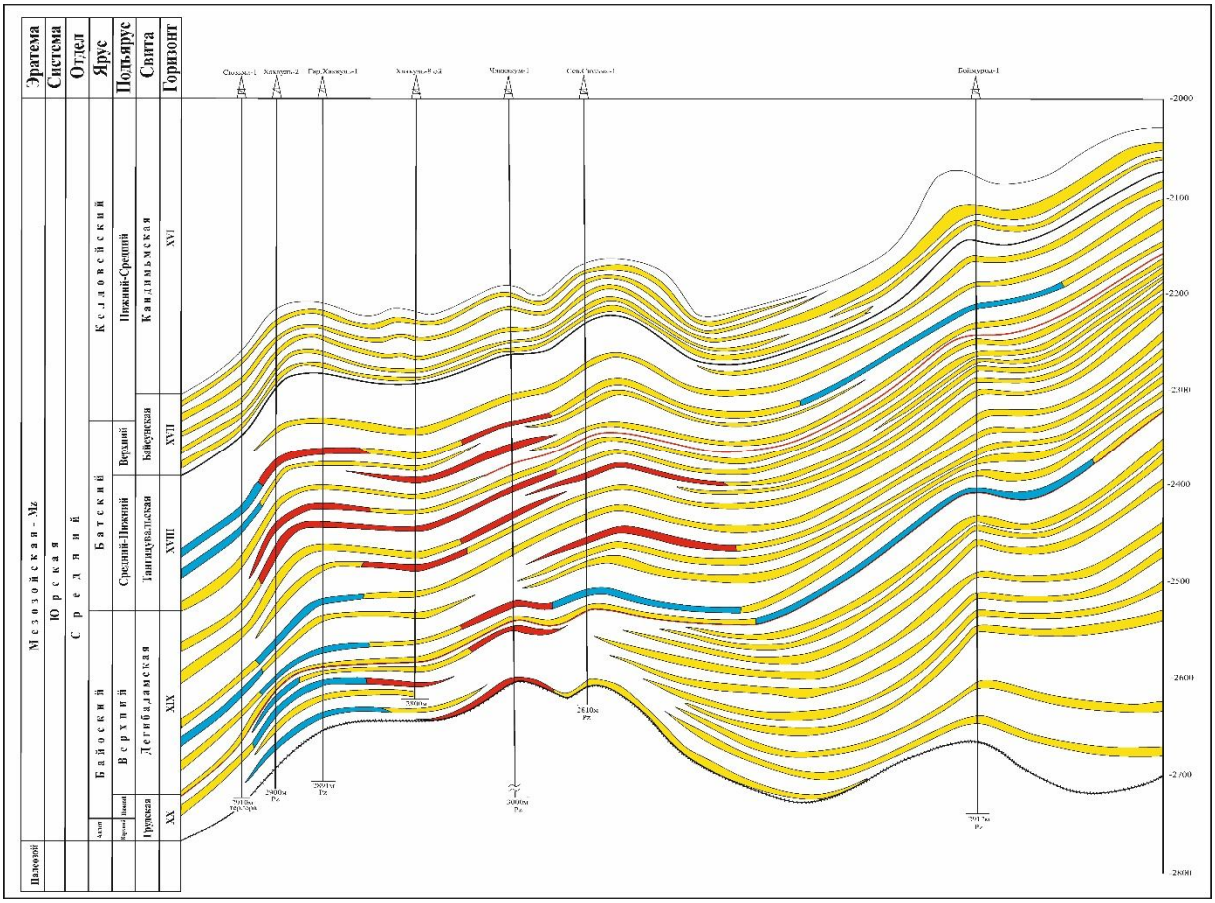


Рисунок 3 – Геологический профиль по линии I-I

В результате проведенных геолого-разведочных работ в Ходжиказган-Сев.Сюзьминском антиклинальном участке на площадях Ходжиказган, Хаккуль, Гарбий Хаккуль, Чаккакум, Муродтепа, Сев.Сюзма в терригенных юрских отложениях обнаружены

многопластовые газоконденсатные залежи, мощность терригенных отложений составляет от 380 м до 520 м. На геологическом профиле видно, что на этом участке мощность терригенных отложений увеличивается в северной части, где обнаруживаются многопластовые литологические ловушки (рис.3).

Таким образом, результаты исследований показывают, что в центральной части Кандымского поднятия мощность терригенной юрской формации сильно выклинивается, что приводит к ухудшению коллекторских свойств. Мощность всех проницаемых коллекторов и покрышек различается друг от друга, что объясняется литологическим выклиниванием вмещающих отложений.

Накопившиеся новые геолого-геофизические и буровые данные по терригенной формации, полученные при проведении поисково-разведочных работах на территории Кандымского поднятия, позволяют сделать вывод о больших перспективах изучаемой территории, что приведет к изменению стратегии поиска нефти и газа, приуроченной к неантиклинальным ловушкам в юрских терригенных отложениях.

Литература

1. Бабаев А.Г., Габрильян Р.А., Салямова С.К. Терригенная формация юрского возраста БХР и Юго-Западного Гиссара и её нефтегазоносность. М.: Недра.1977. 137 с.
2. Хожиев Б.И. Перспективы юрских терригенных отложений Кандымского поднятия на обнаружение литологических залежей нефти и газа // Узбекской журнал нефти и газа. 2017. № 1. С. 20-26.
3. Абдуллаев Г.С., Евсеева Г.Б. Литолого-фациальные особенности, геологическое строение и перспективы нефтегазоносности юрской терригенной формации в северо-западной части Чарджоуской ступени // Узбекской журнал нефти и газа. 2014. № 1. С. 17-22.
4. Юлдашева М.Г., Евсеева Г.Б., Каршиев О.А. Перспективы наращивания нефтегазового потенциала за счет нижне-среднеюрских терригенных отложений в Бухаро-Хивинском и Устюртском нефтегазоносных регионах // Узбекский журнал нефти и газа. 2016. Спец. вып. С. 24-28.
5. Электронный ресурс: http: //neft-gaz-novacii.ru/ru

УДК 553.98:551.242:[550.834.05+550.822](575.16/.192)

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПО НОВЫМ ДАННЫМ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И БУРЕНИЯ СКВАЖИНЫ 1-П КОНЧА ЗЕРАВШАНСКОЙ ВПАДИНЫ

Хожиев Б.И., Искандаров М.Х., Тухлиев З.Ж.
spigo@ing.uz
Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

В статье рассматривается геологическое строение Зеравшанской впадины. Мезозой-кайнозойские отложения изучены недостаточно, в связи с этим, рекомендуется проведение детализационных сейсморазведочных работ в центральной части Зеравшанской впадины для изучения внутреннего строения и нефтегазоносности мезозой-кайнозойских отложений, и на основе фактических материалов определить местоположение очередной параметрической скважины.

Ключевые слова: мезозой-кайнозой, параметрическая, сейсморазведка, геологическая интерпретация, бурение, Зеравшанская впадина, горизонт, скважина, месторождение.

Начало исследований территории Зеравшанской межгорной впадины относится к середине XIX века. Первые сведения о ее геологическом строении были получены в результате редких маршрутных пересечений. Эти исследования проводили И.В. Мушкетов, Г.Д. Романовский, Д.К. Мышенков, В.А. Обручев, Н.Н. Вебер и др. Дальнейшие исследования в начале XX века носили, в основном, специальную инженерно-гидрогеологическую направленность. В 1924г. Е.Ф. Машковцевым, В.А. Николаевым и П.И. Бутовым проводилось гидрогеологическое изучение бассейна р. Зарафшан [4].

Исследования этапов эволюции и нефтегазоносности осадочного чехла Зеравшанской впадины позволяют утверждать, что зональность нефте-и газонакопления в мезозой-кайнозойских отложениях центральной частей впадины, взаимосвязь и взаимозависимость залежей нефти и газа обусловлены следующими обстоятельствами: не глубоко залеганием фундамента (до 650м); мощность мезозой-кайнозойских отложений составляет 650 м, разделившей осадочный чехол на различные структурные зоны локальных поднятий, имеющих тектоно-седиментационную природу.

Зеравшанской впадина и ее обрамление прошли несколько геодинамических стадий формирования, которые и предопределили современные тектонические черты строения.

Представления о геологическом строении и формировании данного района, в свою очередь, меняют современные методические подходы к моделированию залежей нефти и газа и проведение дальнейших геологоразведочных работ (ГРР) в этой территории [5].

Краткая характеристика района работ. В административном отношении площадь Конча расположена на территории Нурабадского района Самаркандской области Республики Узбекистан. В тектоническом отношении она приурочена к восточной части Южного борта Зеравшанской впадины, между Зирабулакским и Зарафшанским хребтами.

Заложение параметрической скважины произведено на основании Рекомендации специалистов АО «ИГИРНИГМ» на заложение параметрической скважины на структуре Конча в Зеравшанской впадине с целью изучения внутреннего строения и нефтегазоносности палеозойских отложений (А.Х. Урмонов, А.Н. Богданов, Н.К. Эйдельнант, Л.Р. Бикеева, П.М. Усманов, М.С. Абдуллаев). По шести сейсморазведочным профилям структура представляет собой брахиантиклиналь субширотного простирания.

Проявления нефтегазоносности на площади исследований связаны с меловыми и палеозойскими отложениями и отмечены в работах А.В. Шуфертова (1931г.), С.Н. Симакова

(1933г.), Г.С. Чикрызова (1939г.), З.Д. Ларкина (1957г.), Д.И. Глушковской (1959г.), Н.Н. Сальковой (1960г.) А.В. Хон (1965г.) и др. Приурочены установлены к палеозойским отложениям долины Кштута на северных склонах Зеравшанского хребта, Сары-Кутана на южных склонах Туркестанского хребта, на руднике Ингичке в Зирабулакских горах, к югу от колодца Четтык в Зиаэтдинских горах, а также в юрских отложениях Кштута и меловых отложениях Улус-Джамской степи и северных предгорий Зиаэтдинских гор.

Анализ исходной геолого-геофизической информации по площади 1П-Конча. В 2013г. П.М. Усмановым, Л.Р. Бикеевой было проведено дешифрирование космофотоснимков участка Зеравшанской межгорной впадины. В результате составлена карта, на которой выделялись аномалии регионального типа. Были рекомендованы геофизические работы.

В 2011-2014 гг. проводились сейсморазведочные исследования в Зеравшанской и Нуратинской впадинах. В результате исследований Зеравшанской сейсмопарти (Урманов А.Х, Халилов Д.Т.) была выявлена структура Конча. Параметрическая скважина № 1П- Конча пробурена в наиболее приподнятой части предполагаемой структуры, на пересечении сейсмопрофилей 14121711 и 29151615 с проектной глубиной 3000 м, а фактический забой скважины 3001 м.

Согласно по результатам бурения в параметрической скважине №1п Конча кровля палеозойских отложений вскрыта на глубине 637 м, что на 13 м выше, чем предусмотрено проектом (650 м).

Краткое литологическое описание горных пород. Параметрической скважиной №1п Конча силурийская система вскрыта в интервале 2186-3001 м и из 17 интервалов отобраны образцы керна. Силурийские отложения представлены песчаниками, глинистыми сланцами, аргиллитами.

Глинистый сланец темно-серый, блеск шелковистый, микрокристаллический, слюдяной, с обильным включением растительного детрита, сильно метаморфизованного, почти до графита, с зеркалами скольжения на поверхности наслоения, очень плотный, трещиноватый, трещины линейные, тектонические, заполнены кальцитом.

Песчаник серый, темно-серый, мелкозернистый, алевритовый, сильно глинистый, сильно метаморфизованный, переходящий в аргиллит с тонкими прослоями глин, с вкрапленниками пирита, с зеркалами скольжения на поверхности. Сильно измененный, очень плотный, перемятый, трещиноватый, трещины заполнены кварцем и кальцитом.

Аргиллит серый, глинистый, кальцитизированный, доломитизированный, интенсивно трещиноватый, трещины заполнены кальцитом, очень плотный, гидрофильный.

Параметрической скважиной №1п Конча девонская система вскрыта в интервале 1300-2186 м и в 18 интервалах отобраны образцы керна. Девонские отложения представлены известняками, глинистыми сланцами, доломитами.

Доломит серый, темно-серый, афанитовый, с тонкими прослоями глин, сильно рассланцованный, тонкокристаллический, сильно деформированный, перемятый с зеркалами скольжения, очень плотный, интенсивно трещиноватый. Трещины секущие и наклонные, шириной ≈1 мм, заполнены кальцитом.

Глинистый метаморфический сланец темно-серый, почти черный микрослоистый, сланцеватый, с зеркалами скольжения, очень плотный, интенсивно трещиноватый. Трещины линейные, типа скола двух сопряженных систем, пересекающихся под углом $\approx 40^0$, шириной ≈3,0 мм, заполнены белым кристаллическим кальцитом.

Параметрической скважиной №1п Конча каменноугольная система вскрыта в интервале 637-1300 м и в 17 интервалах отобраны образцы керна. Карбоновые отложения представлены известняками, глинистыми сланцами, доломитами.

Метаморфический сланец (филлит) пепельно-серый, серебристо-серый, графитизированный, микрослоистый, гидрофильный, очень плотный, трещиноватый, слюдистые с прослоями эффузивных пород.

Известняк серый, кристаллический, пелитоморфный, доломитизированный, плотный, трещиноватый, трещины хаотичные и вертикальные, линейные, типа отрыва и скола, шириной

≈1 мм, заполнены кальцитом. Присутствуют весьма тонкие (<1 мм) прослои темно-серых глин, с углом падения ≈35^0.

Доломит серый, темно-серый с голубоватым оттенком, афанитовый, тонкокристаллический с весьма тонкими (<1,0 мм) прослоями черной, пиритизированной, пелитоморфной, битуминозной глины, с темно-серыми, почти черными комками водорослей, очень плотный, интенсивно трещиноватый, кавернозный, трещины заполнены кальцитом. По результатам лабораторных исследований образцов керна признаки УВ отсутствуют [1].

Согласно заключению системы обработки «Geo Office Solver» в интервале 1751-3001 м коллекторы порового типа не прослеживаются, выделяются интервалы возможного распространения сложных коллекторов, определить кондиционность и характер насыщения которых не представляется возможным. В соответствии с результатами оперативной интерпретации материалов ГИС и АСО «INGEF-W» разрез в интервале 1755-3000 м представлен чередованием плотных и возможно проницаемых пород с низкими величинами открытой пористости от 3,57% до 7,14%. По данным ручной обработки ГИС в интервале 1755-3001 м коллекторы порового типа практически отсутствуют. Выделяются только участки с возможным распространением коллекторов сложных типов, пористость которых не превышает 5-6%.

Для определения характера насыщения вскрытого разреза палеозоя в скв.№1п Конча в интервале 1930-3001 м произведено опробование (в открытом стволе) и в результате из палеозойских отложений приток не получен.

По данным ВСП нижележащий разрез характеризуется наличием плотных высокоскоростных пород. На кривой псевдо-акустической жесткости выделены пласты с незначительно пониженной плотностью.

Результаты геофизических и буровых работ. В результате интерпретации первичных материалов дешифрирование космофотоснимков, сейсморазведочных и буровых работ в 2017 году по участку Зеравшанской межгорной впадины специалистами АО «ИГИРНИГМ» (Сафонова Л.Н.) составлена схематическая структурная карта по кровле отражающего горизонта T_8 (Pz) (рис.1). Всем хорошо известно, что Зеравшанская впадина является малоизученным районом, основные буровые работы производились по изучению водоносных горизонтов.

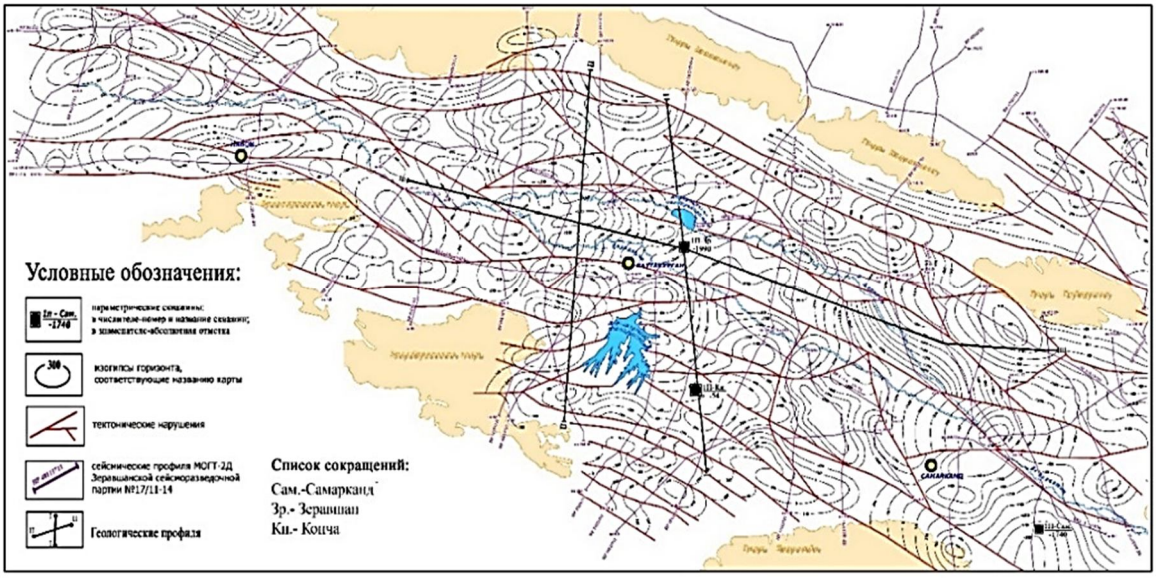


Рисунок 1 – Зерафшанская впадина. Схематическая структурная карта по кровле отражающего горизонта T_8 (Pz)

Для глубокого изучения внутреннего геологического строения кроме скв. №1 Конча были пробурены скв. №1 Зеравшан и №1 Самарканд. На основе полученных данных авторы составили геологические профили по скважинам №1п Конча и №1 Зеравшан (рис.2 и 3).

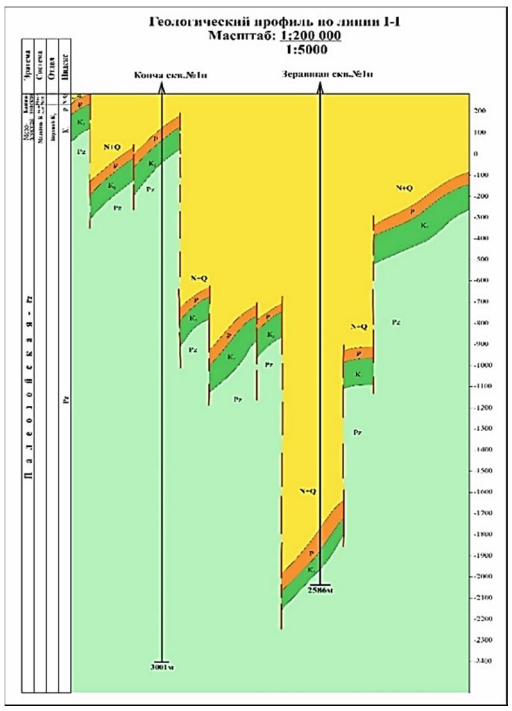


Рисунок 2 – Геологический профиль по линии скважин №1п Конча и №1 Зеравшан

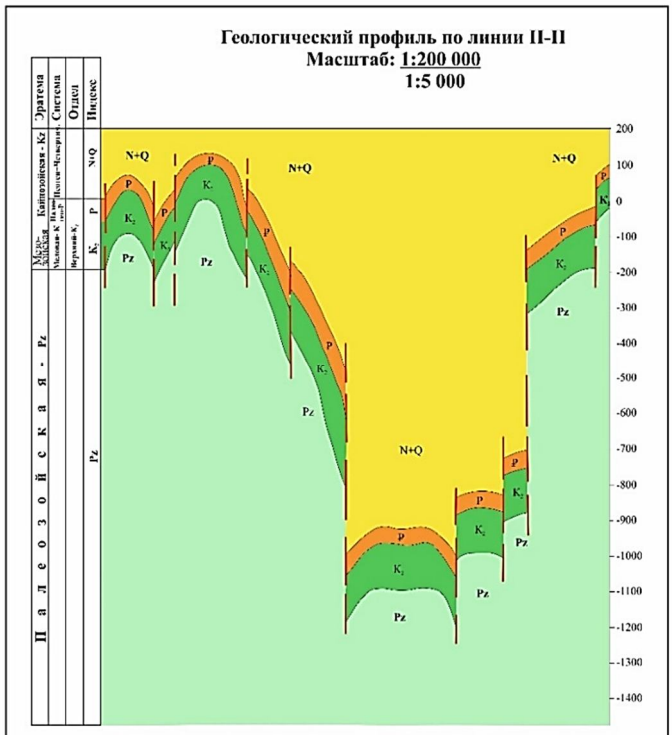


Рисунок 3 – Геологический профиль по линии II-II

Параметрическая скважина №1П Конча пробурена для изучения внутреннего строения палеозойских отложений. Авторы считают, что в этом регионе геологическое строение мезозой-кайнозойских отложений изучено недостаточно. Для определения залегания пластов построены геологические профили (I-I, II-II, III-III) (рис.2,3 и 4), которые показывают, что в центральной части Зеравшанский впадины мощности осадочных пород увеличены до 3000 м. Именно в центральной части Зеравшанской впадины пробурена скважина №1 Зеравшан. В процессе бурения скважины с глубины 2370 м (нижняя часть неогена) отмечались газопроявления, которые выражались в виде разгазирования глинистого раствора до удельного веса 1,12-1,15 г/см^3. По газовому каротажу видно, что в интервале 2493-2480 м газопоказания характеризуются фоновыми значениями 0,4%.

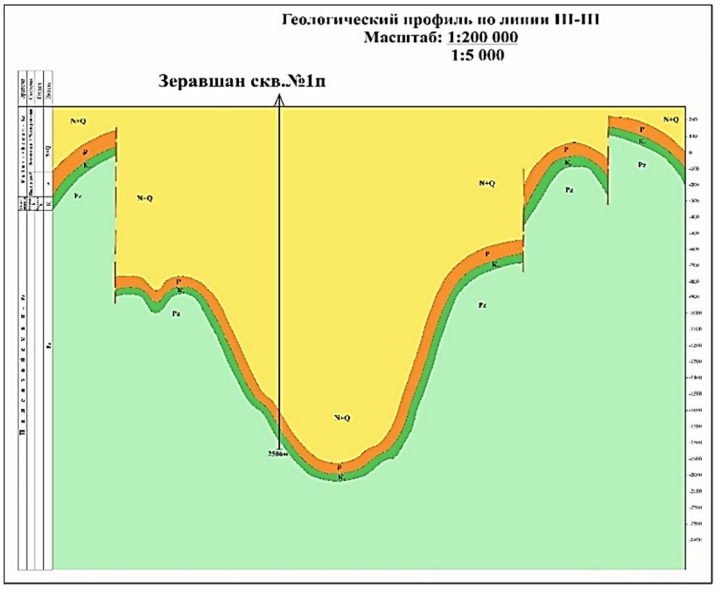


Рисунок 4 – Геологический профиль по линии скважины №1 Зеравшан

Для изучения тектонического строения района работ были построены палеотектонические профили (рис.5.). По данным этих построений установлено, что разломы формировались в альпийский этап складчатости неоген-четвертичного возраста.

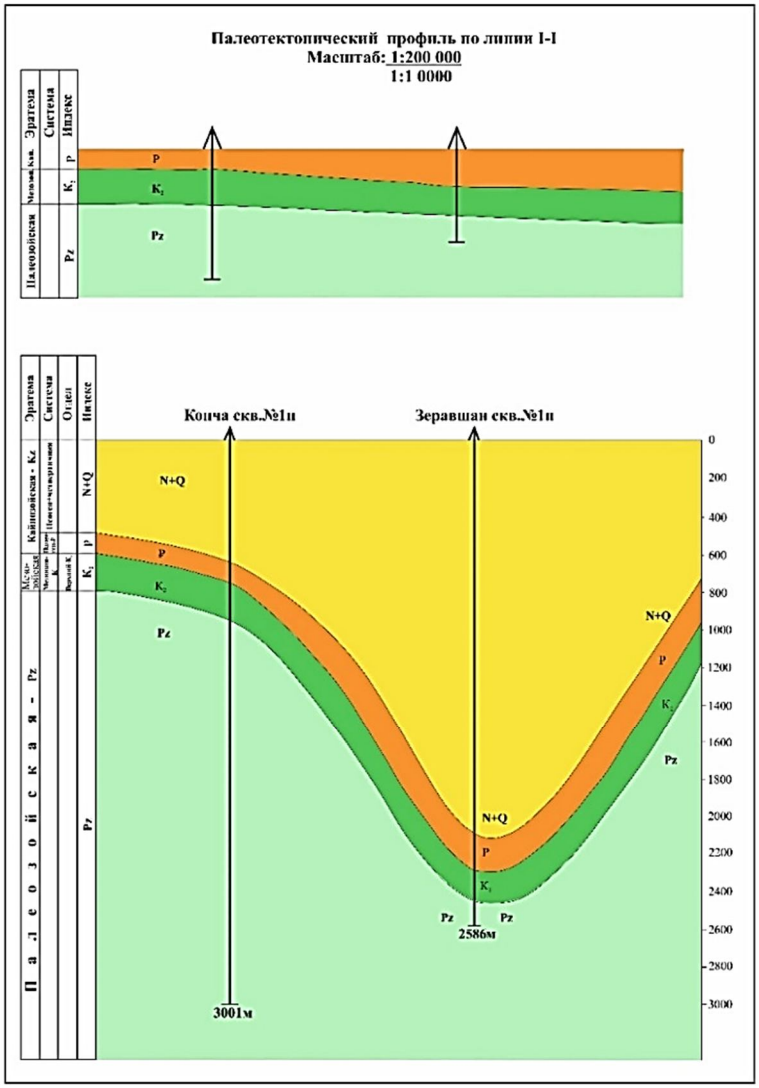


Рисунок 5 – Палеотектонические профили по линии скважин №1п Конча и №1 Зеравшан

Комплексный подход к оценке перспектив нефтегазоносности на основе интеграции геолого-геофизической информации позволяет спрогнозировать новые залежи углеводородов.

Заключение. Из изложенного материала следует, что в пределах исследованной территории основные перспективы нефтегазоносности связаны с мезозой-кайнозойскими отложениями, ловушками структурного типа.

В основании геологических и палеотектонических профилей ожидается развитие карбонатных и песчаных горизонтов, в которых прогнозируются ловушки УВ литологического и тектонического типа.

Для оценки и подготовки перспективных объектов в юрских и меловых отложениях необходима постановка сейсморазведки 2 и 3 D в комплексе с заложением очередных параметрических скважин.

Исходя из нефтегенерационного потенциала мезозой-кайнозойских отложений в пределах исследованной территории следует ожидать открытие нефтяных и нефтегазоконденсатных залежей.

Литература

1. Кусанов Ж.К. Особенности внутреннего строения нефтегазовых залежей и свойства пород-коллекторов Карачаганак-Кобландинской зоны нефтегазонакопления // Нефть и газ. Казахстан. 2018. № 5 (107). С. 65-76.
2. Гаврилов В.П. Геодинамическая модель геологического строения и нефтегазоносности Прикаспийской впадины // Геология нефти и газа. 2009. № 3. С. 67.
3. Афанасенков А.П., Никишин А.М., Унгер А.В. Мезо-Кайнозойская история развития севера западной и восточной Сибири на основе анализа сейсмических данных (Гыдан, Усть-Енисейский район) // Геология нефти и газа 2017. Вып. 1. С. 34-40.
4. Головин Е.А., Андреев В.В., Ларкин Э.Д., Левдонский В.А., Шмариович Е.М. Геология осадочного чехла Центральных Кызылкумов. М. 1974. 167 с
5. Эйдельнант Н.К., Солопов Г.С., Богданов А.И., Бурлуцкая И.П., Гафуров Т.А. Доюрский комплекс пород Бухаро-Хивинского нефтегазоносного региона – нетрадиционный объект поисков углеводородного сырья. // Геология и перспективы нефтегазоносности Узбекистана. Труды ИГИРНИГМ. Вып. 80. Ташкент. 2001. С. 144-147.
6. Электронный ресурс: http: //www.geoinform.ru

УДК 550.34(575.3)

ТРЕНДЫ И ПЕРИОДИЧНОСТИ В ХОДЕ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПО ДАННЫМ СТАНЦИИ ШААРТУЗ В ТАДЖИКИСТАНЕ ЗА 2013-2018 ГОДЫ

Худжаев Х.Ш.
Khujaev_kholiyor@mail.ru
Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии
Академии наук Республики Таджикистан, г. Душанбе, Республика Таджикистан

Приводятся характеристики деформаций земной коры по данным наблюдений на сейсмографической станции Шаартуз за период 2014-2018 гг., выполненных с помощью кварцевых деформографов с базами по 40 м каждый по компонентам Север-Юг и Восток-Запад со светолучевой системой записи. Приводятся данные о ходе среднегодовых и среднемесячных значениях деформаций по каждому году. Сообщается о годовой и 12-часовой периодичности хода деформаций земной коры, о проявлении отдельных сильных землетрясений в виде колебаний во временном ходе деформаций земной коры, записанных по данным деформографов по обоим компонентам, а также косейсмические скачки и остаточные деформации на постсейсмической стадии сейсмотектонического процесса. Дано сравнение хода деформаций по компонентам Север-Юг и Восток-Запад и выдвинуты предположения относительно этих различий на основе данных об общей картине региональной тектоники и сейсмичности, а также о сезонных факторах. Отмечено совпадение максимума отклонения хода деформаций от фикс-линии с моментом полного лунного затмения 27 июля 2018 г.

Ключевые слова: деформации земной коры, кварцевые деформографы, светолучевая система регистрации, компоненты деформаций, остаточные деформации, сейсмичность, разломы земной коры, тектоника плит.

Деформографическая станция Шаартуз – географически самая южная в деформографической сети, работающей на территории Таджикистана. Станция расположена на южном окончании Бабатагского хребта в области устойчивого поднятия земной коры и расположена в первых сотнях км от крупных активных разломов – Гиссаро-Кокшаальского, Илякско-Вахшского на территории Таджикистана и Альбурз-Мармульского на территории Афганистана. В окрестности этой станции проходит ряд разломов меньшего порядка, самый крупный из которых приурочен к Бабатагскому надвигу.

Станция работает с 1985 года, с некоторыми перерывами. Основные результаты научных наблюдений, выполненных с помощью системы деформорафических станций на территории Таджикистана до 2014 года, опубликованы в десятках работах и научных отчётах, в частности [1-7].

Настройка светочувствительного лучевого преобразователя даёт возможность довести чувствительность до (0,1 – 0,05) мкм на мм записи по смещениям, (2,5 – 1,25)x10^{-9} относительных единиц деформаций на мм записи [3,4].

По-видимому, относительная отдалённость станции Шаартуз от крупных активных разломов обусловила и на порядок более низкие относительные абсолютные деформации и скорости деформационных процессов по сравнению с соответствующими данными по другим деформографическим станциям, расположенным в окрестностях крупных активных разломов [6,7]. Тем не менее, как показано в работах [2,5-7], станция Шаартуз достаточно чувствительна к региональным, локальным тектоническим процессам и процессам подготовки ряда глубокофокусных и местных коровых землетрясений. Возможно, именно отдалённость этой станции от крупных разломов обусловливает минимальные помехи в деформациях земной коры, и ставит её в наблюдательном отношении в более выгодное положение.

Среднегодовой ход относительных деформаций земной коры по данным станции Шаартуз по компонентам Север-Юг (С-Ю) и Восток-Запад (В-З) за период с середины 2013 года до середины 2018 года показан на рис. 1.

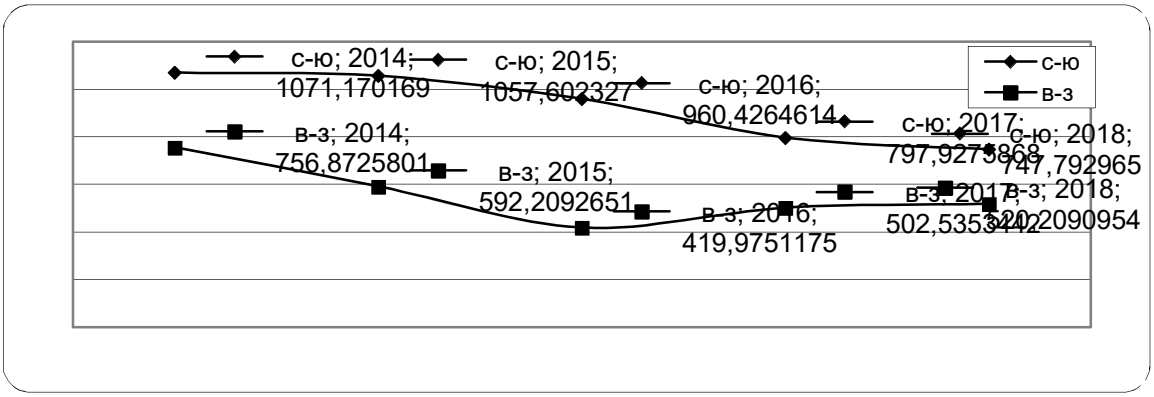


Рисунок 1 – Ход относительных деформаций земной коры по данным станции Шаартуз. По оси ординат указаны величины деформаций, умноженные на 10^9, по оси абсцисс – годы

Из рис. 1 видно, что деформации по обоим компонентам – это деформации растяжения. Деформации по компоненте С-Ю больше деформаций В-З. Скорости деформаций за рассматриваемый отрезок времени в среднем уменьшаются. По компоненте С-Ю деформации монотонно снижаются, по компоненте В-З они снижаются до 2016 года и несколько возрастают далее. Превышение деформаций по С-Ю на рассматриваемом промежутке времени, по-видимому, можно связать, во-1-х, с тем, что основные, наиболее крупные разломные зоны проходят относительно станции в субширотном направлении. Во-2-х, фоновые региональные напряжения, вызванные субдукцией Индостанской тектонической плиты примерно в северном направлении со скоростями в первые см в год [8,9], действуют более интенсивно именно по направлению С-Ю. Возможно также, что большая скорость снижения деформаций растяжения по В-З связана с подготовкой 3-х крупных региональных землетрясений: непальского 24 апреля 2015 года с М 7.8 с глубиной гипоцентра 15 км, глубокофокусного Гиндукушского 26 октября 2015 года с М 7.4 с глубиной гипоцентра 210 км и корового Мургабского 7 декабря 2015 года с М 7.2 с глубиной гипоцентра 20 км. Отметим, что за несколько лет до 2014 года наблюдался рост деформаций по С-Ю и спад по В-З и далее обе компоненты показали общий спад.

Рассмотрение хода деформаций по отдельным годам показывает их явную годовую периодичность – с максимумами в феврале-начале марта и минимумами в июле-августе, а также 12-часовую периодичность, явно связанную с действием лунных приливов и суточным вращением Земли. По-видимому, либо годовые вариации обусловлены сезонными колебаниями уровня грунтовых вод, либо более близкое расположение Солнца зимой к Земле создаёт максимум прилива в это время. Если бы это был температурный эффект, обусловленный холодной зимой и жарким летом, то эффект был обратным, поскольку более нагретая среда, как правило, деформируется легче. На фоне периодического годового хода деформаций отмечены бухтообразные отрицательные аномалии в ходе деформаций растяжения перед крупными землетрясениями 26 октября 2015 г. (М 7.4) и 7 декабря 2015 (М 7.2).

За период наблюдений обнаруживаются колебания и остаточные сдвиги в ходе записей деформаций земной коры по обоим компонентам. Колебания аналогичны по форме тем, которые регистрируются с помощью стандартных сейсмографов, так что деформографическая станция работает как сейсмическая. Очевидно при этом, что сдвиги отражают косейсмические эффекты, а нестыковки в ходе деформаций – постсейсмические эффекты остаточных деформаций.

Были исследованы особенности хода деформаций земной коры на станции Шаартуз в связи с полным лунным затмением 27 июля 2018 года. Величины отклонений деформаций от

стандартной фикс-линии по данным записей на лентах регистрации по компоненте В-З монотонно увеличились на 38 мм с 1 июля 2018 г., достигнув максимума 25-27 июля. По компоненте С-Ю средний уровень вариаций был относительно стабильным и к 24-27 июля снизился почти на 90 мм [10].

Таким образом, анализ хода деформаций земной коры по данным, полученным на деформографической станции Шаартуз, показывает, что по обоим компонентам С-Ю и В-З проявляются периодические и трендовые вариации. Более детальное выявление действующих механизмов, лежащих в основе этих вариаций, требует дальнейших наблюдений и анализа.

Литература

1. Старков В.И. Развитие деформационных процессов по данным наклономерно-деформографических станций. М.: Наука. 1986. С. 177-189.
2. Старков В.И. Аномалии в наклонах и линейных деформациях земной поверхности, предваряющие землетрясение 29 июля 1985 г. // Вулканология и сейсмология. 1987. № 4. С. 93-97.
3. Старков В.И., Старкова Э.Я., Ризаева С.Д. Наклономерные и деформографические наблюдения на Душанбинском геофизическом полигоне // Прогноз землетрясений. 1982. № 1. С. 184-188.
4. Гусева Т.В., Пак Т.А., Старков В.И., Старкова Э.Я. Исследование деформационных процессов в тектонически активной зоне Центрального Таджикистана // Прогноз землетрясений. 1989. № 11. С. 62-80.
5. Старков В.И., Старкова Э.Я. Исследования деформационных процессов в теле плотины Нурекской ГЭС. Душанбе: М-во энергетики и госпредприятие «Барки Точик». 2006. С. 36-48.
6. Старков В.И., Старкова Э.Я. Результаты режимных наблюдений за горизонтальными деформациями земной коры в Таджикистане // Труды междунар. конф. по снижению сейсмического риска, посвящённой 60-летию со дня Хаитского землетрясения 1949 г. в Таджикистане / Под ред. Каримова Ф.Х., Низомова Д.Н., Саломова Н.Г. Душанбе: Азия-принт. 2009. С. 108-116.
7. Каримов Ф.Х., Саломов Н.Г., Старков В.И., Старкова Э.Я., Шозиёев Ш.П. Сейсмогеофизические исследования на территории Таджикистана и проблемы прогнозирования землетрясений // ГеоРиск. 2017. № 1. С.20-28.
8. Лукк А.А., Юнга С.Л. Геодинамика и напряженно-деформированное состояние литосферы Средней Азии. Душанбе: Дониш. 1988. 234 с.
9. Mohadjer S., Bendick R., Ischuk A., Kuzikov S., Kostuk A., Saydullaev U., Lodi S., Kakar D. M., Wasy A., Khan M. A., Molnar P., Bilham R., Zubovich A.V. Partitioning of India-Eurasia convergence in the Pamir-Hindu Kush from GPS measurements // Geophys. Res. Lett. 2010, v.37. L04305, doi:10.1029/2009 GL041737.
10. Каримов Ф.Х., Саломов Н.Г., Ниязов Дж.Б., Усупов Ш.Н., Худжаев Х.Ш. Проявления вариаций параметра pH на месторождениях термоминеральных вод в районе Таджикской депрессии // Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Материалы докл. VII Междунар. симп. Бишкек: НС РАН. 2018. С. 146-152.

УДК 534.23

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ШУМОВОЙ КОМПОНЕНТЫ ГЕОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Чешев М.Е., Имашев С.А.
cheshevmihail@yandex.ru, sanzhar.imashev@gmail.com
Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

В работе представлены результаты анализа записи трехкомпонентного геофона A1638. Используя горизонтальные компоненты X и Y, были построены круговые диаграммы для полезных сигналов и шума, которые показали, что шум имеет отклонение от равномерного распределения. Последующий анализ трех каналов показал, что вертикальный канал Z имеет определенную выделенную частоту, а построенный спектр частот выявил частоту в 50 Гц. Проведя удаление этой частоты из записи и построив снова диаграммы направленности было показано, что шум принял почти равномерное распределение. Некоторое отклонение обуславливалось перепадом высот между исходной точкой генерации сигнала и геофона, неоднородностью объема коренной породы, а также эффектом за счет реверберации. Данная работа показала, что диаграммы направленности имеют большую чувствительность, чем диаграммы рассеяния или построение сигнала во времени.

Ключевые слова: *геоакустический сигнал, трехкомпонентные геофоны, диаграммы направленности, преобразование Фурье, круговая гистограмма.*

Введение. Акустическая эмиссия в твердых телах является упругими колебаниями, возникающими в процессе дислокационных изменений в среде, характеристики которых непосредственно связаны с особенностями пластических процессов [1], происходящих под воздействием деформаций, возникающих в глубине среды. В результате возникает состояние напряженной среды, в которой из-за потери сцепления пород появляются проскальзывания. В результате этого за счет трения индуцируется геоакустическая эмиссия повышенной интенсивности, способная служить индикатором активизации деформационных процессов [2]. Для регистрации сигналов геоакустической эмиссии используются высокочастотные сейсмостанции с магнитоупругими или пьезокерамическими сейсмоакустическими приемниками (геофоны) [3-4]. Эксперименты с геофонами, установленными в скважинах на территории Бишкекского геодинамического полигона (БГП) в непосредственной близости от водоносных горизонтов при проведении электромагнитных зондирований земной коры с помощью мощной электроразведочной генераторной установки (ЭРГУ-600-2) [5] зафиксировали реакцию среды, которая проявлялась в виде прироста интенсивности сигналов акустической эмиссии. Поскольку геоакустический сигнал является источником информации о характере протекающих процессов, ставится задача эффективного определения и удаления нежелательных компонент, присутствующих в записи геофона.

Геофон и первичный анализ сигнала. Для регистрации геоакустических сигналов на БГП используется трехкомпонентный пьезокерамический датчик A1638 производства ЗАО “Геоакустика”[6], расположенный на выходе коренных пород в шахте на глубине около 3 м. Полученная с помощью геофона запись имеет вид шумового сигнала с серией событий примерно на середине записи (рис.1):

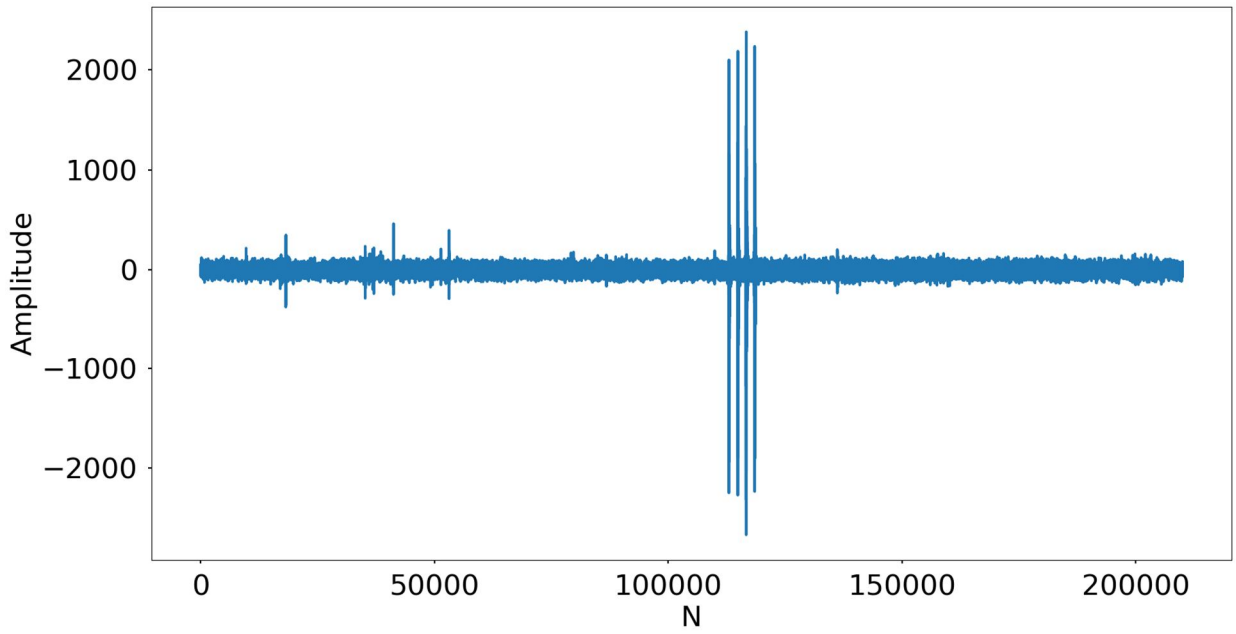
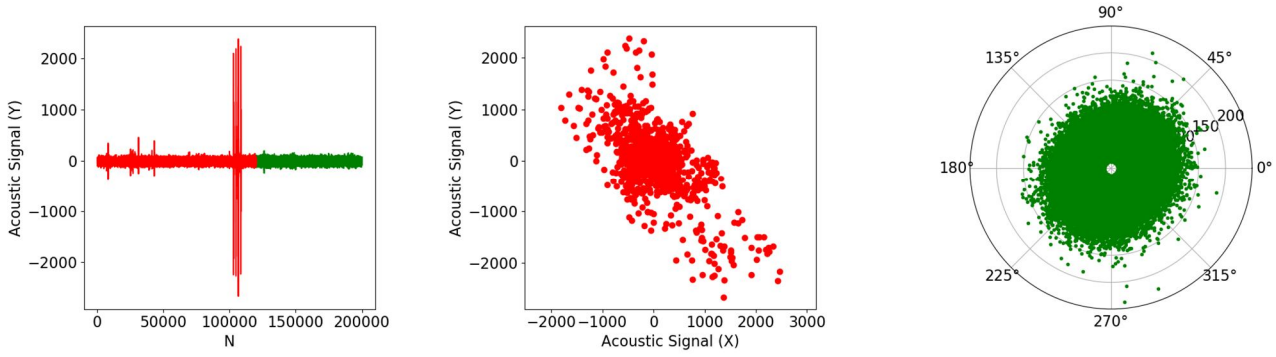


Рисунок 1 – Общий вид записи геофона

Построим диаграммы рассеяния для двух участков записи: участок с зафиксированным сигналом (рис.2а, красный участок, рис.2б) и участок с без него (т.е. шум.) (рис.2а, зеленый участок, рис.2в)



а б в

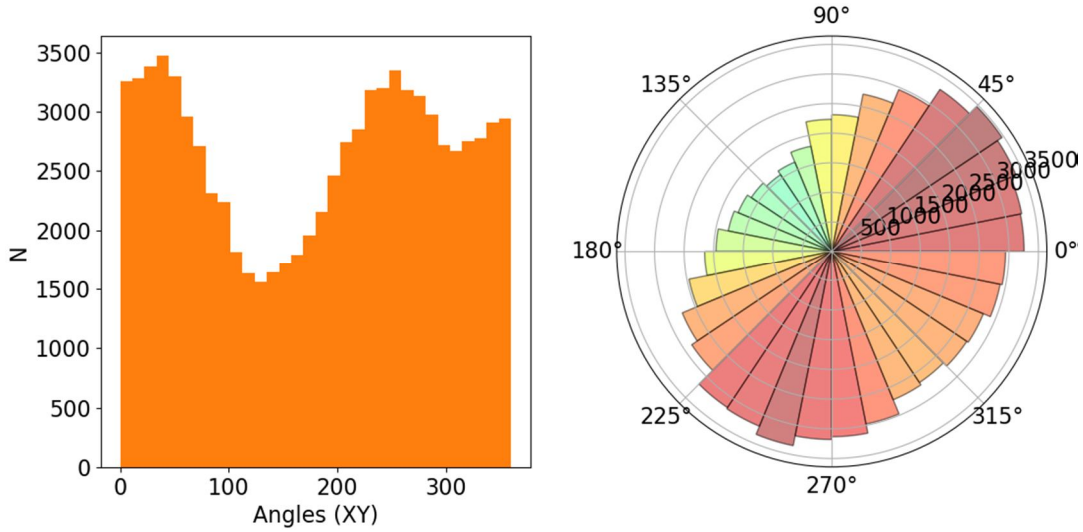
Рисунок 2 – Выделенные участки записи: участок с сигналом (а, красный цвет), шум (а, зеленый цвет), построенные диаграммы рассеяния: б - для участка с сигналом, в - с шумом

Как видно из рис.2, диаграммы рассеяния иллюстрируют вполне ожидаемую картину – участок записи с полезным сигналом имеет ярко выраженную направленность по направлениям X и Y, а участок с шумом имеет почти круглую форму, что указывает на равномерное распределение. Отсюда можно было бы сделать вывод, что шум не имеет каких-либо дополнительных компонент.

Диаграммы направленности. Представим данный участок шума в диаграмме направленности – круговой диаграмме, столбцами которой являются значения углов, для получения которых используется следующий алгоритм анализа горизонтальных компонент геофона:

- Если X и Y компоненты больше нуля, то угол будет равен арктангенсу отношения Y X.
- Если X меньше нуля, а Y больше, то угол равен арктангенсу отношения Y X плюс 180.
- Если X и Y меньше нуля, то угол равен арктангенсу отношения Y X плюс 180.
- Если X больше нуля, а Y меньше, то угол будет равен арктангенсу отношения Y X плюс 360.

Используя данные соотношения, построим распределение углов как в обычной гистограмме (рис.3а), так и в полярных координатах (рис.3б):



а б

Рисунок 3 – Гистограмма распределения углов (а) и диаграмма направленности (б)

Как видно из рис.3, шумовой участок записи имеет направленность по углам 0-60º : 225-275º. Это говорит о том, что данный участок записи содержит дополнительную частоту. Убедиться в этом можно, построив графики по трем компонентам геофона – X, Y, Z и динамику амплитуд (рис.4)

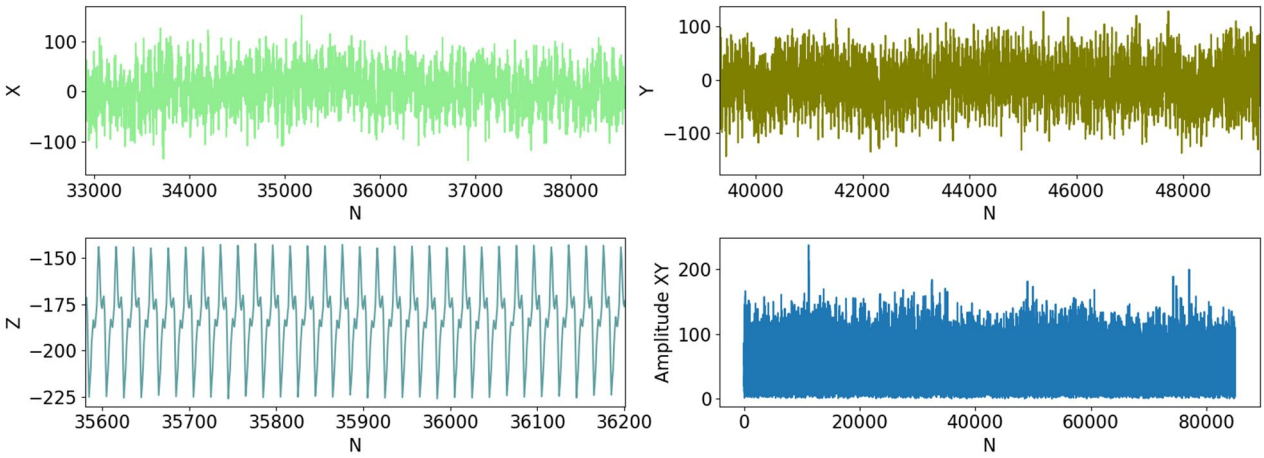


Рисунок 4 – Построение по компонентам X, Y, Z и динамика амплитуд XY

Из рис. 4 видно, что компонента Z имеет искусственную природу. Для определения частоты воспользуемся прямым и обратным преобразованием Фурье, построив спектр частот сигнала(рис.5):

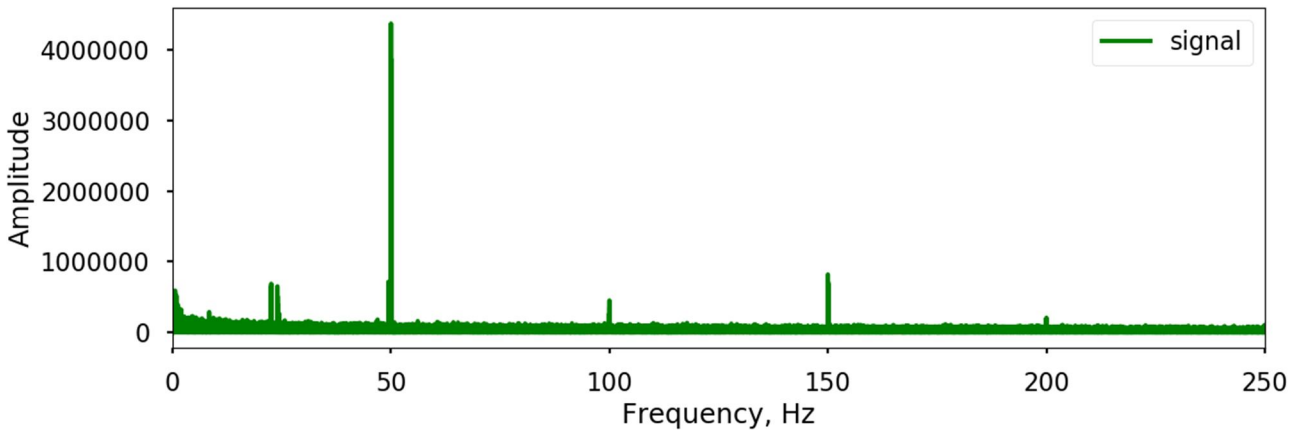


Рисунок 5 – Спектр частот сигнала

Рисунок 5 демонстрирует наличие в сигнале серии частот – 24, 25, 50, 100, 150 Hz, которые являются промышленными, причем частота в 50 Hz имеет наиболее большую амплитуду по сравнению с остальными частотами. Проведя удаление частот от 49.5 до 51.5 Hz, снова построим частотный спектр (рис.5):

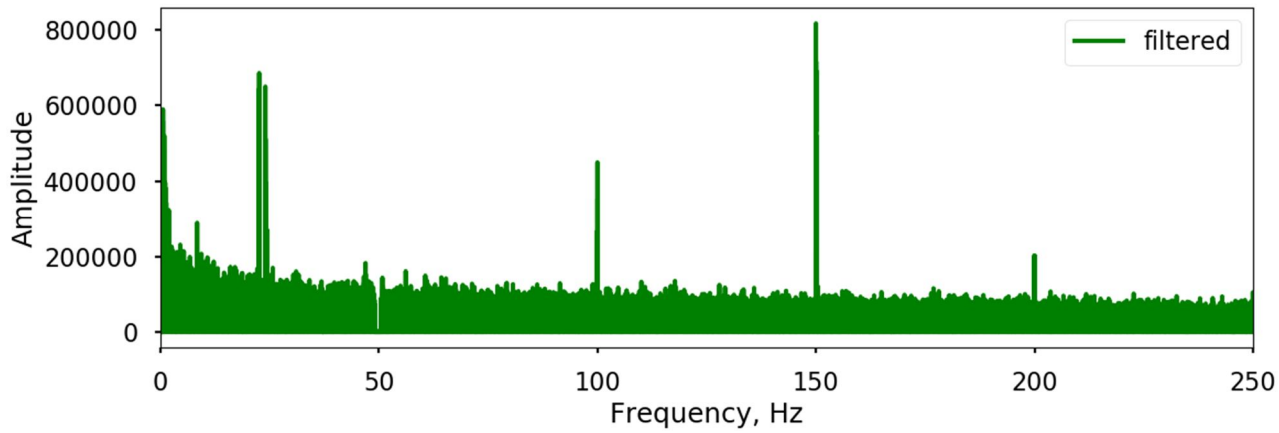
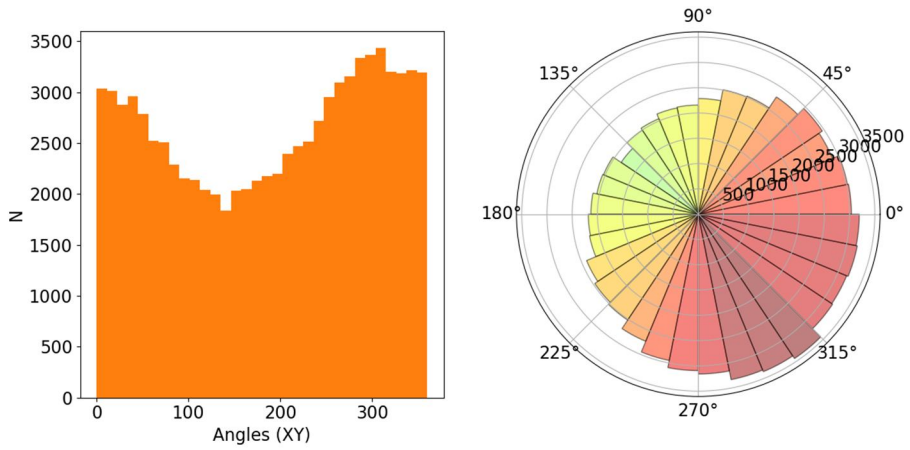


Рисунок 6 – Спектр частот сигнала с удаленной частотой 50 Hz

Проведя фильтрацию записи геоакустического сигнала и убедившись, что данная паразитная частота отсутствует в спектре, построим снова столбчатую гистограмму распределения и диаграмму направленности (рис.7):



а б

Рисунок 7 – а) - гистограмма распределения, б) - диаграмма направленности

Построенные диаграммы (рис.7) показывают, что после удаления паразитной частоты из записи значения углов имеет более равномерное распределение. Некоторая дисперсия равномерного распределения обусловлена перепадом высот между исходной точкой генерации сигнала и геофона. Так же возможны искажения вследствие неоднородности массива коренной породы, в объеме которого передается сигнал, а также эффекты за счет реверберации.

Выводы. Проведенный анализ записи геоакустического сигнала показал, что предложенный алгоритм обработки временных рядов геоакустического отклика, основанный на анализе X, Y, Z компонент геофона позволяет выявить дополнительные частоты, присутствующие в записи. Помимо этого, данный алгоритм позволяет производить оценку направленности геоакустических сигналов, используя построение в виде круговых диаграмм. Учитывая полученные результаты, данную методику обработки данных геофона можно применять для определения преимущественных направлений прихода акустических откликов во время проведения электромагнитных зондирований земной коры с помощью электроразведочной генераторной установки (ЭРГУ-600-2).

Литература

1. Марапулец Ю.В., Шевцов Б.М. Мезомасштабная акустическая эмиссия. Владивосток: Дальнаука. 2012. 126 с.
2. Долгих Г.И., Купцов А.В., Ларионов И.А., Марапулец Ю.В., Швец В.А., Шевцов Б.М., Широков О.Н., Чупин В.А., Яковенко С.В. Деформационные и акустические предвестники землетрясений // ДАН. 2007. Т. 41. № 5. С. 96–100.
3. Марапулец Ю.В. Высокочастотный акустоэмиссионный эффект // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2015. № 1 (10). С. 44-53.
4. Беляков А.С., Николаев А.В. Сейсмоакустические приемники с магнитоупругим преобразованием // Физика Земли. 2003. № 7. С. 74-80.
5. Закупин А.С., Богомолов Л.М., Мубассарова В.А., Ильичев П.В. Сейсмоакустические проявления воздействий мощных импульсов тока по данным скважинных измерений на Бишкекском геодинамическом полигоне // Физика земли. 2014. № 5. С. 105–120.
6. Геоакустика - технические характеристики сейсмоприемников. URL: http://geophone.narod.ru/TTX/ttx.html

УДК 553.98:551.31(575.16/.192)

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЧАРДЖОУСКОЙ СТУПЕНИ БУХАРО-ХИВИНСКОГО РЕГИОНА

Юлдашев Н.Н.
Yuldashev_nn@mail.ru
Институт геологии и разработки нефтяных и газовых месторождений,
г. Ташкент, Республика Узбекистан.

В статье рассматривается перспективность терригенных юрских отложений в центральной части Чарджоуской тектонической ступени Бухаро-Хивинского нефтегазоносного региона.

Ключевые слова: породы юрского возраста, фация, терригенные отложения, нефть, газ, бурение, геофизика.

Бухаро-Хивинский нефтегазоносный регион (БХНГР) является и остается традиционно - главным регионом добычи нефти и газа в Республике Узбекистан. В этом регионе верхнеюрские карбонатные отложения до сих пор рассматриваются в качестве главного поискового объекта с большой степенью опоискованности геофизическими методами и глубоким бурением. Несмотря на продолжение поискового и разведочного бурения, эффективность их постоянно снижается. Основная причина этого - достаточно большое исчерпание фонда нефтегазовых резервуаров, приуроченных к юрским карбонатным отложениям с большими запасами углеводородного (УВ) сырья. В этих условиях интенсивное наращивание ресурсной газонефтяной базы, может быть обеспечено как открытием новых месторождений, так и эффективной разведкой существующих, особенно в районах со сложным структурно-тектоническим и литологическим строением.

До настоящего времени недостаточно изучены модели и масштабы нефтегазоносности нижне-среднеюрских отложений, поэтому терригенная формация юры, несмотря на выявление в ней промышленных запасов бессернистого газа, остается второстепенным объектом.

Как показал опыт зарубежных геологов-нефтяников: теоретические исследования и производственная практика геологоразведочных работ на нефть и газ, ориентированные на поиски месторождений нефти и газа, связаны в первую очередь с поисками антиклинальных структур и, как показывает практика геологоразведочных работ данный этап является всего лишь первой стадией изучения нефтегазоносности перспективных территорий [1].

На Чарджоуской ступени БХНГР за последние 40 лет были получены промышленные притоки УВ из терригенных отложений средней и нижней юры (месторождения Кульбешкак, Гарбий Хаккуль, Чаккакум, Уртабулак, Матонат, Дивалкак и др.), причём большинство месторождений открыты за последние 15 лет. Данный факт свидетельствует о больших возможностях установления перспективных объектов в юрских терригенных отложениях, в том числе и в центральной части Чарджоуской ступени, где были открыты крупные по запасам месторождения в карбонатных отложениях юрского возраста (Алан, Зеварды, Кокдумалак, Култак и др.) [2].

При этом определяющими факторами, способствовавшими возникновению неантиклинальных ловушек в нижне-среднеюрских отложениях, следует считать рельеф эрозионно-тектонической поверхности складчатого основания [3], а также наличие широкой сети разрывных нарушений, для которых нижне-среднеюрское время соответствует одному из этапов наиболее активного их развития. Сложный рельеф палеозойских отложений, характеризующийся разломно-блоковым строением [4] обусловил формирование многочисленных зон литолого-стратиграфического выклинивания отдельных секций разреза юрских терригенных отложений, как в региональном плане, так и в контуре локальных поднятий.

В ходе проведенных исследований осуществлён анализ материалов бурения и опробования

юрской терригенной формации (ТФ) в целях изучения состояния поисково-разведочных работ в пределах центральной части Чарджоуской ступени. Терригенная формация юрского возраста на исследуемой территории опоискована на 16 структурах. Общее количество пробуренных скважин, вскрывших терригенную формацию на изучаемой территории составляет 61, из них только 5 (Вост. Денгизкуль 1П, Сардоб 7, Уртабулак 100, 102 и Кокдумалак 15) вскрыли на максимально полную мощность терригенные отложения юрского возраста. Из 61 скважин в процессе бурения и испытания, на пяти площадях – Уртабулак (№100, 102), Байширин (№1), Джиликая (№1), Узунчак (№1, 2), и Вост. Денгизкуль (№1П) были зафиксированы слабые и небольшие промышленные газопроявления.

Для территории центральной части Чарджоуской ступени была построена структурная карта кровли терригенной формации (рис.1).



Рисунок 1 – Структурная карта по кровле отложений терригенной юры

В результате проведенных исследований, с учётом данных бурения скважин, а также полученных материалов сейсморазведки МОГТ 2D и 3D уточнены и построены структурные планы по отражающему горизонту T_7 всех объектов, в пределах проведенных исследований, месторождения - Умид, Уртабулак, Джарчи, Северный Уртабулак, Южный Уртабулак, Чегара, Сардоб, Марковское (Жейнов) и др.

При этом установлено, что первоочередными и наиболее перспективными направлениями поисковых работ по обнаружению ловушек неантиклинального типа следует считать:

1) выделение, оконтуривание и детальное изучение площадей, в контуре которых предполагается литолого-стратиграфическое выклинивание;
2) трассирование выявленных разрывных нарушений с целью выделения участков с тектоническим экранированием;
3) вскрытие на полную мощность и тщательное опробование отложений терригенной юры в контуре локальных структур, вводимых в разведку, с задачей обнаружения структурно-литологических (комбинированных) ловушек.

Согласно построеной карте выделены участки, представляющие наибольший интерес в нефтегазоперспективном отношении:

- антиклинальные ловушки на площадях Уртабулак, Сев. Уртабулак, Марковское (Жейнов), Джарчи, Янги Умид, Зап. Чегара и др.;
- литологические замещения на площадях; Байширин, Сардоб;
- клиноформы на территории севернее площадей Южный Уртабулак, Северная Чегара, Южный Умид, восточнее площадей Умид и Жейнов (Марковское).

Литература

1. Алексин А.Г., Хромов В.Т. Поиски залежей нефти и газа в ловушках неантиклинального типа. М.: Наука. 1985. 200 с.
2. Киршин А.В., Мухутдинов Н.У., Юлдашев Н.Н. Возможности объёмной сейсморазведки МОГТ–3Д в прогнозе свойств углеводородонасыщенных резервуаров в терригенных отложениях // Интеграция науки и производства в целях повышения эффективности ГРР на нефть и газ в Узбекистане (Акрамходжаевские чтения). Ташкент. 2007.
3. Эгамбердыев М.Э., Байкабилов И.Т. и др. Терригенно-минералогические ассоциации, зоны и провинции юры Южного Узбекистана // Нефтегазовая геология и вопросы прироста запасов углеводородов в Узбекистане. Науч. тр. Ташкент: ИГИРНИГМ. 1996. С. 211–223.
4. Бабаджанов Т.Л. Абдуллаев Г.С. и др. Особенности строения и нефтегазовые перспективы доюрского комплекса пород Бухаро-Хивинского региона (Западный Узбекистан). Ташкент: Solar Colorit TM. 2009.

УДК 550.343

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ СЕЙСМИЧНОСТИ В РАЗНОРАНГОВЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ

Юсупов В.Р.
valijon.yusupov@mail.ru
Институт сейсмологии Академии наук Республики Узбекистан,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

В статье исследованы разноранговые особенности проявления сейсмичности и взаимосвязь между глобальными, региональными и локальными сейсмическими процессами.

Ключевые слова: землетрясения, геотектонические структуры, континенты, горные хребты, глубинные разломы, сейсмогенные зоны.

В настоящее время оценка сейсмической опасности и прогнозирования землетрясений является одной из значимых проблем мирового масштаба. В том числе в развитых странах мира продолжаются исследования, необходимые для разработки подходов по решению сложных задач по прогнозированию землетрясений, по выявлению предвестников землетрясений.

Модернизация вероятностных методов оценки сейсмической опасности является приоритетным направлением исследований, уделяется особое внимание выявлению особенностей проявления предвестников землетрясений в разных сейсмотектонических условиях.

В сейсмологии до настоящего времени весьма актуальным, но сложным и малоисследованным остается выяснение связи между разно-ранговыми сейсмическими процессами. В существующих моделях подготовка землетрясения рассматривается как исключительно локальный процесс. С другой стороны, проявление сейсмичности в каждом геотектоническом ранге исследуется в отдельности. Вопросам взаимосвязи локальных, региональных и глобальных процессов уделяется мало внимания. Однако многие факты указывают на наличие связи между разно-ранговыми процессами. Поэтому исследование возможной связи между разно-ранговыми сейсмическими процессами является исключительно важным и актуальным.

Целью настоящей статьи является исследование особенностей проявления сейсмичности в разно-ранговых геоструктурах, выяснение взаимосвязи между глобальными, региональными и локальными сейсмическими процессами.

При исследовании полей тектонических напряжений в очагах сильных землетрясений обнаружено, что типы смещений в них имеют характер взбросовый, взбросово-сдвиговый, но с различной ориентацией плоскости разрыва на различных глубинах. Это свидетельствуют о сложном проявлении новейших деформаций земной коры, отличающихся различными механизмами в пределах разных по глубине этажей и разнообразных по характерам воздействий этих механизмов, что в значительной мере предопределило историкогеологические особенности развития изучаемом территории. Сейсмичность ее, в общих чертах, соответствует выявленной структурной обстановке. Она обусловлена скоростью, интенсивностью дифференцированных контрастных тектонических движений.

Земля, по мнению многих ученых (Магницкий, Хаин, Уломов, Моги, Рикитаки, Абдуллабеков, Далимов, Троицкий и др.), представляет собой единую гигантскую систему напряжений. Изменение напряженного состояния в одном месте влечет за собой перераспределение упругих напряжений в других. Об этом свидетельствуют многие факторы. Например, на основании статистического анализа данных о сильнейших землетрясениях с

M≥8, происшедших на земном шаре, Н.Беньофф (Магницкий, 1965) установил, что сейсмическая активность Земли проявляется циклами и что существуют отдельные годы активных вспышек сейсмической энергии. Такая цикличность, по мнению В.А.Магницкого, не случайна и указывает на то, что сильнейшие землетрясения не являются независимыми. Несмотря на то, что отдельные землетрясения локальны, они все же связаны с общепланетарными событиями. Известны многочисленные случаи (например, Ботт, 1968), когда в одном месте происходит сильное землетрясение, в других частях планеты наступает затишье. Этот факт в последние годы подтвердился также в периоды сильнейших землетрясений с магнитудой M=9 26 декабря 2004 года в Суматре, 11 марта 2011 года в Японии и других местах. Обычно перед сильнейшими землетрясениями в каком-либо регионе земного шара за 7-8 дней до землетрясения и после него наблюдается глобальное сейсмическое затишье [4, 5].

Пространственные размеры геотектонических структур весьма различны - от десятков и сотен километров до размеров крупных тектонических единиц - платформы, геосинклинальные области, континенты, океаны и т.д. (Хаин, 1973; Садовский. 1979; Головков и др., 1990; и др.). Глубинные тектонические структуры охватывают глубины от земной коры и верхней мантии до 700 км, т.е. всю тектоносферу. Глубинным структурам, по-видимому, присущи свои пространственные размеры и характерные времена. С увеличением глубинности растут масштабность, и продолжительность развития во времени. По размерам и длительности развития эти структуры В.Е.Хаин (1973, стр.313) [12] разделяет на четыре ранга:

Структурными элементами литосферы первого порядка являются континенты и океаны ($L \geq n*1000$ км, где L-характерный линейный размер структуры).

К структурным элементам второго порядка отнесены мобильные геосинклинальные пояса и устойчивые глыбы (платформы, эпиплатформенные области, плиты). Они охватывают всю толщу земной коры. К этой группе структур могут быть отнесены, например, Тянь-Шань, Саяны, Срединно-Атлантический хребет и т.д. ($n*100 \leq L \leq n*1000$км).

Глубинными структурными элементами третьего порядка являются геосинклинальные системы (например, Большой Кавказ, Южный Тянь-Шань, Восточные Саяны и т.д.), срединные массивы (например, Закавказский, Ханкайский и т.д.), складчатые системы, межгорные, передовые, краевые прогибы, щиты, плиты и т.д.

Структуры третьего ранга служат составными частями структур второго порядка ($n * 10$км $\leq L \leq n * 100$км).

К структурам четвертого порядка относятся отдельные прогибы, складчатые системы (антиклинории, синклинории), плиты, платформы и т.д. ($L \leq n *10$ км).

Структуры первого и второго порядков охватывают почти всю тектоносферу и имеют глобальные и планетарные размеры, структуры третьего и четвертого порядков - всю толщину литосферы и имеют региональные размеры.

Таким образом, глубинные структуры имеют четкую иерархию пространственных размеров.

Геотектонические структуры, формируются сложными физико-химическими, механическими и другими процессами преимущественно внутреннего и частично внешнего происхождения. Поэтому сейсмическая активизация, являющаяся частью геотектонических процессов должна подчиняться пространственно - временным особенностям проявления тектонических процессов.

Исследованию распределения землетрясений в пространстве посвящены многочисленные работы (Вилькович, Кейлис-Борок и др. 1974; Ранцман, 1979; Чигарев, 1982; Абдуллабеков, 1989; Головков и др., 1990; Фридман, Брагин, 2005; Абдуллабеков и др.,2013 и др.) [1, 2, 3].

Для исследования пространственного распределения землетрясений группой авторов применены методы математической статистики (Вилькович, Кейлис-Борок и др., 1974; Нурматов,1984; Головков и др. 1990; Чигарев, 1982 и др.).

Метод последовательного площадного осреднения основан на последовательной фильтрации пространственного распределения событий с помощью различных по размерам двумерных фильтров. Пространственные характеристики сейсмической активности имеют иерархическую структуру. Нурматовым У.А. (1984) и другими выделено пять характерных размеров от сейсмозоны до всей поверхности Земли: 1-4.104 км; 2-2000-4000 км; 3-800-1000 км; 4-150-250 км; 5-30-40 км.

Как видно, характерные линейные размеры тектонических процессов и сейсмической активизации являются следствием интенсивности проявления упругих напряжений. Однако следует отметить, что вышеприведенные ранги выделены на основании площадного распределения очагов землетрясений без учета магнитуды землетрясений.

Прогноз землетрясений – наиболее сложная проблема сейсмологической науки. Она охватывает круг вопросов связанных с динамикой сейсмотектонических процессов и развитием их во времени и пространстве. Информация о механизме основана на изучении и анализа сейсмичности и сейсмотектонических данных. Существуют разные точки зрения на счет механизма возникновения сейсмических событий. Одна группа исследователей придерживается мнения о том, что землетрясение – продукт медленного процесса накопления упругих напряжений в массивах горных пород и мгновенного высвобождения их вследствие разрушения породы, когда напряжение достигает ее предел прочности. Обязательным следствием процесса при таком механизме является образование новых разрывов в земной коре. Другая группа исследователей считает, что сильные землетрясения связаны с процессами, проходящими на местах пересечения разноранговых разрывов земной коры. Согласно этому механизму в процессе движения блоков земной коры по разлому на участках их соприкосновения и столкновения образуется зацеп, который способствует накоплению напряжений за счет деформаций. Когда накопленная напряжения достигает предела прочности породы, происходит их разрядка в виде землетрясений. В результате этого механизма, основная масса землетрясений пространственно должна приурочиваться к местам пересечения разломов. Однако, даже визуальной наблюдение карт эпицентров сейсмических толчков показывает, что оба вышеприведенных механизма неспособны в полной мере объяснить реальную картину пространственного распределения сильных землетрясений. При этом, как показала практика, места пересечения разломов находится на много выше от очагов землетрясений, в частности и в эпицентральной зоне. Учитывая морфологию активных разломов по глубине гипоцентры очаговых зон располагаются вне их пересечений. Они располагаются в пересечении при идеально ортогональном геометрическом расположении разломов [6-8].

А таковых в природе практически нет. Как нам кажется, это результат взаимодействия региональных и локальных полей напряжений, возникших на разных глубинах активизированных разломов, в зависимости от характера морфологии и скорости деформации.

В принципе, иерархия распределения территорий на основании магнитуды происходящих землетрясений должна соответствовать площадному распределению сейсмичности. Но они несколько отличаются друг от друга. Ниже приведем иерархию распределения территорий исходя из магнитуды землетрясений.

Первый ранг. Вся планета Земля. Линейный размер (диаметр) 40000км. Максимальная глубина (радиус) 6370 км. Планета Земля вращается вокруг Солнца со скоростью около 30 км/с и вокруг своей оси со скоростью 462.9 м/с.

Второй ранг. Ориентировочные размеры 10-15 тыс. километров. В среднем 12.5 тыс. км. Эти размеры соответствуют крупным литосферным тектоническим плитам - Тихоокеанская, Африканская, Индо-Австралийская. Евразийская и т.д. На границах этих литосферных плит возможны сильнейшие землетрясения с магнитудой (M = 8.25) и выше (рис.1).

К таковым относятся землетрясения: Чилийское 1960 г (M=8,8); Аляскинское 1964 г (M-8,8); 26 декабря 2004 г. в ЮВ части Азии вблизи острова Суматра (M=9); 11 марта 2011 г. в Японии (M= 9.0); и т.д.

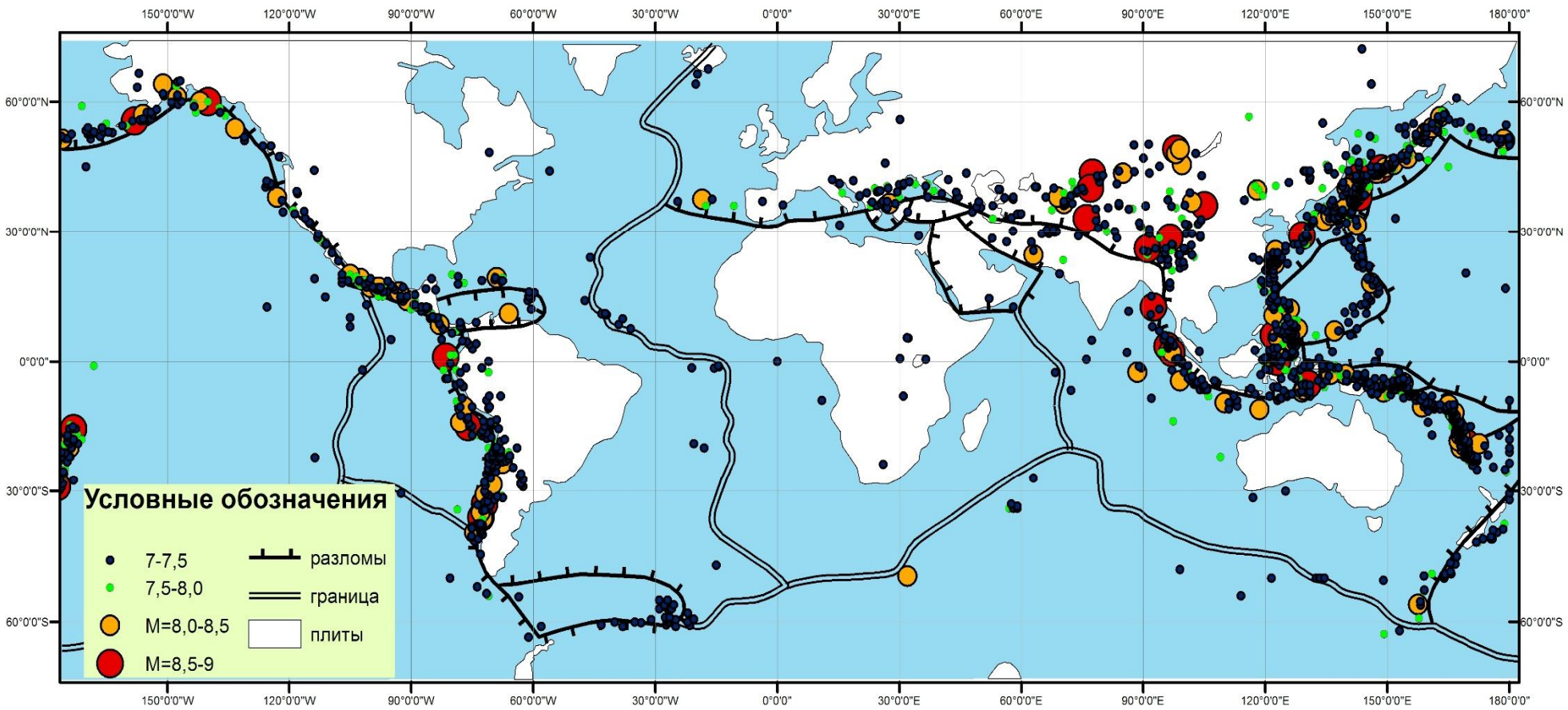


Рисунок 1 – Эпицентры сильнейших землетрясений с магнитудой M=7 и выше

Третий ранг. К нему относятся, по-видимому, регионы, сочленения крупных литосферных плит. Линейные размеры около 4 тыс. километров. Например, в Центрально-Азиатском регионе сейсмический пояс проходит через территории Ирана, Афганистана и далее в Южном направлении. С севера он охватывает Памиро-Гиндукушскую зону и Тянь-Шань. На юге протягивается до Центральной Индии. Ширина зоны 3-4 тыс километров. Линейный размер в 2-3 раза больше. Здесь Индийская плита надвигается на Евразийскую и регион находится в крайне напряженном состоянии. Здесь возможны землетрясения с магнитудой 7,25 ≤M ≤8,25 (рис.2).

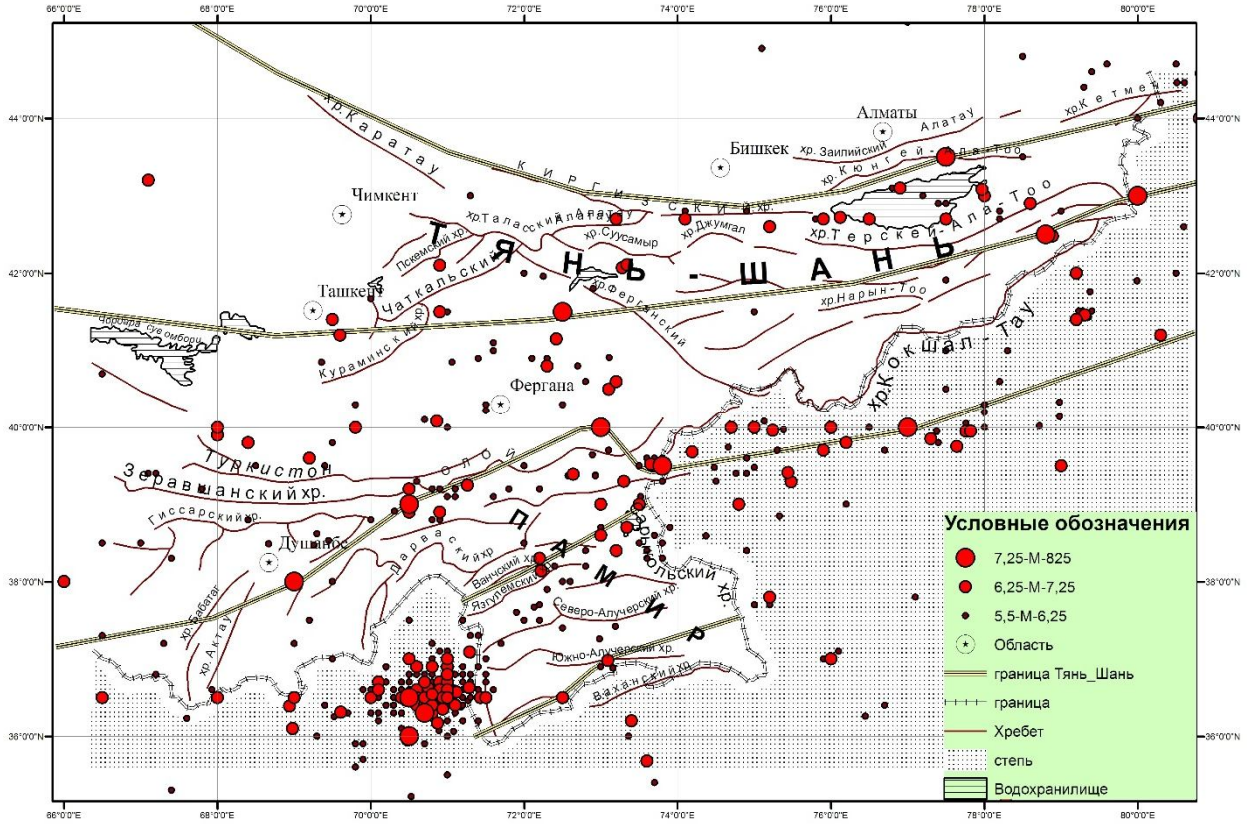


Рисунок 2 – Фрагмент тектонической карты Евразии и эпицентры сильных землетрясений Центральной Азии (M=7.25-8.25)

Сейсмическая активизация проявляется в Южном и Северном Тянь-Шане синхронно. Это является доказательством морфологической единственности Тянь-Шаня. (Абдуллабеков, Усманова,2003) Активизации наблюдались в 1897-1916, 1934-1951, 1971-1988 гг. Очередная активизация началась в 1998 г и она по - видимому продлится до 2017- 2018 годов. Значит, сильные землетрясения Тянь-Шаня и Памира (с M=7,25÷8,25) проявляются цикличностью около 35 лет. Циклы активизации сейсмичности Тянь-Шаня происходят синхронно с сильнейшими землетрясениями между Индийской и Евразийской плитами. [10, 11]

Таким образом, сильнейшие землетрясения Центральной Азии с M= 7.25-8.25 приурочены к геотектоническим структурам третьего ранга (Тянъ-Шан , Памир, границы между Индо-Австралийской и Евроазиатской плитами) и проявляются цикличностью около 35 лет.

Четвертый ранг. объединяет систему нескольких горных хребтов. Морфометрически соответствуют частям горных стран. Например, Северный Тянь-Шань, Срединный Тянь-Шань, Южный Тянь-Шань, Северный Памир. Средний Памир, Южный Памир и т.д.

Пятый ранг. Линейные размеры около 120-140 км. Им соответствуют отдельные горные хребты, сейсмогенные зоны и т.д. Например, Чаткальский, Кураминский, Ферганский, Зерафшанский, Гиссарский и т.д.

Глубинные разломы проходят вдоль предгорных, высокоградиентных зон. Сейсмогенные зоны ориентированы вдоль тектонических структур и глубинных разломов. В этих сейсмотектонических зонах (Гиссар- Коокшальская, Туркестан_-Алайская, Куршабская, Южно- Ферганская, Северо- Ферганская, Каржантауская, Кызылкумская) выявлена 40-летняя цикличность проявления сильных землетрясений с М=7,25 и ниже (Ибрагимов, Абдуллабеков, 1974) [6].

Как видно из вышеприведенных фактов, проявление сейсмичности весьма сложное. К геотектоническим структурам 3-го ранга приурочены землетрясения с магнитудой М=7,25–8,25 проявляющиеся с цикличностью около 35 лет. В локальных сейсмотектонических зонах 5-го ранга происходят землетрясения с магнитудой М = 7,25 и ниже с периодичностью 40 лет. На геодинамических полигонах Узбекистана практически наблюдается суперпозиция разно-ранговых сейсмических процессов.

Оценена степень связи по магнитудного проявления землетрясений с величинами глобальных, региональных и локальных геотектонических структур. На основании полученных результатов рекомендовано проводить геофизические наблюдения на сейсмоактивных территориях, на сейсмогенных зонах и на границах крупных тектонических плит.

Литература

1. Абдуллабеков К.Н. Электромагнитные явления в земной коре. Ташкент: Фан. 1989. 232 с.
2. Абдуллабеков К.Н., Усманова М.Т. Особенности проявления сильных землетрясений во времени и пространстве // ДАН РУз. 2003. № 3. С. 60-64.
3. Абдуллабеков К.Н., Усманова М.Т., Муминов М.Ю., Нурматов У.А. Пространственно-временная динамика проявления сильных землетрясений Западного Тянь-Шаня // Eighth International Symposium on Tianshan Earthquakes. Collection of Paper abstracts. Urumqi. China. Sept. 23-26, 2013. С. 201.
4. Головков В.П., Нурматов У.А., Нормирзаев Ф. Современные движения земной коры и сейсмичность. Ташкент: Фан. 1990. 180 с.
5. Далимов Т.Н., Троицкий В.И. Эволюционная геология. Ташкент: Университет. 2005. 584 с.
6. Ибрагимов Р.Н., Абдуллабеков К.И. О периодичности сильных землетрясений Западного Тянь-Шаня // Узб. геол. журн. 1974. № 4. С. 42-45.
7. Магницкий В.А. Внутреннее строение и Физика Земли. М.: Недра. 1965. 279 с.
8. Ранцман Е.Я. Места землетрясений и морфоструктура горных стран. М.: Наука. 1979. 171 с.
9. Рикитаке Т. Предсказание землетрясений. М.: Мир. 1979. 385 с.
10. Садовский М.А. Естественная кусковатость горных пород // ДАН СССР. 1979. Т. 247. № 4. С. 829-831.
11. Фридман А.М., Брагин В.Д. О связи глобальной и локальной сейсмической активности // Физика Земли. 2005. № 9. С. 54-57.
12. Хаин В.Е. Общая геотектоника. М.: Недра. 1973. 511 с.

Природные и техногенные опасности

УДК 551.3:550.3(575.1)

РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОЧАГОВ СЛАБЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ ГИССАРАКСКОГО И ТУПАЛАНГСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ ЮЖНОГО УЗБЕКИСТАНА

Артиков Ф.Р., Хамидов Л.А., Ганиева Б.Р.
farhadbek_uz@mail.ru, hamidov_l@inbox.uz, barno.rustamovna@mail.ru
Институт сейсмологии Академии наук Республики Узбекистан,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

В работе представлены результаты построения распределения очагов слабых землетрясений в ближней зоне Гиссаракского и Тупалангского водохранилищ Узбекистана.
За последний период в районах Гиссаракского и Тупалангского водохранилищ выявлено увеличение количества землетрясений с К□8 и скопление их очагов в локальных зонах местных разломов. Для слабых землетрясений в радиусе до 100 км от створа плотин представлены условия распределения землетрясений на примере составленных местных каталогов. Имеется предположение, что при проявлении слабой сейсмичности в исследуемых районах в период максимального заполнения водохранилищ наблюдается увеличение количества слабых местных землетрясений.

Ключевые слова: распределение очагов, зоны водохранилищ, система сейсмического мониторинга, местный каталог, магнитуда.

Из исследований вариации параметров графика повторяемости, изменений угла наклона повторяемости, сейсмической активности, изменений максимума энергетических классов в районах водохранилищ Южного Узбекистана, которые рассчитаны по представительным сейсмологическим данным, следует, что вероятность существования признаков техногенного влияния на геодинамику местности и фоновую сейсмичность региона достаточно высока [1,2,3]. Поэтому чтобы выделить локальную техногенную часть из общей фоновой сейсмичности, требуется выявить распределение слабых землетрясений в ближних зонах техногенных объектов [1,2,4].

Исследования случаев возбужденных землетрясений, вызванных эксплуатацией водохранилищ, изложенные в работах [2,4,5,6], позволили установить ряд эмпирических обобщений с учетом разнообразия условий геологического строения различных водохранилищ Южного Узбекистана. Большинство эпицентров группируются в зоны, контролируемые структурными особенностями конкретного района: распределением разломов, зон трещиноватости, простиранием структур и т.п. [5,6]. Специфичность в изучении влияния техногенного фактора на сейсмичность заключается в том, что требуется разбивка локальной сейсмической сети в районе каждого объекта с целью регистрации местных землетрясений включая слабые. Существующая региональная сеть сейсмических станций Республики Узбекистан позволяет получать данные о землетрясениях $K \geq 9$, где K - энергетический класс. Чтобы получить важную информацию необходимо добиться регистрации землетрясений меньших энергетических классов (хотя бы от $K \geq 7$) в районах расположения техногенных объектов. С другой стороны необходимо учесть, что определение вариации сейсмической активности A_{10} и наклона графика повторяемости □ основано на повторяемости землетрясений, как фундаментальном свойстве сейсмического процесса. Их использование связано, в частности, с наблюдаемым иногда уменьшением наклона графика повторяемости перед сильными событиями [2,6].

Наклон графика повторяемости рассчитывается исходя из непрерывного экспоненциального распределения землетрясений по классам.

В настоящее время вокруг Гиссаракского и Тупалангского водохранилищ Южного Узбекистана нами разбита сеть локальных и региональных сейсмических станций для обеспечения регистрации землетрясений с энергетическими классами $K \geq 7$ [7]. Выполняя текущую работу, мы модернизировали систему слежения за местными землетрясениями и организовали нестационарные и стационарные цифровые наблюдения за локальной сейсмичностью в зонах указанных водохранилищ. В результате были пополнены местные каталоги землетрясений, организована база волновых форм и обеспечена обработка сейсмометрической информации [7,8].

Гиссаракское водохранилище (Кашкадарьинская область) находится в среднем течении реки Аксу, берущей своё начало в горах на северных склонах Гиссарских горных систем. Долина реки, где расположено водохранилище, характеризуется крутыми бортами, большими уклонами русел, сравнительно малым сохранением террасовых поверхностей, слабым распространением молодых четвертичных отложений [8,9].

Исторически известно, что в радиусе до 100 км вокруг Гиссаракского водохранилища происходили сильные и разрушительные землетрясения, такие как Каратагское 1907 года силой 9-10 баллов по шкале MSK (магнитуда M=7.3; эпицентр расположен в 70 км), Байсунское 1935 года силой 8-9 баллов (в 40-60км к югу от водохранилища, с M=6.2) и Чуянчинское 1911 года силой 8 баллов (в 90-100км к востоку от водохранилища, с M=6.1). Сейсмические исследования, проведенные ранее в период 1973-1981 годов и в последующие годы показали, что территория Южного Узбекистана характеризуется высокой сейсмичностью, где могут происходить землетрясения силой 8 баллов ($M \geq 7$) [9].

В зоне водохранилища работает восемь измерительных точек. В непрерывном режиме эксплуатируется совместно работающая система сейсмических каналов CPC-KM/V-F (короткопериодная, модернизированная, регистрация скорости, съемная флеш-память) [1,9]. Потребление энергии – 60 WA. В энергонезависимом режиме система способна работать до пяти часов. Сейсмическая станция на основании плотины находилась в режиме непрерывной записи. С помощью 24 приемников составлена база цифровых записей. Основная станция находилась в штольне в 0.5 км от плотины и тоже работала в непрерывном режиме. Отдельные записи в период вегетации (июнь-июль 2014 и 2015гг) проведены по левому борту чаши водохранилища и плотины. Так же две измерительные точки работали в режиме локализации местных колебаний. Произведено более 450 записей, из которых 34 относились к высокочастотным колебаниям от землетрясений. Синхронная запись проведена на гребне плотины и в зоне начала входа воды в водохранилище (12 км от створа плотины). Вариация двух нестационарных измерительных точек, с переводом по установленной временной шкале и профилям правого борта чаши, проведена с включением выше отмеченных стационарных станций в обработку.

Инженерно-сейсмометрические оценки по временной схеме определены цифровыми записями относительно с/с Шабада (3 км от створа). При переходе на нестационарную схему инженерных сейсмометрических наблюдений количество измерительных точек с дискретизацией увеличено

- от 2 до 3 для локации очень близких землетрясений (высокочастотные);
- от 4 до 6 для средних расстояний от очага до створа плотины (среднечастотные);
- до 8 трехканальных для далеких транзитных землетрясений (низкочастотные).

Для характеристики распределения землетрясений в ближней зоне водохранилища предварительно определены параметры сейсмических источников: время в очаге, координаты эпицентров, глубины гипоцентров и магнитуды, а так же был пополнен местный каталог о землетрясениях в ближних зонах Гиссаракского водохранилища. В качестве примера на рис.1 и в таблице 1 показана часть Каталога землетрясений в радиусе до 100 км от створа Гиссаракского водохранилища за 2017 год.

Таблица 1 – Каталог землетрясений, произошедших на территории Узбекистана в радиусе до 100 км от Гиссаракского водохранилища в 2017 году

№	Дата	Время, GR	Широта φ	Долгота λ	Класс, K	Направление	R, км.
1	02.01.2017	12:46	39,50	67,73	7	СВ	45
2	02.01.2017	12:43	39,38	67,65	7,1	СВ	48
3	03.01.2017	12:54	39,45	67,70	7	СВ	57
6	07.01.2017	07:44	39,34	67,74	7	В-СВ	52
7	22.01.2017	03:22	40,17	68,02	7,8	СВ	100
8	27.01.2017	13:02	40,00	67,46	7	СВ	48
9	03.02.2017	13:14	39,46	67,72	7,5	СВ	58
10	06.02.2017	12:11	39,36	67,72	9,2	СВ	50
11	11.02.2017	13:15	39,40	67,74	7	СВ	55
12	13.02.2017	19:12	40,37	67,07	7	С	100
13	15.02.2017	13:20	39,73	67,25	7	С	55
17	08.03.2017	22:05	38,93	66,21	7,4	ЮВ	65
18	11.03.2017	07:52	38,78	67,67	7,6	ЮВ	45
20	21.03.2017	08:39	39,45	67,62	7,3	СВ	45
21	23.03.2017	13:22	39,55	67,21	7	СВ	58
23	29.03.2017	08:09	39,88	67,09	7,3	С	65
24	31.03.2017	01:22	39,94	67,77	7	СВ	85
25	12.04.2017	07:37	38,54	67,73	7,4	ЮВ	60
26	15.04.2017	18:25	38,88	67,74	11,1	ЮВ	45
27	16.04.2017	01:57	39,41	67,22	7,8	С	30
28	19.04.2017	18:20	39,52	67,25	7,1	С	38
29	26.04.2017	07:41	39,58	67,53	7,1	СВ	45
30	28.04.2017	13:58	39,54	67,61	7,1	СВ	50
31	30.04.2017	12:54	39,45	68,08	7	СВ	75
32	10.05.2017	13:30	39,41	67,77	7,4	СВ	45
33	29.05.2017	17:37	39,15	67,95	7	В	50
34	01.06.2017	07:42	39,23	67,72	7,2	В	45
37	27.06.2017	07:33	39,71	67,65	7,4	СВ	65
40	02.08.2017	13:35	39,72	67,41	7,2	С	55
41	02.08.2017	13:23	39,58	67,37	7,2	С	40
43	07.08.2017	22:15	39,23	67,85	7,6	В	60
44	07.08.2017	21:05	38,61	67,67	7,7	ЮВ	75
47	02.09.2017	01:47	39,81	67,72	7,2	С	85
48	29.09.2017	14:38	39,78	67,68	7,2	СВ	100
49	30.09.2017	03:16	39,96	67,92	9	СВ	100
50	21.10.2017	08:36	39,38	67,56	7,5	С	45
51	26.10.2017	01:14	39,47	67,57	7,4	СВ	60
53	09.11.2017	13:52	39,07	67,21	7	Ю	2
56	30.11.2017	09:20	39,11	67,84	7,6	В	50
57	11.12.2017	10:24	40,12	68,03	10	С	80
58	22.12.2017	10:26	38,39	68,12	8	Ю	80
59	26.12.2017	22:07	38,11	68,68	7	ЮВ	100
60	31.12.2017	18:50	39,88	67,81	7,2	С	90

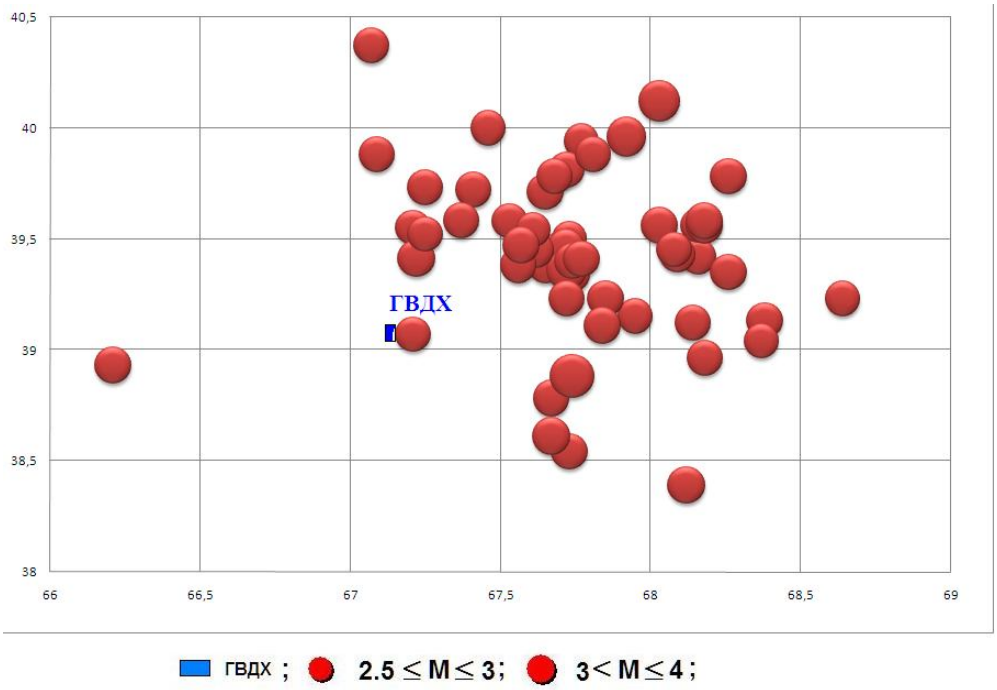


Рисунок 1 – Распределение мелко фокусных коровых землетрясений в ближней зоне Гиссаракского водохранилища: ГВДХ - Гиссаракское водохранилище, *M* – магнитуда землетрясений

На основе распределения землетрясений, оценки их параметров (сейсмической активности, максимальной магнитуды землетрясения) можно контурами выделить потенциально сейсмические зоны и оценить уровень сейсмического риска. В мониторинг параметров сейсмичности на локальных участках и ближних зонах Гиссаракского водохранилища включены: оценка уровня региональной сейсмичности по действующей шкале; построение схем площадного распределения местных и региональных землетрясений; активность A_{10}; наклон графика повторяемости землетрясений.

В районе водохранилища наблюдается увеличение количества слабых толчков, которые в период максимального заполнения резко увеличиваются. Происходит активизация местных слабых землетрясений.

Воздействие водохранилища проявляется в нарушении естественного фонового порядка разрядки напряжений, накопленных в земной коре района, в перераспределении компонент полей напряжений, в изменении периода повторяемости землетрясений различных классов.

Тупалангское водохранилище расположено в южной части Гиссарского горного хребта в ближней зоне Южно Тянь-Шанского разлома и в переходной зоне к Памирскому оргену. Оно ограничено с запада хребтами Сурхантау и с востока Мачетли. Анализ сейсмических наблюдений, проведенные в период 1973-1981гг и в последующие годы показали, что территория характеризуется высокой сейсмичностью, где могут происходить землетрясения силой 9 баллов (M□7). Исследованиями на территориях водохранилищ установлено, что землетрясения силой 7, 8 и 9 баллов (M□5) имеют тенденцию повторения один раз в 300 лет, 1000 лет и 4000 лет. Створ плотины расположен в зоне 8- и 9-балльной сейсмической интенсивности [6,8]. При изучении изменения максимальных сбросов напряжений на разных расстояниях при малом изменении усредненного объема водохранилища Тупаланг выявлено, что при падении уровня воды в водохранилище от 1,8 до 2,4 % количество землетрясений снижаются интенсивнее, чем при изменении стандартного объема от 0,5 до 1 %.

На рис.2 показано распределение землетрясений в радиусе 350 км от Тупалангского водохранилища и в таблице 2 представлен Каталог местных землетрясений в радиусе до 100 км для этого района за первые три квартала 2017 года (центр координат ТПЛ ВДХ: 38°37'2"N

67°48'35"E). Для сравнительного анализа в рис.3 показано распределение землетрясений в этой же зоне за первые два квартала 2015 года.

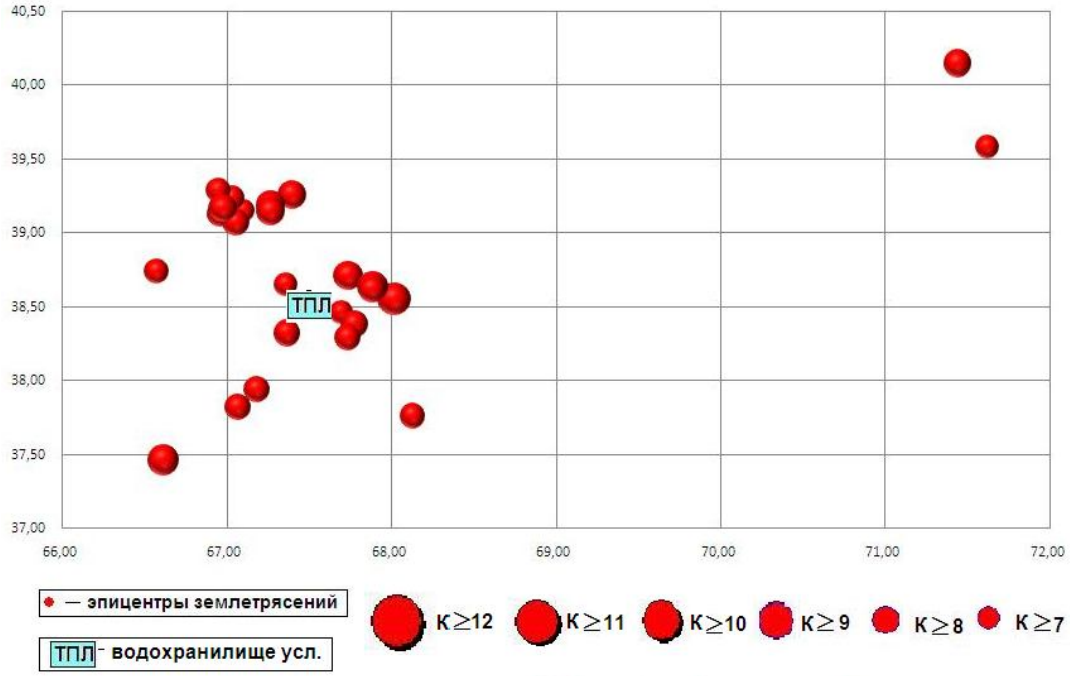


Рисунок 2 – Распределение землетрясений в радиусе 350 км от водохранилища Тупаланг в 2017 году

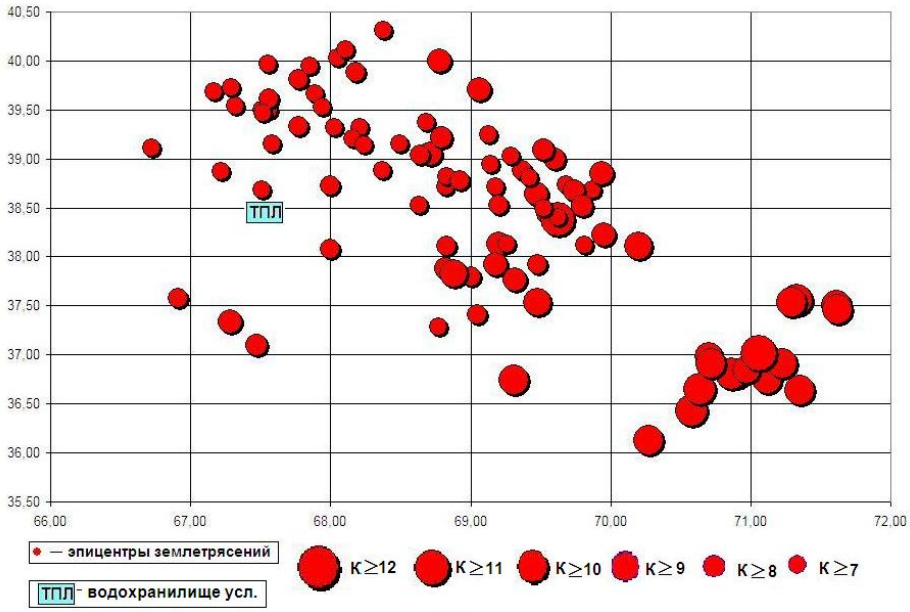


Рисунок 3 - Распределение землетрясений в радиусе 350 км от водохранилища Тупаланг в 2015 году до июля месяца

Землетрясения в районе Тупалангского водохранилища изучаются давно. Однако накопление систематических сведений о них начато лишь с открытием сети сейсмических станций.

Можно полагать, что увеличение γ связано с усилением слабой сейсмичности в области будущего сильного землетрясения, а последующее уменьшение вызвано объединением разрывов и образованием более крупных. Анализ значений наклона графика повторяемости γ показывает, что расхождение в значениях γ лежит в пределах ошибок. Это позволяет считать,

что до создания водохранилища в исследуемом районе среднее долговременное значение параметра γ графика повторяемости не изменялось существенно.

Таблица 2 – Каталог землетрясений в ближней зоне Тупалангского водохранилища с января по сентябрь 2017 года

Дата	Время возник, землетрясений ч.м.с.	Координаты		*H*, км	Ошибка невязки	*M*
		φ	λ			
04.01.2017	22.05:53,9	38,65	67,36	2	0.03	2,0
03.02.2017	14.17:48,6	39,15	67,11	20	0.07	1,7
11.02.2017	13.15:22,8	38,46	67,7	20	0.06	2,0
27.02.2017	11.16:31,1	37,46	66,62	2	0.05	3,7
26.03.2017	19.13:34,6	38,74	66,58	20	0.03	2,2
03.04.2017	16.43:34,4	39,26	67,4	27	0.1	2,9
03.04.2017	21.07:50,4	39,13	66,96	6	0.09	2,4
15.04.2017	17.35:50,0	38,71	67,74	3	0.01	3,2
15.04.2017	18.25:55,4	38,55	68,02	13	0.2	4,0
16.04.2017	01.57:26,3	38,64	67,89	8	0.01	3,4
17.04.2017	07.14:40,7	39,07	67,06	29	0.09	2,5
19.04.2017	18.20:16,0	39,19	67,27	12	0.01	3,2
05.05.2017	03.46:20.0	39,15	67,27	15	0.08	3,0
11.05.2017	06.57:11,0	37,94	67,19	15	0.007	2,5
14.06.2017	07.13:10.8	38,32	67,37	15	0.01	2,7
27.06.2017	10.21:07.5	37,82	67,07	6	0.004	2,6
01.07.2017	00.23:02.7	39,58	71,62	10	0.06	2,0
01.07.2017	07.40:12.1	38,62	67,89	2	0.05	2,8
30.07.2017	21.05:31.6	37,76	68,13	3	0.02	2,3
01.08.2017	04.01:49.5	39,24	67,04	18	0.03	2,3
07.08.2017	21.05:27.8	38,38	67,78	30	0.1	2,7
07.08.2017	22.15:23.3	38,29	67,74	30	0.07	2,5
01.09.2017	06.10.03.9	40,15	71,44	14	0.03	2,9
08.09.2017	10.59:45.8	39,29	66,95	3	0.02	2,2
28.09.2017	10.04:51.4	39,17	66,98	24	0.09	2,8

Последний период в районах Гиссарак и Тупаланг сопровождался увеличением землетрясений $K \geq 8$ и скоплением этих очагов в локальных зонах местных разломов. Анализ проявления слабой сейсмичности исследуемой площади показывает, что в период максимального заполнения водохранилищ наблюдается увеличение количества слабых местных землетрясений в ближних к водохранилищам зонах. Энергетический класс слабых толчков примерно равен $K=7\div8$. В период эксплуатации большое количество очагов приурочено к мелким разломным зонам. В этих районах они распределены достаточно густо и имеют линейный характер миграции. В структурах северо-восточного простирания, особенно в период эксплуатации, очаги распределены наиболее плотно. Известно, что подготовка сильного тектонического землетрясения в районе водохранилищ характеризуется значимым уменьшением параметра γ [10]. Перед землетрясениями $M=4{,}04\div4{,}6$ уменьшение γ происходило на 16%, перед землетрясением $M=5{,}0$ уменьшение составляло 28%.

Сравнительный анализ распределения землетрясений в ближних зонах водохранилищ Гиссарак и Тупаланг Южного Узбекистана в 2015 и 2017 годах показал, что при проявлении

слабой сейсмичности в исследуемых районах в период максимального заполнения водохранилищ наблюдается увеличение количества слабых местных землетрясений. Строгость их группирования по определенным географическим направлениям вероятнее всего показывает, что они приурочены к мелким разломным зонам, возможно пересекающим и основания водохранилищ.

Литература

1. Khamidov L.A. Local Seismicity of Reservoir Areas Based on Digital Seismometric Observations // Problems of Cybernetics and Informatics. International Conference. Vol. III. Baku. Azerbaijan. 2012. Pp. 85-89.
2. Gupta H.K. A Review of Recent Studies of Triggered Earthquakes by Artificial Water Reservoirs with Special Emphasis on Earthquakes in Koyna // India. Earth-Science Reviews (58) (3–4) (2002). pp. 279–310.
3. Dams and development. The Report of the World Commission on Dams // EARTHSCAN. London and Sterling, VA. November 2000. P. 404.
4. Хамидов Л.А., Шукуров М.А. Локальная сейсмичность зоны деформационного влияния Гиссаракского водохранилища // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы III Междунар. сейсмологической школы. Кисловодск. 2008. С. 211-216.
5. Алимухамедов И.М., Шукуров З.Ф., Хамидов Х.Л., Зиёмов Б.З., Фахриддинов Ж.Ф. Показатели локальной геодинамической активности земной коры зон водохранилищ // Геология и минеральные ресурсы. Ташкент. 2014. № 3. С. 37-42.
6. Хамидов Л.А., Зияудинов Ф.Ф., Хамидов Х.Л., Артиков Ф.Р. Инженерные основы цифрового сейсмометрического наблюдения в зоне водохранилищ Узбекистана // Девятая междунар. науч.-практ. конф. по пробл. снижения природных опасностей и рисков «ГЕОРИСК – 2015». М.: Ин-т геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН. 2015. С. 534-540.
7. Хамидов Х.Л., Шукуров З.Ф., Зиёмов Б.З., Фахриддинов Ж.Ф. Геодинамические оценки параметров GPS съемок и смещений для сейсмических событий в Западном Тянь-Шане // Вестник Национального Университета РУз. Ташкент. 2014. № 3/1. С. 148-151.
8. Хамидов Х.Л., Артиков Ф.Р. Возникновение местных сейсмических событий под действием нагрузки от веса водохранилища // Современная техника и технологии в научных исследованиях. Материалы докл. VIII Междунар. молодежной конф. Бишкек. 2016. С. 271-272.
9. Зияудинов Ф.Ф., Хамидов Л.А., Артиков Ф.Р., Хамидов Х.Л., Фахриддинов Ж.Ф. Результаты инженерно-сейсмометрических наблюдений в зоне Гиссаракского водохранилища // Геология и минеральные ресурсы. 2016. № 5. С. 58-65.
10. Мячкин В.И., Костров Б.В., Соболев Г.А., Шамина О.Г. Лабораторные и теоретические исследования процесса подготовки землетрясений // Известия АН СССР. Сер. Физика земли. 1974. № 10. С. 10-18.

УДК 628.171.033

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДОЙ НАСЕЛЕНИЯ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Аскарбеков С.Н., Иманбеков С.Т., Аманбекова А.Д.
sultanaskarbekov@mail.ru
Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

В работе представлена ситуация с обеспечением питьевой водой населения республики, анализ стихийных бедствий, происходивших с 2000 по 2015 годы, приведены показатели причиненного экономического ущерба вследствие крупных землетрясений.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, землетрясения, питьевая вода, экономический ущерб, плотность населения, страхование.

Согласно Стратегии развития систем питьевого водоснабжения и водоотведения населенных пунктов Кыргызской Республики до 2026 года в 390 селах на территории КР отсутствует система водоснабжения, в 267 селах система водоснабжения построена до 1960 года, в 595 – до 1990 года [1]. Ежегодно доступ населения к системам водоснабжения сокращается на 1,5-2% из-за ухудшения технического состояния существующей инфраструктуры.

После ликвидации колхозов и совхозов сельские системы питьевого водоснабжения в течение более 10 лет находились в бесхозном положении, что в последующем привело к интенсивному ухудшению их технического состояния и полной остановке функционирования систем питьевого водоснабжения в большинстве сел республики.

Стратегия развития систем питьевого водоснабжения и водоотведения направлена на повышение обеспеченности населения питьевой водой нормативного качества, улучшения здоровья и качества жизни [1]. В рамках данной стратегии реализуются проекты по строительству и реабилитации систем водоснабжения в ряде населенных пунктов республики.

Индикаторами результативности мероприятий стратегии являются:

- обеспечение 90% населения в городской местности централизованной безопасной питьевой водой;
- обеспечение не менее 700 тыс. человек в сельской местности, централизованной безопасной питьевой водой;
- обеспечение 70% населения районных центров, имеющих статус села, услугами водоотведения;
- обеспечение требований санитарии и гигиены в школьных и дошкольных учреждениях;
- совершенствование нормативной правовой базы в секторе водоснабжения и водоотведения.

Для реализации мероприятий по развитию и строительству систем водоснабжения в населенных пунктах необходимы капитальные средства. Объем необходимых финансовых ресурсов в данном случае укрупнено представлен в таблице 1, в разрезе административно-территориальных единиц Кыргызской Республики. Согласно предварительной оценке предприятий по водоснабжению и водоотведению городов, объем требуемых инвестиций для реабилитации систем питьевого водоснабжения городов республики (за исключением городов Бишкек и Ош), превышает 9,79 млрд. сомов.

Таблица 1 – Объем требуемых инвестиций в строительство/реабилитацию систем питьевого водоснабжения сел до 2026 года

№	Наименование областей	Количество сел		Стоимость на 1 село (млн. сомов)	Общая сумма (млн. сомов)
		Всего	Требуются строительство и реабилитация до 2026 года		
1	Баткенская	191	61	20,9	1274,9
2	Джалал-Абадская	409	104	20,9	2173,6
3	Иссык-Кульская	176	55	20,9	1149,5
4	Нарынская	134	36	20,9	752,4
5	Ошская	474	93	20,9	1943,7
6	Таласская	90	25	20,9	522,5
7	Чуйская	331	51	20,9	1065,9
	Всего	1805	425	20,9	8882,5

В сельской местности улучшение систем водоснабжения обострило проблемы с водоотведением и привело к увеличению объема сточных вод, а очистка и обеззараживание требуют технического решения, во избежание дальнейшего загрязнения водных источников. Общий объем необходимых инвестиций в инфраструктуру водоснабжения и водоотведения сельской местности, по данным оценочных расчетов профильных специалистов, составляет в пределах 64,7 млрд. сомов.

Схематически размещение объектов водоснабжения на территории республики приведено на рис. 1.

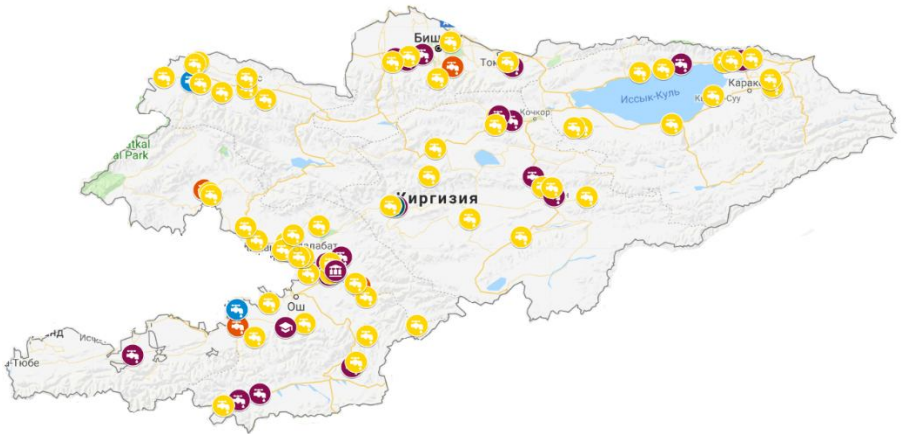


Рисунок1 – Расположение объектов строительства систем водоснабжения [2]

Финансирование Стратегии [1], согласно плану мероприятий, осуществляется за счет средств республиканского бюджета, внешних инвестиций Азиатского банка развития, Всемирного банка, Европейского банка реконструкции и развития, Государственного секретариата по экономическим отношениям Швейцарской Конфедерации (SECO), Европейского инвестиционного банка, Исламского банка развития, ПРООН, ЮНИСЕФ и иных источников, не противоречащих законодательству Кыргызской Республики. Фактическое финансирование мероприятий Стратегии будет осуществляться в пределах средств, утвержденных в республиканском бюджете на каждый год. При этом средства со-финансирования республиканского бюджета на очередной финансовый год составляют, как правило, 20-25% от общего объема финансирования. Расчет необходимых финансовых средств на реализацию Стратегии произведен исходя из численности населения республики и удельной суммы инвестиций на одного человека. Общий объем финансирования Стратегии составляет более 24 млрд. 745 млн. 244 тыс. сомов.

Кыргызская Республика в силу своего географического положения является страной, которая в значительной степени подвержена воздействию стихийных бедствий, аварий и

катастроф. Наибольшую угрозу населению, территории и объектам жизнеобеспечения представляют: землетрясения, оползни, снежные лавины, селевые потоки, паводки, подтопления, подъемы уровня грунтовых вод, высокогорные прорывоопасные озёра, прорыв дамб хвостохранилищ, сильные дожди, ураганы, сильные ветры, грады, снегопады [3]. На рис. 2 приведена карта-схема распространения опасных процессов и явлений на территории КР.

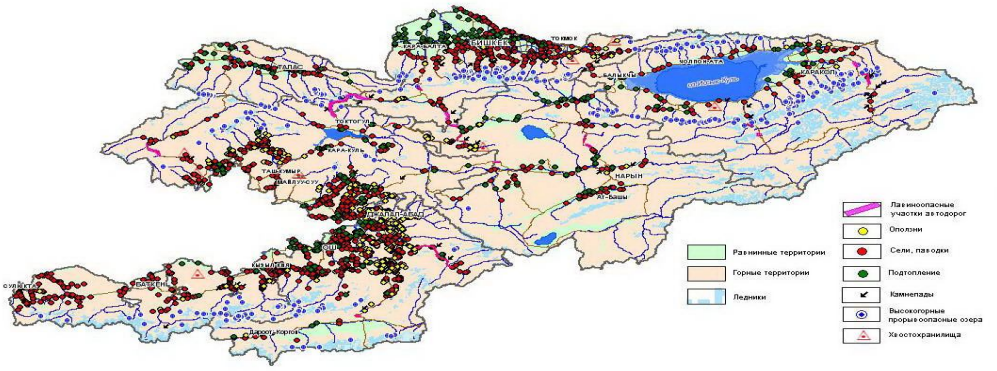


Рисунок 2 – Карта-схема распространения опасных процессов и явлений на территории КР

Такие чрезвычайные ситуации как землетрясения, оползни, селевые явления, подъемы грунтовых вод, оказывают самое негативное влияние на безопасное функционирование систем водоснабжения, согласно данным в [4] на их долю приходится 48% от общего количества чрезвычайных ситуаций по республике за 2000-2015 гг. Распределение зарегистрированных чрезвычайных ситуаций за период 2000-2015 гг. по республике (в % от общего количества ЧС) [4] представлены в таблице 2 и иллюстрированы в виде номограмм на рис. 3. Приведенные данные в [4], и на рис. 2 и 3 позволяют сделать выводы о распределении чрезвычайных ситуаций по регионам республики следующим образом:

- в значительной мере воздействиям паводковых и селевых явлений подвержены Джалал-Абадская (34,3%), Баткенская (23,1%) и Ошская (20,9%) области;
- территории Ошской и Джалал-Абадской областей наиболее подвержены оползневым процессам (46,6% и 32,2% соответственно);
- процессам подтопления в наибольшей степени подвержена Чуйская область 33,4% от общего количества зарегистрированных случаев за указанный период, в зоне подтопления находятся 92 населенных пунктов, в том числе города Бишкек, Кант, Токмок и Кара-Балта.
- землетрясения происходили на всей территории республики, но наибольшее количество зарегистрированы в Ошской области (40,9%).

Таблица 2 – Распределение чрезвычайных ситуаций за период 2000-2015 гг.

№	Наименование	Итого ЧС в республике по видам процессов	% от общего кол-ва ЧС по республике по видам процессов
1	Сели и паводки	1129	29,6
2	Оползни и камнепады	320	8,4
3	Снежные лавины	529	13,9
4	Землетрясения	264	6,9
5	Подтопление	120	3,1
6	Метеорологические (дождь, снег, град, ветер, ледяные заторы)	503	13,2
7	Техногенные аварии и крупные пожары	656	17,2
9	Инфекции	204	5,3
10	Прочие	93	2,4
	Всего	3818	100

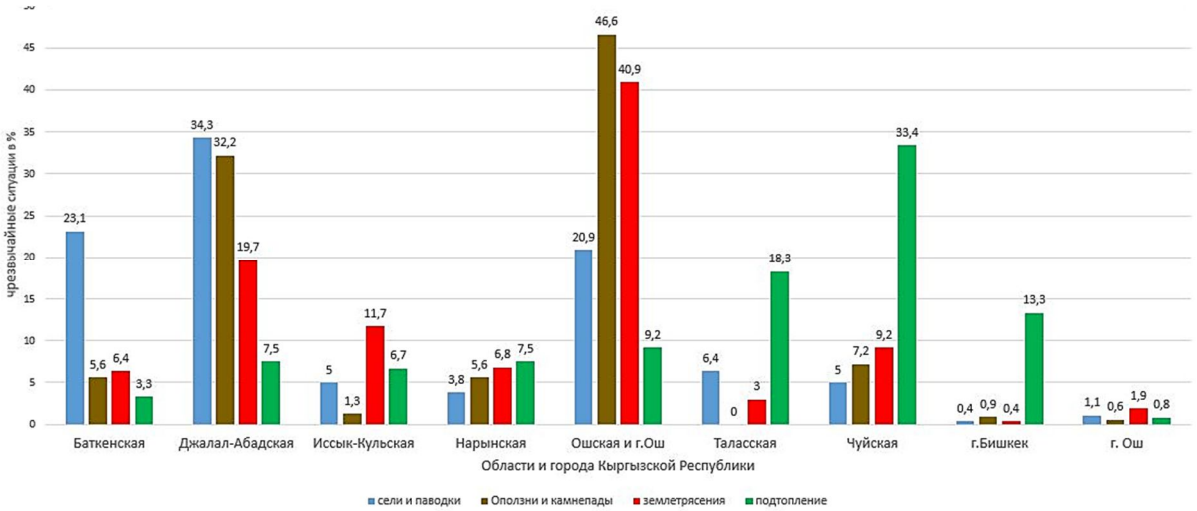


Рисунок 3 – Распределение зарегистрированных чрезвычайных ситуаций по видам процессов за период 2000-2015 гг.

По материалам [5] население республики на начало 2018 года распределены следующим образом:
21% - проживают в Ошской области;
19% - в Джалал-Абадской области;
16% - в г. Бишкек;
14,7% - в Чуйской области;
8,2% - в Баткенской области;
7,7% - в Иссык-Кульской области;
4,6% - в г. Ош;
4,5% - в Нарынской области;
4,1% - в Таласской области.

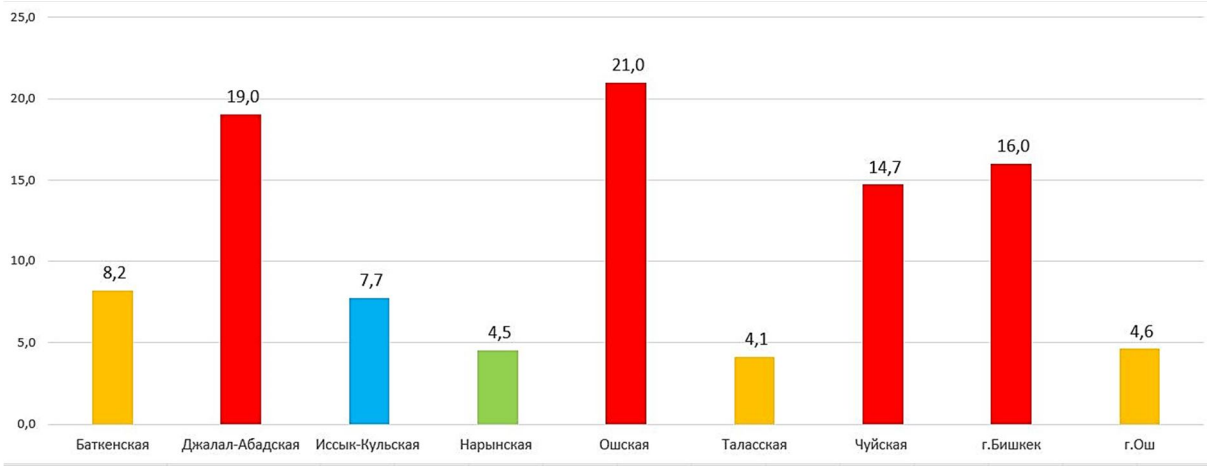


Рисунок 4 – Численность населения КР по областям и городам на начало 2018 г, в %

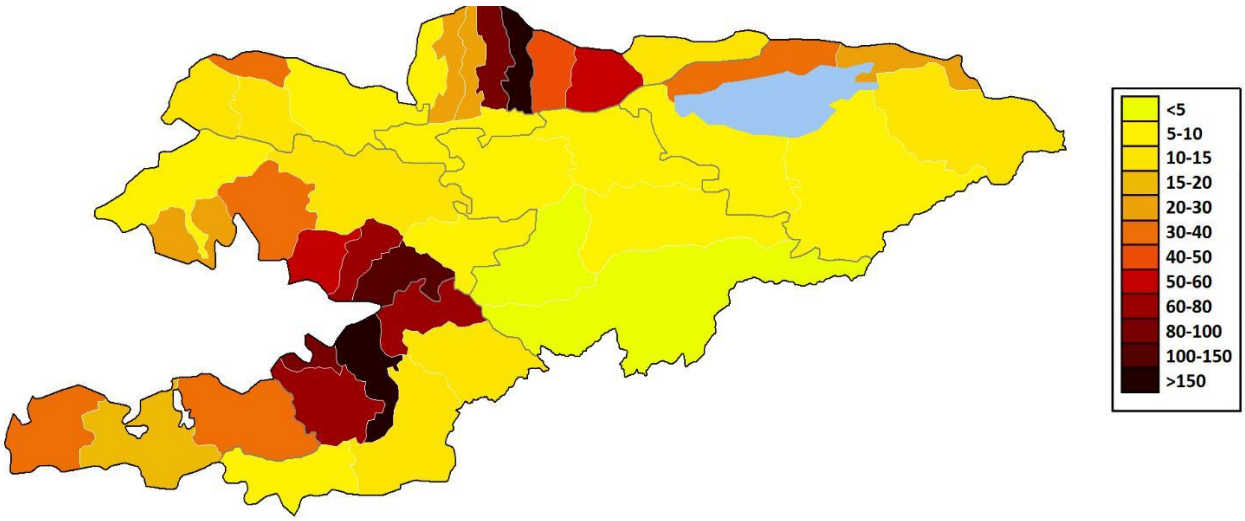


Рисунок 5 – Карта-схема плотности населения на территории КР [6]

Сравнивая сведения, приведенные на рис. 3 с данными рис. 4, а также учитывая данные в материалах [5] можно сделать вывод о том, что 63% населения республики проживают на территориях наиболее подверженных чрезвычайным ситуациям. В стратегии для минимизации форс-мажорных рисков планируется осуществлять подготовку персонала Министерства чрезвычайных ситуаций КР и Госстроя КР способного эффективно и целенаправленно работать над решением вопросов предупреждения и подготовки к форс-мажорным ситуациям. В [7] приводятся данные по экономическому ущербу от стихийных бедствий, где землетрясения представляют собой основной вид риска в Кыргызской Республике. Согласно показателю, среднегодовой экономический ущерб оценивается в 8 млн. долларов США.

Таблица 3 – Экономический ущерб от стихийных бедствий

№ п.п.	Событие	Погибшие (чел.)	Пострадавшие (чел.)	Экономический ущерб (млн. долл.)
1	Суусамырское землетрясение 19 августа 1992г	54	86800	130
2	с. Бюргондю, Ноокат 15 мая 1992г.	4	50000	31
3	с. Ак-Талаа 9 января 1997г.	0	1230	2
4	с. Нура 2008г.	74	850	20
	Всего	132	138880	183

Учитывая важность задач, отраженных в стратегии, а также объем финансирования, необходимо предупредить наступление форс-мажорных обстоятельств, а не работать над ликвидацией последствий. Необходимо задействовать не только потенциал Госстроя КР, но и других профильных министерств и ведомств (МЧС, институт сейсмологии НАН КР) для решения задач по уменьшению возможных рисков и ущерба, а также внедрить страхование инженерных систем и сооружений от стихийных бедствий, что позволит своевременно достичь целей стратегии по обеспечению населения системами водоснабжения и водоотведения без дополнительных затрат и создать более устойчивые к стихийным бедствиям системы водоснабжения.

Литература

1. Стратегия развития систем питьевого водоснабжения и водоотведения населенных пунктов Кыргызской Республики до 2026 года [Электронный ресурс] / http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/99118?cl=ru-ru
2. Государственное агентство архитектуры, строительства и жилищно-коммунального хозяйства при ПКР. Информационный портал ДЖГС [Электронный ресурс] / http://portal.djgs.kg/
3. Руководство по проведению анализа и оценки риска бедствий на местном уровне в Кыргызской Республике. Бишкек. 2018. С. 5-6.
4. Министерство чрезвычайных ситуаций КР [Электронный ресурс] / http://ru.mes.kg/Kniga/book_rus000.html
5. Национальный статический комитет Кыргызской Республики [Электронный ресурс] / http://www.stat.kg/
6. Население Киргизии. Материал из Википедии - свободной энциклопедии [Электронный ресурс] / https://ru.wikipedia.org
7. Исследование оптимальных способов финансирования риска стихийных бедствий. Отчет / Региональное бюро по странам Европы и Центральной Азии Всемирного банка и регионального представительства МСУОБ ООН в Европе и Центральной Азии. 2009. 60 с.

УДК 504.5(575.2-17)

ИССЛЕДОВАНИЕ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД БОРДУ (ПГТ КАШКА) КЕМИНСКОГО РАЙОНА. ОАО КЫРГЫЗСКИЙ ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД (КХМЗ) В Г. ОРЛОВКА

Байгазиева П.Б.
baigazievaperi@gmail.com
Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

В работе рассмотрено ранее законсервированное и действующее хвостохранилище, находящееся в Кеминском районе. Проведен общий обзор, лабораторное исследование проб питьевой воды на микробиологические показатели ОАО «КХМЗ». Предложен проект по рекультивации хвостохранилища.

Ключевые слова: *хвостохранилище, мониторинг, прогнозирование, рекультивация, законсервировать, химико-металлургический завод, радиация, радиоактивность.*

В Кыргызстане, как и во многих горных странах, развита горнодобывающая промышленность. В том числе уранодобывающая промышленность, представленная рядом предприятий. С годами угрозы и риски, исходящие от горных отвалов и хвостохранилищ, все более возрастают [1]. Большинство хранилищ отходов в регионе находятся в районах значительной сейсмической и оползневой активности, местах прохождения селей и паводков, на участках с близким залеганием грунтовых вод. Около 70 млн м^3 радиоактивных отходов, законсервированных в урановых хвостохранилищах, способны в условиях естественных катаклизмов нанести вред. Следует помнить - если не нарушены защитные элементы хвостохранилищ (ложе, верхний защитный слой, отводные сооружения и т.д.) и существуют надежные ограждения от людей и от скота, - хвостохранилище не представляют опасности для человека [2].

ОАО Кыргызский химико-металлургический завод (КХМЗ) в г. Орловка является частным акционерным промышленным предприятием. Основная сфера деятельности – производство монокристаллического кремния, а также кремниевых пластин для фотоэлектрических модулей, преобразующих солнечный свет в электрическую энергию. Компания является членом Торгово-промышленной палаты Кыргызской Республики. Вся продукция компании соответствует международным стандартам. В районе промышленной площади КХМЗ находятся законсервированное Бординское хвостохранилище, действующий накопитель не обезвреживаемых промстоков химико-металлургического производства и карты накопителей, осветлённых промстоков. Бординское хвостохранилище построено в 1954 г., предназначалось для складирования отходов Бордунской обогатительной фабрики, имеет площадь 31,2 тыс. м^2, объем отходов составляет 62,4 тыс. м^3 (полиметаллические руды, редкоземельные металлы). Проект консервации был выполнен институтом «Казмеханобр» в 1987 г. и предусматривал полное улавливание и отвод ливневых и паводковых вод от чаши хвостохранилища, покрытие суглинистым экраном поверхности хвостов и укрепление намывной дамбы пригрузкой каменным материалом в объеме 65 тыс. м³, что делало объект устойчивым к 9-балльной сейсмичности. Карты осветленных промстоков химико-металлургического завода (г. Орловка) запроектированы институтом «Гидромет» в 1968 г. Проектная мощность 2,1 млн м³. Уставный капитал ОАО «КХМЗ» составляет 49,05 млн сом [2].

Хвостохранилище полиметаллических руд Борду (Кашка) передано на баланс ОАО «Кыргызский химико-металлургический завод» распоряжением Правительства Кыргызской Республики от 13 мая 2011 года № 163-р. Бордунское хвостохранилище находится в горном обрамлении Чуйской впадины, в 3,8 км южнее посёлка Орловка. Посёлок городского типа

(ПГТ) Орловка расположен в 92 км восточнее г. Бишкека, в 9 км от железнодорожной станции Быстровка, вблизи границы Кыргызстана с Казахстаном. Бордунское хвостохранилище расположено в долине ручья Бюркют на высотах 1412-1525 м над уровнем моря. В результате деятельности БГОК, КГМЗ и КХМЗ образовались отходы добычи полезных ископаемых, в виде твёрдых отходов переработки (обогащения) объемом до 3,2 млн. $м^3$, уложенные в Бордунском хвостохранилище. Во время работы хвостохранилища жидкие отходы обогащения из Бордунского хвостохранилища по трубопроводу транспортировались в накопители промышленных стоков или так называемые карты-испарители на сегодня площадь карт-испарителей, принадлежащих ОАО «КХМЗ» согласно Государственному Акту на землю составляет 72,68 га, размещённые в 3 км юго-восточнее г. Орловка. Бордунское хвостохранилище представляет собой хранилище овражно-балочного типа.

Хвостовая масса. В Бордунском хвостохранилище складировались хвосты (отходы) флотационного обогащения полиметаллических (свинцово-цинковых) и редкоземельных руд. Гранулометрический состав хвостов по данным исследований КАЗМЕХАНОБРа (1985 г.) представлен в основном пылеватыми частицами следующих размеров крупности: 1,0-0,5 мм (8,2%); 0.5-0.25 мм (36.6 %); 0,25-0,10 мм (26,7%); 0,10-0,05 мм (17%); 0,05-0,01 мм (5,6%); 0,001-0,005 мм (1,5%); менее 0,005 мм (4,1%). Средневзвешенный размер частиц составляет 0.17 мм, Средняя плотность – 1.65 $г/см^3$. Повышенная радиоактивность хвостов связана с наличием в перерабатывавшихся рудах торий содержащих минералов (монацит, торит, циркон и др.), кадмий, цинк, свинец, молибден.

Влияние радиоактивных, токсичных веществ на окружающую среду и здоровье местного населения рассматривается в ниже проведённых исследованиях.

Лабораторное исследование проб питьевой воды на микробиологические показатели ОАО «КХМЗ».

Таблица 1 – Нормативная документация на продукцию испытаний: Технический регламент «О безопасности питьевой воды» от 21.04.2011г.

Определяемые показатели	Результаты исследований	Гигиенический норматив	На метод испытаний
№ 77. Вода питьевая с реки Желкилдек ОМЧ в 1,0	100	100	МУК 2.1.4.2899 -11
ОКБ в 100,0	Не обнаружено	Не допускается	Приказ №154 от 29.03.12г
ТКБ в 100,0	Не обнаружено	Не допускается	
№78. Вода питьевая верхний колодец родника. ОМЧ в 1,0	100	100	
ОКБ в 100,0	Не обнаружено	Не допускается	
ТКБ в 100,0	Не обнаружено	Не допускается	

Таблица 2 – Результаты измерения радиационного фона 15 февраля 2018 года. Измерения проводились прибором СРП-68-01 №1447

1	Х\хр №1. Технологическая дорога	65-74 мкР\ч
2	Водоотводной канал	32-40 мкР\ч
3	Западная сторона	65-72 мкР\ч
4	Х\хр №2.Гребень дамбы	14-18 мкР\ч
5	Буферная дамба	16-18 мкР\ч
6	Х\хр № 3.Тело хвостохранилища	56-60 мкР\ч
7	Отстойник	16-18 мкР\ч
8	Южная часть х\хр	60-64 мкР\ч
9	Поселок Бордунский	17-19 мкР\ч
10	На теле х\хр	25-30 мкР\ч

Мощность экспозиционной дозы гамма излучения на поверхности хвостохранилища составляет 200-450 мкР/час. На дамбе хвостохранилища образовался провал диаметром примерно 3 метра и глубиной до 4 метров, в результате воздействия ливневых дождей размыт участок технологической дороги длиной 22 м, которая является одновременно основанием для железобетонного водоотводного канала. При непринятии своевременных мер водоотводный канал может быть разрушен и вода с ручья Боксо будет разгружаться на тело хвостохранилища. Хвостохранилище может быть разрушено в результате землетрясения (8-9 баллов по 12 бальной шкале) и длительного воздействия эрозионных процессов и селевых потоков с последующим выносом хвостового материала в Чуйскую долину.

Во избежание катастрофических явлений и предотвращению возможного выноса токсичных веществ в бассейн рек Кичи-Кемин и Чу предлагается проводить на хвостохранилище Борду следующие мероприятия:

- постоянный мониторинг с проведением литогеохимического и гидрогеохимического опробования, бурения пьезометрической скважины для установления уровня подземных вод.
- чистка и восстановление водоотводных канав, дренажных систем и технологической автодороги;
- засыпка сформировавшегося провала на дамбе хвостохранилища.
- засыпка участков поля хвостохранилища с аномальными радиометрическими показателями, и в дальнейшем полная рекультивация хвостохранилища;
- разработка и применение новейшей технологии для вторичной переработки "хвостов" с целью улучшения экологической обстановки региона [3].

Безопасность при обращении с хвостохранилищами и горными отвалами достигается:

- осуществлением физической защиты хвостохранилищ и горных отвалов;
- установлением нормированного порядка обращения с отходами;
- осуществлением транспортировки радиоактивных и токсичных отходов организациями, имеющими соответствующее разрешение, согласно нормативным правовым актам Кыргызской Республики;
- исключением несанкционированного и неконтролируемого накопления отходов в эксплуатирующих организациях;
- обеспечением обязательной изоляции хвостохранилищ и горных отвалов от среды обитания людей;
- надежным хранением и захоронением отходов как обязательных конечных этапов любого вида деятельности, приводящей к образованию хвостохранилищ и горных отвалов [2,5].

Таблица 3 – Проект по рекультивации хвостохранилища

Название проекта	Рекультивация Бординского хвостохранилища
Цель проекта	Минимизация риска воздействия на жителей г.Орловка, вызванного высокой вероятностью аварийной ситуации из-за разрушения хвостохранилище Бординское, расположенное на расстоянии 500 м выше г.Орловка.
Задачи Проекта	Чтобы минимизировать риск экологической катастрофы, необходимо предпринять безотлагательные действия по дальнейшему укреплению дамбы. Иначе будет нанесен физический ущерб г. Орловка и его жителям. Дамба частично разрушена на нескольких участках ирригационного канала на западной стороне хвостохранилища. Зимой и весной канал постоянно забивается различными материалами, что увеличивает риск дальнейшего разрушения хвостохранилища.

Обоснование проекта	В настоящее время хвостохранилище Бурдинское нуждается в более эффективном управлении. Данный объект представляет угрозу и риск для жителей г. Орловка в случае возникновения землетрясения в этом районе. Такое событие уже произошло в 1964 году в районе одного из хвостохранилищ Ак-Тюза, где около 0.6 миллионов $м^3$ токсичных и радиоактивных хвостовых отходов серьезно загрязнили реки в Чуйской долине, и дошли до Казахстана. Если аналогичное событие произойдет на хвостохранилище Бурдинское, то несколько миллионов тонн токсичных материалов могут дойти до г. Орловка за считанные минуты с фатальными потенциальными последствиями для, а также трансграничное воздействие.
Ожидаемые результаты	Окончательная рекультивация хвостохранилища Бординское и снижение/упразднение потенциальной чрезвычайной ситуации на местном, региональном и трансграничном уровнях.
Финансирование	4 миллиона долларов США, включая реконструкцию пневматической транспортной системы для переноса жидких компонентов во время рекультивации объекта на бывшее хранилище жидких отходов вблизи г. Орловка.
Продолжительность проекта	2 года, весной и летом
Инициатор проекта	Министерство Чрезвычайных Ситуаций
Адрес	г. Бишкек

Литература

1. Радиационная безопасность населения и территорий Кыргызской Республики / Сост. Б.Р. Айдаралиев, Е.А. Тойчубеков, Б.С. Ордобаев, Н.Дж. Садабаева. Бишкек: Изд-во КРСУ. 2016. 192 с.
2. Урановые хвостохранилища в Центральной Азии: национальные проблемы, региональные последствия, глобальное решение. Информ. материалы к Бишкекской региональной конф. (21-24 апреля 2009 г.). Бишкек. 2009. 81 с.
3. Экология горнопромышленного комплекса Кыргызстана. Сб. / Институт физики и механики горных пород, Науч.-инж. центр «Геоприбор», материалы КГТФ Госгеолагентства. Бишкек: Илим. 2001. 182 с.
4. Ордобаев Б.С., Бактыгулов К.Б. Опасные природные процессы. Учебник для вузов. Бишкек: Айат. 2014. 244 с.
5. Чрезвычайные ситуации природного происхождения. Учеб. пособие / Маматов Ж.Ы., Бозов К.Д., Ордобаев Б.С., Кожобаев Д. Ш., Кенжетаев К.И. Бишкек. 2011.
6. Защита населения в чрезвычайных ситуациях. Учеб. пособие / Б.С. Ордобаев, А. Андашев, Ж.Ы. Маматов и др. Бишкек: Айат. 2015. 124 с.

УДК 504.064

ЗАХВАТ РАДИОНУКЛИДОВ МИНЕРАЛАМИ

Габитов Р.И., Нгуен В.Э., Ван Хартесвелдт Н.
rg850@msstate.edu
Государственный университет штата Миссисипи, г. Старквилл, штат Миссисипи, США

В работе представлен результат лабораторного эксперимента по измерению распределения урана между кальцитом и раствором при разных температурах.

Ключевые слова: загрязнение окружающей среды радионуклидами, аварии на атомных станциях и хранилищах, рост кристаллов, уран, кальцит, арагонит.

Значимость урана в современном обществе трудно переоценить, так как ядерная энергетика является одним из важнейших источников энергии, составляя на сегодняшний день 16% от мирового производства электричества. Расширение использования ядерной энергии обусловлено обеспокоенностью изменением климата в связи с использованием углеводородов, что может привести к экономической переоценке ядерной энергетики [1]. При правильной эксплуатации этот вид энергии является экологически безопасным, однако существует вероятность катастроф особенно в зонах с повышенной сейсмичностью (например, авария на атомной электростанции Фукушима Дайчи в 2011 г.).

В дополнение к подобным экологическим катастрофам, производство ядерной энергии требует безопасной утилизации ядерных отходов с необходимостью долгосрочного хранения, превышающего тысячи лет. В связи с этим, необходимо получение данных о поведении урана в природных и техногенных системах для разработки моделей оценки риска при захоронении ядерных отходов и для разработки протоколов связанных с устранением последствий потенциальных катастроф.

Общепринятое положение гласит, что уран является подвижным только в окисленной форме (U^{6+}), а химически восстановленный уран (U^{4+}) принято считать немобильным. Большинство пунктов правил безопасности (для атомных станций и захоронений) базируются на этом положении. В соответствии с правилами безопасности ядерные материалы принято хранить в восстановительных условиях подразумевая, что уран и трансурановые элементы не мобильны и, следовательно, экологически безопасны. Однако, недавние исследования поставили под сомнение общепринятое положение о немобильности урана U^{4+} [2]. Экспериментально было показано, что оксид урана (нерастворимый в восстановительных средах при низких температурах) может растворяться в горячих восстановительных растворах (>200□C) не хуже чем в окислительных средах. Важно отметить, что такие высокие температуры часто достигаются при работе ядерного реактора и с большой вероятностью в ядерных отходах, как результат подогрева при радиоактивном распаде. Поэтому необходимо получение экспериментальных данных о поведении урана в водных растворах (таких как геофлюиды и морская вода), а также получение механизма эффективной иммобилизации растворенных U^{4+} и U^{6+}.

В нашей работе мы подошли с другой стороны к проблеме контаминации природных вод ураном, задав вопрос: "Каким образом иммобилизовать уран в случае аварии при параметрах (температура и химические характеристики раствора), ожидаемых в реакторе или в канистре с ядерными отходами?" Карбонатные минералы широко распространены в природе и обладают ретроградной растворимостью в водных растворах, следовательно осаждение карбонатов ожидаемо в случае подогрева насыщенных природных вод при контакте с горячими радиоактивными материалами. Природные воды часто обогащены растворенными кальцием и карбонатом [3], тогда как железо и магний присутствуют инженерных материалах, используемых в реакторах и при захоронении отходов [4,5]. В дополнение, кальций может

выщелачиваться из бетонных сооружений, используемых в качестве барьеров при захоронении отходов и при строительстве атомных станций. Захват радионуклидов карбонатными минералами при комнатной температуре широко описан в литературе [6,7], но данный процесс практически не изучен при повышенных температурах. Поэтому нами начаты исследования в области захвата урана карбонатами из водных растворов при температурах (>100□C), ожидаемых в случае аварий на ядерных объектах.

Нами были проведены эксперименты по росту кальцита ($CaCO_3$, самого распространенного карбонатного минерала) путем трансформации метастабильного минерала (арагонит) с аналогичным химическим составом ($CaCO_3$). Взвеси арагонита помещались в автоклавы, содержащие водный раствор хлорида кальция (0.5 моль/кг H_2O). Внутреннее тефлоновое покрытие позволяло предотвратить реакцию раствора с внешней стальной оболочкой автоклава. Закрытые автоклавы помещались в печь, предварительно разогретую до 170°C на период до 48 дней. Количество водного раствора, добавленного в автоклав, позволяло поддерживать давление насыщенного пара в системе: 79 бар при 170°C.

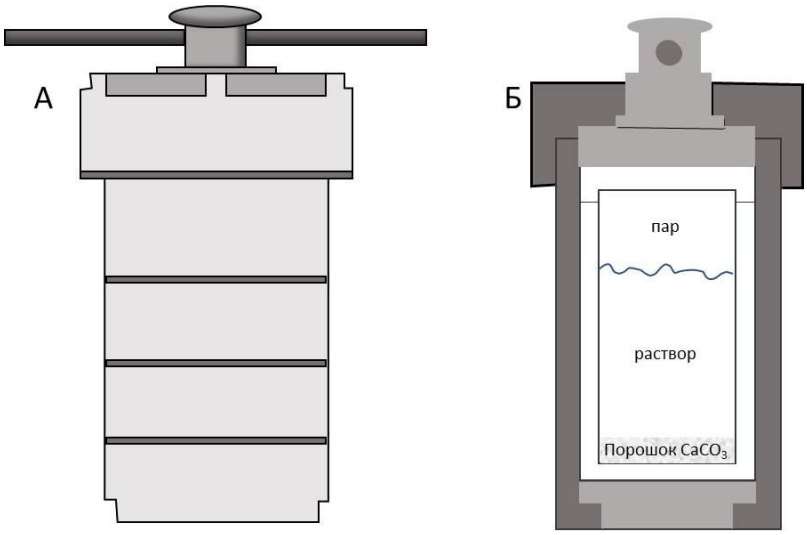


Рисунок 1 – Экспериментальная схема: автоклав (а); загрузка автоклава (б)

По окончанию эксперимента автоклавы остужались с помощью вентилятора. Температура понижалась до комнатной за 30 минут, автоклавы вскрывались, кристаллы промывались и высушивались, раствор фильтровался (0.2 микронным фильтром) и подкислялся до 2% при помощи концентрированной азотной кислоты. Рентгеноструктурный анализ подтвердил трансформацию арагонита в кальцит. Концентрации урана в кристаллах и растворах были проанализированы на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой. Коэффициенты распределения урана между кальцитом и раствором (D^U=1.8-3.9) были получены путем отношения концентрации урана в кальците к концентрации урана в растворе, из которого кристаллизовался кальцит (рис. 2).

Сравнение полученных данных с данными, опубликованными для низких температур демонстрирует понижение захвата урана с ростом температуры от 21°C до 170°C. Литературные данные по D^U между арагонитом и раствором [8] превышают D^U для кальцита [7], что обусловлено более выгодной конфигурацией кристаллической решетки арагонита для захвата U^{6+} по сравнению с решеткой кальцита [9]. В связи с этим потенциал арагонита к захвату урана выше, чем у кальцита. Однако использование арагонита в качестве барьера к мобилизации урана осложнено метастабильностью этого минерала при низких и, особенно, при высоких температурах. Большие перспективы могут быть связаны с использованием кальцита для захвата восстановленного урана (U^{4+}) [10]. Несмотря на отсутствие опубликованных экспериментальных данных, предварительная оценка на основе природных образцов указывает на то, что кальцит может захватить в 100 раз больше U^{4+} по сравнению с U^{6+} (рис. 2).

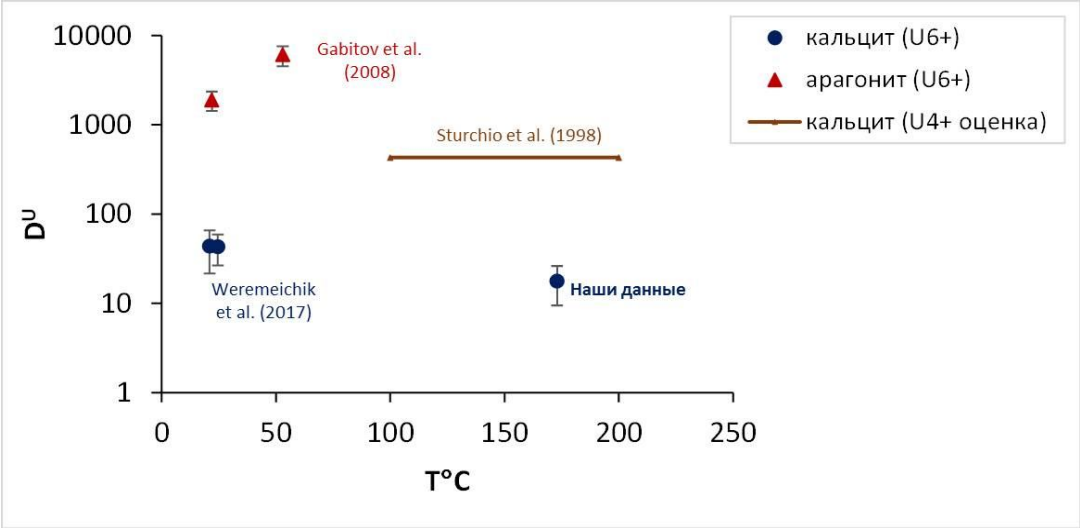


Рисунок 2 – Коэффициенты распределения урана ($D(U)=U_{кальцит}/U_{раствор}$) при разных температурах

Нами произведена оценка захвата урана (U^{6+}) из 1 кг окисленного рассола с содержанием кальция типичного для природных подземных вод (Ca=12 г/кгH_2O). Данные по растворимости оксидов урана при разных температурах были заимствованы из литературы [11]. Количество захваченного урана было рассчитано на основе экспериментальных D^U, полагая, что 30 г кальцита кристаллизовалось из 1 кг природного раствора. Как видно из рисунка 3, количество урана захваченного кальцитом при T=25°C эквивалентно расчитанной растворимости урана в рассоле. Следовательно, захват урана (U^{6+}) кальцитом полноценен только при низких температурах. Здесь необходимо иметь в виду, что в модели % захвата урана не зависит от его концентрации растворе, т.е. чем больше урана в растворе, тем больше его перейдет в кальцит. Также следует отметить, что растворимость оксидов урана в горячих водах очень сильно зависит от химического состава раствора. Например, на основании предварительных данных можно предположить, что растворимость оксидов урана в горячих (>200°C) окисленных карбонат-содержащих растворах может доходить до нескольких мг урана на кг H_2O (т.е. в миллион раз выше, чем показанное на рисунке 3). В этом случае, 5 мг урана будет захвачено при кристаллизации 30 г кальцита из 1 кг раствора, где первоначально было растворено 10 мг U^{6+}.

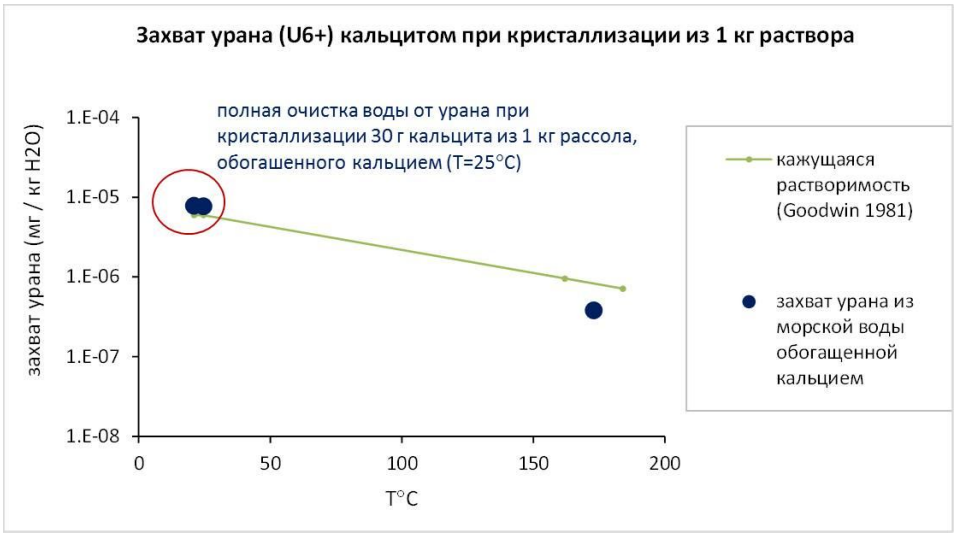


Рисунок 3 – Простая модель захвата урана кальцитом. Аналогичный результат ожидается при повышенных концентрациях урана в растворе по сравнению с заимствованными из литературы [11]

На основании вышеизложенных данных, кальцит полностью захватывает U^{6+} при низких температурах (25°C) и около 50% при повышенных температурах (170°C), следовательно, необходимы альтернативные решения для иммобилизации урана из горячих растворов. Для решения этой задачи целесообразны исследования взаимодействия растворенного урана с другими типами распространённых минералов, а также кристаллизации кальцита в восстановительной среде.

Литература

1. Hore-Lacy I. Nuclear Energy in the 21st Century, Academic Press, 2007, ISBN 9780123736222, https://doi.org/10.1016/B978-012373622-2/50003-9.
2. Timofeev A., Migdisov A.A., Williams-Jones A.E., Roback R., Nelson A.T., and Xu H. (2018) Uranium transport in acidic brines under reducing conditions Nature Communications 9, 1469.
3. Seward T. M., Williams-Jones A.E. and Migdisov A.A. (2014) The chemistry of metal transport and deposition by ore-forming hydrothermal fluids. In Treatise on Geochemistry (eds. Heinrich D. Holland and K. K. Turekian), second ed. Elsevier, Ltd Oxford, pp. 29–57.
4. Yim M.-S. and Murty K.L. (2000) Materials Issues in Nuclear-Waste Management. JOM 52, 26-29, https://doi.org/10.1007/s11837-000-0183-0.
5. Hopkins A.M., Sutter C., Hulse G., and Teal J. (2003) Disposal of tru waste from the plutonium finishing plant in pipe overpack containers to WIPP including new security requirements. WM'03 Conference, February 23-27, 2003, Tucson, AZ.
6. Meece D. E. and Benninger L. K. (1993) The coprecipitation of Pu and other radionuclides with $CaCO_3$. Geochimica et Cosmochimica Acta 57, 1447–1458.
7. Weremeichik J.M., Gabitov R.I., Thien B., and Sadekov A. (2017) The effect of growth rate on uranium partitioning between individual calcite crystals and fluid. Chemical Geology, 450, 145–153, http://dx.doi.org/10.1016/j.chemgeo.2016.12.026.
8. Gabitov R.I., Gaetani G.A., Watson E.B., Cohen A.L., and Ehrlich H.L. (2008) Experimental determination of growth rate effect on U^{6+} and Mg^{2+} partitioning between aragonite and fluid at elevated U^{6+} concentration. Geochimica et Cosmochimica Acta 72, 4058–4068.
9. Reeder R. J., Nugent M., Lamble G. M., Tait C. D. and Morris D.E. (2000) Uranyl incorporation into calcite and aragonite: XAFS and luminescence studies. Environmental Science and Technology 34, 638–644.
10. Sturchio N.C., Antonio M.R., Soderholm L., Sutton S.R., and Brannon J.C. (1998) Tetravalent Uranium in Calcite. Science 281, 971-973.
11. Goodwin B. (1982) Calculated uranium solubility in groundwater: implications for nuclear fuel waste disposal. Canadian Journal of Chemistry, 1982, 60(13): 1759-1766, https://doi.org/10.1139/v82-241.

УДК 528.8:629.78

ДЕТЕРМИНИСТСКАЯ ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

Джанабилова С.О.[1], Ищук А.Р.[2], Абдрахматов К.Е.[3], Антипов С.М.[1]
samal-sima@mail.ru

[1]Институт сейсмологии, г. Алматы, Республика Казахстан
[2]Институт геологии, сейсмологии и сейсмостойкого строительства Академии наук Республики Таджикистан, г. Душанбе, Республика Таджикистан
[3]Институт сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики, г. Бишкек, Кыргызская Республика

Проводилась детерминистская оценка сейсмической опасности в значениях балльности по шкале MSK-64. Это оценка для так называемого maximum credible earthquake (MCE) – максимального вероятного землетрясения, т.е. обусловленного тектоническими особенностями. Она определяет максимальную магнитуду, основываясь в большей степени на геологических критериях. Как правило, такая оценка определяет величину сейсмических воздействий при максимально возможных землетрясениях, но с очень маленькой вероятностью для промышленных и гражданских сооружений – 1 раз в 2500 лет, для ответственных сооружений, включая большие плотины, – 1 раз в 10 000 лет. При этом были приняты допущения, что сейсмические источники являются линейными и имеют одинаковую вероятность возникновения землетрясений с заданной максимально возможной магнитудой в каждой точке для конкретного линейного источника.

Ключевые слова: активные разломы, деструкция земной коры, оценка сейсмической опасности.

Поскольку землетрясение происходит на глубине в зоне разлома, то положение эпицентра на поверхности не совпадает с местом выхода на поверхность этого разлома (рис.1.). В связи с этим, при выполнении расчетов были приняты следующие допущения:

1. Углы падения упомянутых выше разломов изменяются от 50 до 70 градусов, и средняя величина была принята в 60 градусов.
2. Средняя глубина гипоцентров землетрясений с магнитудой $M \geq 7\text{-}8$ составляет 20 км, а для землетрясений с $M \geq 6\text{-}6.5$ – 15 км (для территории Средней Азии)

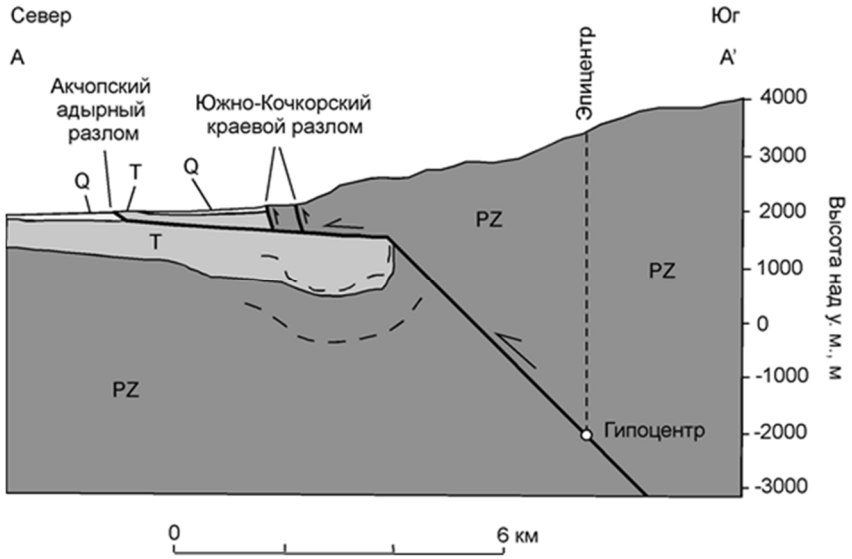


Рисунок 1 – Положение гипоцентра и эпицентра землетрясения в структуре полого падающего разлома

Таким образом, положение эпицентров землетрясений с $M \geq 7$-8 при среднем угле падения плоскости разлома 60 градусов смещается в сторону падения плоскости разлома на расстояние в 12 км от положения его на поверхности, а для землетрясений с $M \geq 6$-6.5 – на расстояние в 9 км.

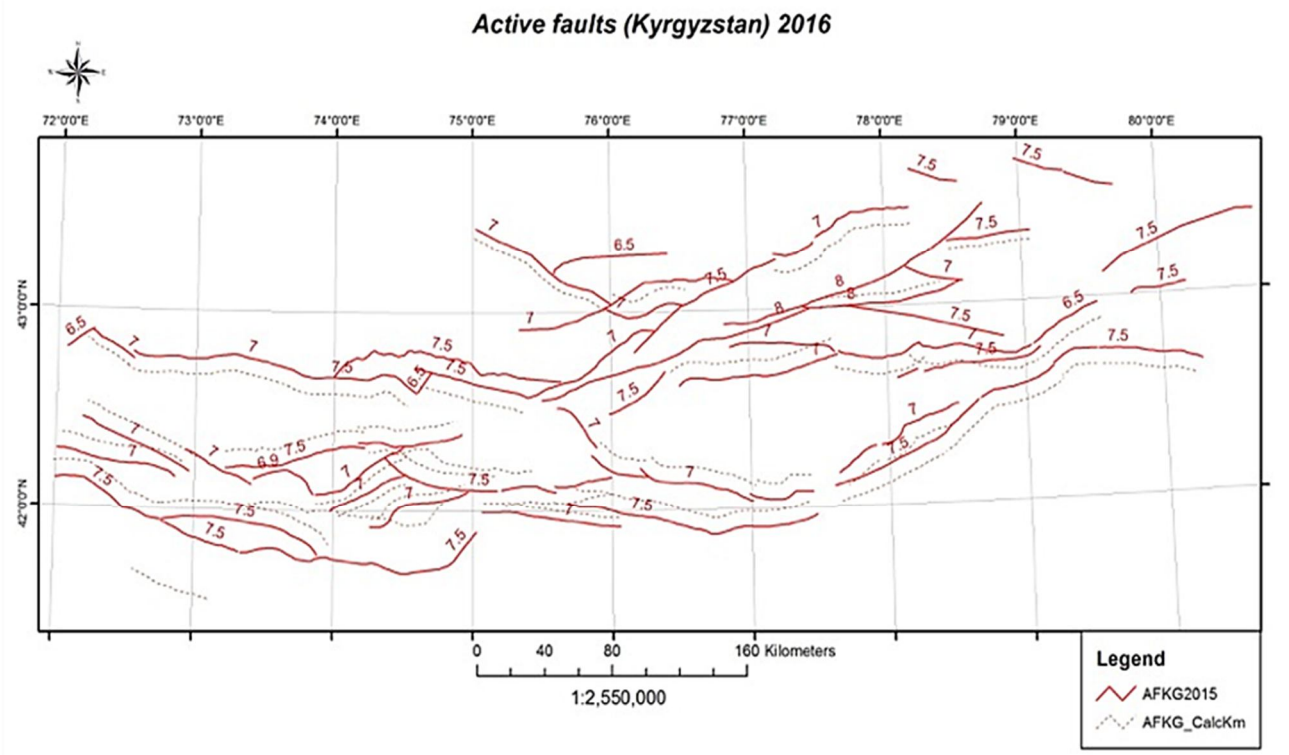


Рисунок 2 – Карта положения эпицентров землетрясений на поверхности вдоль осевых линий зон активных разломов с учетом положения гипоцентров. Цифры у линий разломов – максимальная магнитуда возможных землетрясений, предполагаемая по геологическим данным

Принимая эти допущения, была построена карта положения эпицентров землетрясений на поверхности вдоль осевых линий зон разломов с учетом положения гипоцентров, которая использовалась в дальнейшем для выполнения расчетов (рис 2.)

Отметим, что для анализа мы приняли именно активные разломы в качестве линейных источников. Считается, что каждый новейший разлом является активным в позднем плейстоцене-голоцене, т.е. на протяжении последних 100 тыс. лет геологической истории. Однако такое допущение представляется нам недоказанным. Известно, например, что зона известного на Тянь-Шане разлома, называемого «линией Николаева» которая была активной протяжении начальных стадий новейшего этапа, но, начиная с четвертичного времени, потеряла активность. Кроме того, имеются свидетельства того, что даже зоны активных разломов имеют сегменты, которые в позднем плейстоцене - голоцене не были активными.

Поэтому, при оценке сейсмической опасности необходимо, либо считать всю зону новейшего разлома потенциально опасной без указания на ее активность в позднем плейстоцене-голоцене, либо выделять только те разломы, в пределах которых есть указания на то, что его крылья были активны в заданное время. Такое разделение существенно меняет картину структурного рисунка региона и, соответственно, меняет картину сейсмической опасности.

Задачей являлось определить величину интенсивности в баллах в зависимости от расстояния до сейсмического источника.

Определение закономерностей затухания колебаний (ускорений или скоростей) в зависимости от расстояния до источника землетрясения является одной из наиболее важных проблем при оценке сейсмической опасности. Для получения наиболее реальной карты

сейсмической опасности того или иного региона необходимо, чтобы зависимость затухания была основана на детальном анализе макросейсмических и инструментальных данных для данного региона, а также учитывала локальный эффект грунтовых условий. Как правило, для целей общего сейсмического районирования в качестве оценки сейсмического воздействия для большой территории берется среднее значение ускорений или скоростей в так называемых скальных породах.

Инструментальные данные по сильным движениями, как источник о замеренных величинах ускорений поверхности грунта при сильных сейсмических колебаниях, довольно малочисленны и имеются только для ограниченного числа районов. Макросейсмические данные не всегда корректны для оценки закономерностей затухания (неравномерное расположение населенных пунктов с типичной застройкой, влияние рельефа и состава пород на интенсивность сотрясений, неполнота и достаточный субъективизм данных и прочее). Поэтому все чаще делаются попытки использования уже имеющихся закономерностей затухания, полученных для одних регионов как расчетным путем при помощи синтетических записей сильных движений, так и эмпирическим путем при анализе инструментальных и макросейсмических данных для оценки сейсмической опасности в других более или менее аналогичных регионах. Как правило, большинство используемых уравнений затухания сейсмических колебаний, их интенсивности в значениях ускорений или балльности, основаны на зависимости ослабления интенсивности сотрясений в зависимости от эпицентрального расстояния. Фактически же принимается в расчет гипоцентральное расстояние (расстояние от источника), который располагается на той или иной глубине от земной поверхности. Обычно для расчетов используются несколько эмпирических уравнений, которые получены для сходных тектонических условий и основаны на достаточно большом количестве фактического материала. При этом, чем меньше фактических данных и ниже их качество, тем больше ошибка в расчетах, которая может достигать 50% (обычно определяется величиной стандартного отклонения – сигма).

Применительно к Северному Тянь-Шаню было задействовано наиболее приемлемое эмпирическое уравнение, которое уже использовалось при оценке сейсмической опасности для территории Центральной Азии. Кроме того, это уравнение затухания учитывает и морфологический тип разлома, как источника землетрясений. Поэтому в используемых уравнениях затухания интенсивности применялись эмпирические коэффициенты именно для взбросо-надвигового типа разломов, поскольку именно такой тип разломов развит в Северном Тянь-Шане.

Поскольку при сейсмическом районировании были использованы оценки сейсмических воздействий в значениях сотрясаемости в баллах по шкале MSK-64, в данном исследовании также были выполнены расчеты сейсмических воздействий в баллах интенсивности сотрясений. Использовалось уравнение Д. Бинди с соавторами, основанное на анализе данных по Центральной Азии [1].

$$I = a_1M + a_2 – a_3log10 (\sqrt{Repi2+h_2}/ h_2 – a_4(\sqrt{Repi2+h_2} - h),$$

где I – интенсивность сотрясений в баллах шкалы MSK-64, M – локальная магнитуда, $Repi$ – эпицентральное расстояние в км, h – глубина очага в км, a_1, a_2, a_3, и a_4 – эмпирические коэффициенты.

При использовании этих уравнений расчета интенсивности, значения глубины эпицентра принимались равными 20 км для магнитуд $MLH \geq 7$; 15 км для магнитуд $6 \leq MLH \geq 6{,}5$ и 10 км для $MLH = 5{,}5$.

Методика расчетов состоит в следующем. На основе карты с зонами линейных источников землетрясений (активные разломы) района строительства, в программе ARCGIS Spatial Analyst было рассчитано по формуле и построено распределение интенсивности в баллах шкалы MSK-64 с учетом расстояния от линейных источников землетрясений с заданной максимальной магнитудой. При построении карты вычислялось максимальное значение интенсивности от всех источников, расположенных в радиусе 500 км от места расположения. Таким образом строилась карта распределения интенсивности сотрясений в

виде матрицы с размером ячеек 500х500м, с вычисленным значением балльности в каждой ячейке (рис.3). При близком расположении различных источников землетрясений программа сохраняла в ячейках значение ускорения, максимальное из всех.

Карта распределения интенсивности сотрясений в баллах указанной шкалы приведена на рисунке 3. Детальное рассмотрение полученных результатов показывает, что наши данные являются более «структурными», т.е. вместо обширных полей максимальных сотрясений (9 баллов) мы получили протяженные вдоль зон активных разломов полосы. Это объясняется явлением приуроченности максимальных значений интенсивности к зонам разломов, так как такие зоны являются зонами максимальной разробленности земной коры и, соответственно, зонами пониженной прочности коры. Кроме того, именно в зонах разломов проявляются остаточные, необратимые (пластические или разрывные) и обратимые (упругие, а также геофизические поля) во времени следы деформаций и возмущений, вызванные формированием разлома и подвижками по нему [2]. На расстоянии от магистральных разломов интенсивность сотрясений затухает, что соответствует действительности.

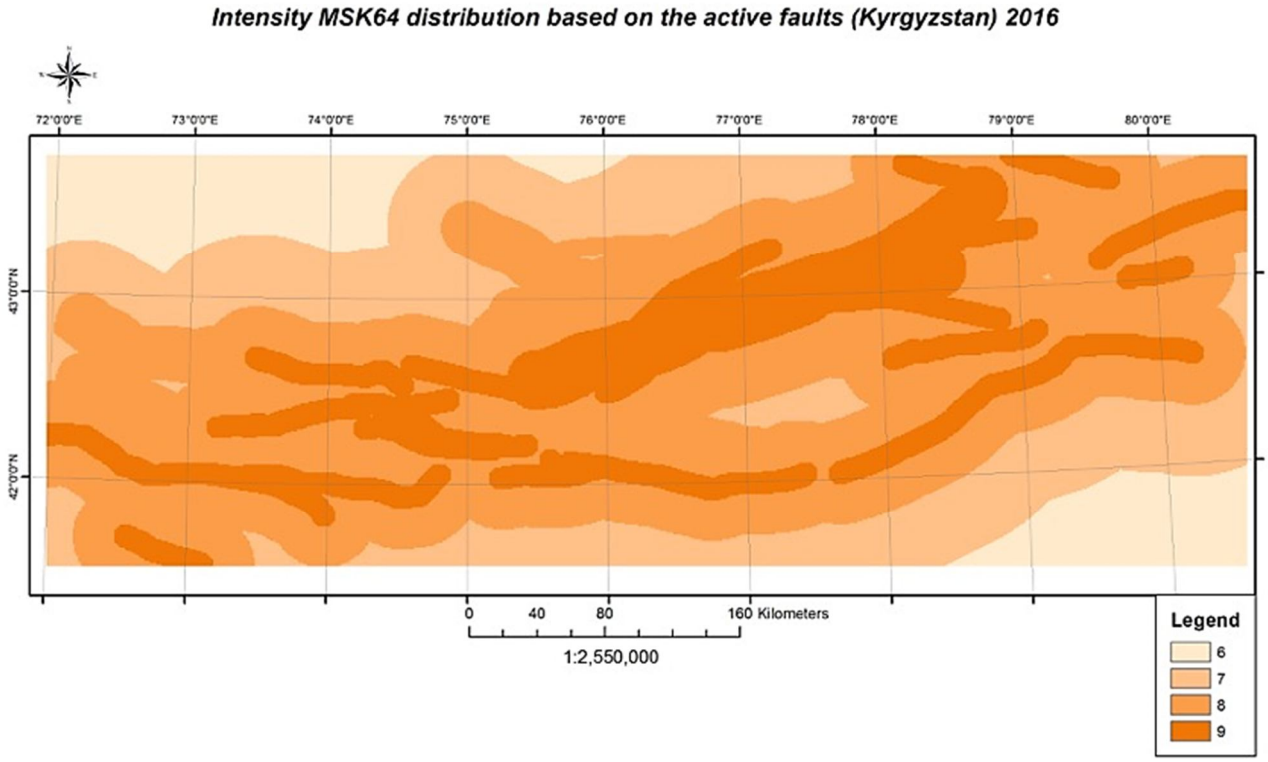


Рисунок 3 – Карта распределения значений интенсивности по шкале MSK-64 территории Северного Тянь-Шаня с учетом активных разломов

Необходимо отметить наличие довольно обширных зон 8-балльной интенсивности на всей территории Кыргызской Республики, которые имеются на полученной нами карте, по сравнению с картой сейсмического районирования, изданной в 2011 году [3].

Необходимо также внести определенные изменения в карту сейсмического районирования территории Казахстана [4]. Например, в полученной нами карте появились зоны северо-западного направления, совпадающие с Чунджа-Капчагайской зоной активных разломов, в пределах которой могут возникать землетрясения интенсивностью до 9 баллов.

Таким образом, полученные нами данные показывают, что включение в анализ активных разломов существенно изменяют оценку сейсмической опасности территории Северного Тянь-Шаня.

Литература

1. Bindi D., Parolai S., Oth A., Abdrakhmatov K., Muraliev A. and Zschau J. (2011). Intensity Prediction Equations for Central Asia, Geophys. J. Int., 187 (1), 327-337; doi:10.1111/j.1365-246X.2011.05142.x.
2. Шерман С.И. Сейсмический процесс и прогноз землетрясений: тектонофизическая концепция / Ин-т земной коры СО РАН. Новосибирск: Гео. 2014. 359 с.
3. Абдрахматов К.Е., Джанузаков К.Д., Фролова А.Г., Погребной В.Н. Карта сейсмического районирования Кыргызской Республики. Масштаб 1:1 000 000. Объяснительная записка. Бишкек: Илим. 2011. 24 с.
4. Сейсмическое районирование Руспублики Казахстан / Курскеев А.К., Тимуш А.В., Шацилов В.В., Сыдыков А., Горбунов П.Н., Садыкова А.Б. Алматы: Эверо. 2000. 220 с.

УДК 699.841

О ВОПРОСАХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Исаева К.К.
keremet_90@mail.ru
Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

Согласно результатам исследования необычных форм разрушения зданий сделан вывод, что при землетрясениях на здания сначала воздействует разрушительный волновой процесс, который разрушает сооружения и проявляется в виде резких импульсных толчков. Волновой импульсный сдвиг верхних слоев грунта вызывает затем появление их собственных сдвиговых колебаний, которые гораздо менее опасны для зданий.

Ключевые слова: сейсмические воздействия, землетрясения, сдвиговые колебания грунта, формы разрушений.

Среди наиболее опасных для всего человечества природных катастроф особое место занимают сильные землетрясения. Землетрясения – подземные толчки и колебания поверхности Земли, вызванные естественными причинами (главным образом тектоническими процессами) или искусственными процессами (взрывы, заполнение водохранилищ, обрушением подземных полостей горных выработок). Небольшие толчки могут вызывать также подъём лавы при вулканических извержениях. Ежегодно на всей Земле происходит около миллиона землетрясений, но большинство из них так незначительны, что они остаются незамеченными. Действительно сильные землетрясения, способные вызвать обширные разрушения, случаются на планете примерно раз в две недели. К счастью, большая их часть приходится на дно океанов, и поэтому не сопровождается катастрофическими последствиями (если землетрясение обходится без цунами). Землетрясения наиболее известны по тем опустошениям, которые они способны вызвать. Разрушения зданий и сооружений происходят за счет колебаний почвы или гигантских приливных волн (цунами), возникающих при сейсмических смещениях на морском дне. Причиной землетрясения является быстрое смещение участка земной коры как целого, в момент пластичной (хрупкой) деформации упруго напряженных пород в очаге землетрясения. Большинство очагов землетрясений возникает близ поверхности Земли.

Землетрясения происходили всегда, и во все времена истории Земли от них страдала природа, терпели бедствия люди. Каждое сильное землетрясение в густонаселенной местности является катастрофичным. Города и селения, превращенные в руины, множества погибших, огромный материальный ущерб – те последствия, которые ежегодно приносит человечеству подземная стихия. Ежегодно во всем мире в среднем регистрируется, по меньшей мере, миллион землетрясений; из них только одно или два достигают магнитуды 8, около двадцати обладают достаточной силой, чтобы заставить содрогаться всю поверхность Земли, сто или двести бывают разрушительными, тысяча причиняет некоторый ущерб и триста тысяч отчетливо ощущаются. По современным оценкам экспертов ЮНДРО и ЮНЕСКО ежегодный ущерб от землетрясений составляет несколько десятков миллиардов долларов, и во многих развивающихся странах поглощает значительную часть национального дохода. Одно катастрофическое землетрясение может унести до миллиона жизней и причинить огромный материальный ущерб. При этом негативные экономические последствия могут наблюдаться далеко за пределами территории, непосредственно пострадавшей от землетрясения. История хранит множество информации о сильнейших землетрясениях, в. том числе о крупномасштабных катастрофах. Только разрушительные подземные толчки, зарегистрированные на земном шаре с начала текущего столетия, составляют около 10 тысяч.

Землетрясения возникают во многих частях света неожиданно, но довольно регулярно. Они причиняют большой урон народному хозяйству, становятся угрозой жизни людей.

По нашей инициативе в Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры в октябре 2009 года были проведены принципиально важные тестовые эксперименты [1,2]. В них исследовалась способность стандартных маятниковых сейсмических приборов точно отображать заданные колебания виброплатформы, имитирующей колебания грунта при землетрясениях разной интенсивности.

При этом были получены крайне важные результаты. Согласно официальной сейсмической теории, маятниковые приборы должны в точности отображать параметры установившихся гармонических колебаний их основания (будь то грунт или виброплатформа). Поэтому предложенные нами эксперименты, казалось бы, не имели смысла, т. к. их результат был предсказуем и самоочевиден с точки зрения официальной сейсмической науки. Тем не менее эксперимены были проведены.

С целью разъяснения смысла экспериментов и интерпретации полученных результатов, далее изложена суть наших теоретических изысканий, приведших к проведению подобных экспериментов. Начиная с 1992 года, в ряде работ [2-4] мы регулярно утверждали, что маятниковые сейсмические приборы не отображают реальные параметры импульсных сейсмических движений грунта, занижая величины их ускорений и скоростей. Эти утверждения были основаны на всесторонних исследованиях аномальных сдвиговых форм при массовых сейсмических разрушениях зданий и их элементов. Эти формы не могли быть вызваны теми низкоскоростными колебаниями грунта, которые всегда фиксируются стандартными сейсмометрами и акселерометрами. Они могут быть вызваны лишь волновыми импульсами, создающими скорость в грунте не ниже чем $2^{м}/с$, которая может вызвать волновой срез колонн и стен [3-4].

В результате исследований мы дали интерпретацию сейсмических процессов, происходящих особенно после сильнейших землетрясений и приводящих к появлению сдвиговых форм разрушения зданий [1,5,6]. Суть интерпретации состоит в следующем:

– при землетрясениях в поверхностной толще грунта, ответственной за разрушения зданий, происходят два качественно разных процесса: первичный – волновой процесс и вторичный – колебательный процесс. При этом первый процесс, может, накладываться на второй;

– процессы принципиально различны по своим параметрам (скоростям и ускорениям грунта), по силе и механизму воздействия на сооружения, по длительности, а также по наличию информации о них;

– первичный, сугубо волновой процесс, внешне проявляется в виде резких толчков и является главной причиной сейсмических разрушений зданий и сооружений. Его почти не фиксируют маятниковые сейсмические приборы на фоне последующих колебаний грунта.

Суть первичного процесса, описанного в [5,6] состоит в следующем: поперечные сейсмические волны (то есть волны сдвига), пробегая вверх через податливую поверхностную толщу грунта, имеющую большой градиент модулей E и G, резко замедляются, но при этом существенно наращивают свой разрушительный потенциал, увеличивая скорость верхних слоев грунта. Затем отражаясь от поверхности грунта, волны удваивают скорость и наносят боковые удары по фундаментам зданий, производят волновой срез их колонн и стен. Одновременно с этим эффектом усиления поверхностная толща поглощает часть энергии волн за счет неупругих деформаций грунта. При прохождении волн по кратчайшему вертикальному пути это поглощение минимально и составляет примерно 20%. В дальних зонах, возле границ области разрушения, длина пути волн сквозь неупругую верхнюю толщу возрастает более чем 5 раз, поэтому волны, идущие к зданиям напрямую от гипоцентра, полностью теряют свою разрушительную силу, т.к. поглощение энергии волн за счет не упругости составляет уже 100%.

Именно поэтому, в отличие от эпицентральных и средних зон, где разрушения производят первичные волны сдвига (совместно с продольными волнами), в зонах вдали от

эпицентра, возле границ области разрушения тот же сейсмический срез зданий производят уже не первичные, а вторичные волны сдвига. Вторичные волны сдвига порождаются непосредственно под зданиями продольными волнами, которые пробегают на глубине свыше 100 м с большими скоростями.

Поверхностная толща грунта (глубиной 100-150 м) имеет очень большой градиент в величинах своих модулей деформации *E* и сдвига *G*. Именно поэтому она обладает уникальным свойством усиливать, более чем на порядок, волновую скорость массы грунта за счет резкого снижения фазовой скорости пересекающих ее волн [5,6].

Судя по характеру типовых сейсмических срезов железобетонных колонн, волновые скорости верхних слоев грунта при толчках имеют величины не ниже 2-х м/с и достаточно крутой фронт своего подъема и падения, которому отвечают краткие всплески ускорений. Именно эти всплески не могут уловить маятниковые акселерометры, нацеленные на фиксацию только колебаний грунта.

После каждого кратковременного толчка, т.е. после резкого волнового сдвига поверхностной толщи грунта с длительностью не более чем 0,2 сек., наступает вторичный колебательный процесс. Сдвинутая волнами толща начинает совершать собственные затухающие сдвиговые колебания, детально описанные в [1].

Вывод. Принципиальное отличие волнового от колебательного сейсмического движения грунта в том, что движение всегда направлено только в сторону от гипоцентра, то есть не меняет знак своих скоростей и перемещений. А при колебательных движениях грунта периодически меняется знак скорости и перемещения, то есть меняется направление движения на противоположное. Скорости и ускорения колебаний грунта значительно ниже, чем при волновых импульсных толчках, а период колебаний близок к одной секунде.

Литература

1. Смирнов С.Б. Сдвиговый механизм сейсмических колебаний грунта и качественно новые эксперименты для получения их реальных параметров, вызывающих волновой срез колонн и стен в зданиях // Объединенный научный журнал. 2009. № 12. С. 51–55.
2. Смирнов С.Б. О принципиальной ошибке в традиционной трактовке записей инерционных сейсмических приборов // Жилищное строительство. 1995. № 1. С. 23-25.
3. Смирнов С.Б. Ударно-волновая концепция сейсмического разрушения сооружений // Энергетическое строительство. 1992. № 9. С. 70-72.
4. Sergey Smirnov. Discordances between seismic destruction and present calculation // International Civil Defense Journal. 1994, № 1, pp. 6-7, 28-29, 46-47.
5. Смирнов С.Б. Упругая отдача сдвигаемой толщи грунта как реальная причина сейсмического среза зданий // Объединенный научный журнал. 2008. № 11. С. 57-60.
6. Sergey Smirnov. Seismic shears of buildings are the result of output of upper soil thickness, displaced by abyssal seismic waves // The integrated Scientific Journal. Moscow, Russia, 2009, № 7, pp. 64-68.
7. Ray W. Clough, Joseph Penzien. Dynamics of Structures. New York, 1975, 320 p.

УДК 624.131.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РЫХЛОГО МАССИВА ГРУНТОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ПЛОЩАДИ ПЛАТО КАРОЙ С УЧЕТОМ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Искандеров Р.Р.
r_u_s.tam@mail.ru
Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина,
г. Алматы, Республика Казахстан

В работе описаны сейсмические, геологические, гидрогеологические условия района исследований. Выявлены факторы, определяющие устойчивость рыхлого массива западной части плато Карой, подконтрольной накопителю сточных вод Сорбулак, в условиях сейсмического воздействия. По результатам исследования больших по объему смещений грунта с перемещением их на несколько сотен метров (тем более десятков километров) не ожидается. Гипотеза о катастрофической роли накопителя Сорбулак при сильном землетрясении представляется сомнительной.

Ключевые слова: сейсмо-генерирующие зоны, коэффициент устойчивости, категории грунтов, геологические, гидрогеологические особенности.

В средствах массовой информации высказывалась обеспокоенность о возможных сейсмогенных деформациях в западной части плато Карой, на участке влияния оз. Сорбулак. Эти деформации якобы могут привести к смещению рыхлых грунтов и их движению в сторону автодороги Алматы – Караганда, сформированию сейсмогенного оползня, который, достигнув русла р. Курты, может перейти в катастрофический грязевой сель в нижнем течении р. Курты. Одной из предпосылок таких суждений является то, что в юго-западной и западной частях котловины оз. Сорбулак имеется два участка с пониженными берегами: один длиной 3,3 км, другой – 2,0 км. Западнее этих участков проходит автодорога Алматы – Караганда.

Для возможности оценить устойчивость рыхлого массива грунтов были изучены материалы предыдущих исследований [1,2], рассмотрены действующие нормативы по макросейсмической оценке и общему сейсмическому зонированию территории, проведены инженерно-геологические и гидрогеологические исследования, определены фильтрационные, водно-физические и деформационные свойства грунтов [3].

Известно, что интенсивность землетрясений в баллах по шкале MSK-64, продуцируемых очагами Дегересской, Малайсаринской, Алматинской, Заилийской сейсмогенерирующих зон (СГЗ) и др. в районе оз. Сорбулак находится в зоне нормативной интенсивности землетрясений 8 баллов, в 10 км к ЮВ от границы в зоне 7 баллов.

Для ответа на вопрос, каковы ускорения в случае 8-балльного землетрясения в районе оз. Сорбулак, обратимся к карте $ОСЗ_{475}$ территории Казахстана с периодом 475 лет повторяемости землетрясений в пиковых ускорениях грунта (рисунок 1). Согласно пункту 6.1.3 норматива на карте $ОСЗ_{475}$ потенциальная сейсмическая опасность территории Республики Казахстан характеризуется изолиниями амплитуд горизонтальных пиковых ускорений [4]. Как видно из рисунка 1, акватория оз. Сорбулак пересекается изолинией амплитуд горизонтальных пиковых ускорений со значением $a_{gR(475)}$ = 0,15 g, или 0,15 * 9,81 = 1,47 м/с^2. Показатель сейсмической интенсивности $a_{gR(475)}$ = 0,15 g относится к скальным и скально-подобным геологическим формациям [4]. Следовательно, значение 1,47 м/с^2 можно использовать как расчетное значение сейсмического ускорения для определения коэффициента устойчивости массива грунтов, относимых к типу 1А.

В ходе исследований определены показатели сейсмической опасности района оз. Сорбулак по картам для периода 475 лет повторяемости землетрясений: показатель сейсмической

интенсивности в скальных и скально-подобных грунтах (тип грунтовых условий 1А) в виде амплитуд горизонтальных пиковых ускорений составляет $a_{gR(475)}$ = 0,15 g; интенсивность землетрясений составляет 8 баллов по макросейсмической шкале MSK-64 для «средних» грунтовых условий.

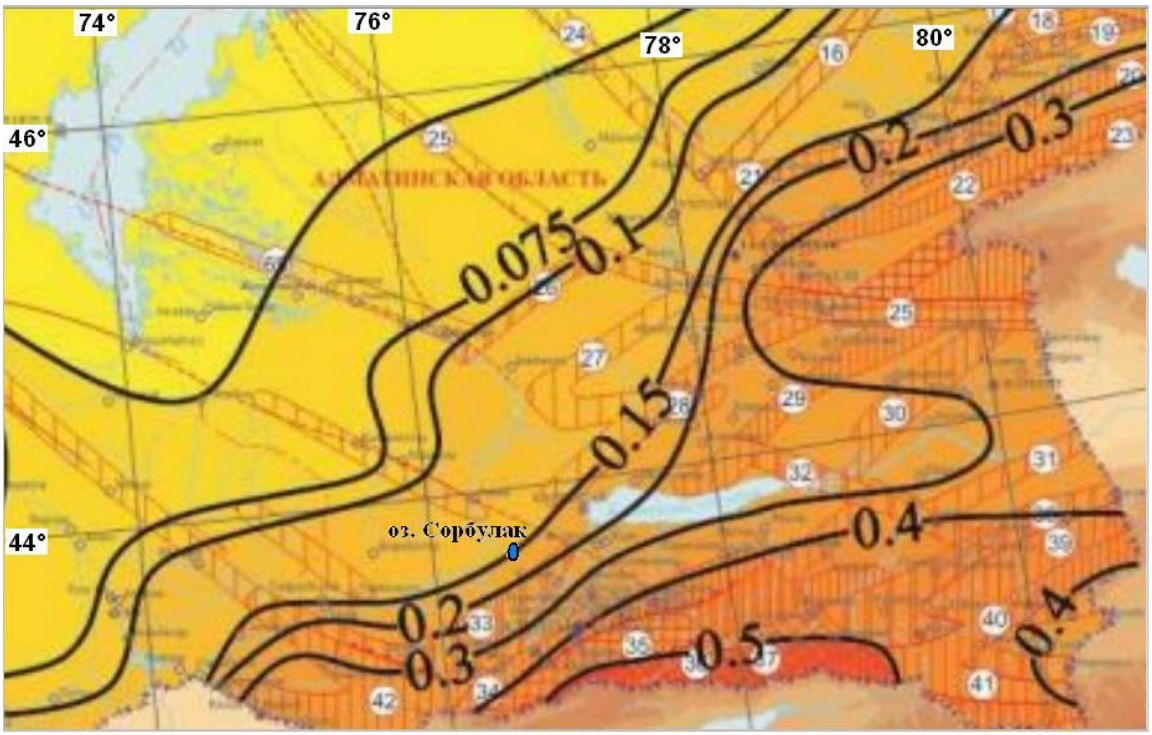


Рисунок 1 – Фрагмент карты ОСЗ территории Казахстана для периода 475 лет повторяемости землетрясений в пиковых ускорениях грунта и позиция оз. Сорбулак

Поскольку по району оз. Сорбулак карта сейсмического микрозонирования (СМЗ) отсутствует, то допускается определять показатели сейсмической опасности участков в баллах и ускорениях [4].

Показатели сейсмической опасности участков с разными грунтовыми условиями в значениях горизонтальных пиковых ускорений при фактических грунтовых и топографических условиях ($a_{g(475)}$) определяют по формуле

$$a_{g(475)} = a_{gR(475)} * S(a_{gR(475)}) * S_T, \quad (1)$$

где: $a_{gR(475)}$ = 0,15 g; $S(a_{gR(475)})$ – коэффициент, характеризующий влияние фактических грунтовых условий площадки строительства на интенсивность сейсмических воздействий, определяется по таблице 1; S_T – коэффициент, учитывающий топографические эффекты усиления горизонтальных сейсмических воздействий на площадке строительства. Принимается равным 1 при крутизне склонов менее 15° и относительных превышениях не более 30 м. В районе оз. Сорбулак крутизна склонов составляет менее 1°, а в бортах р. Курты – 2-5°.

Подставляя в формулу значение $a_{gR(475)}$ = 0,15 g во 2-ю колонку табл.1, получим результат в колонке 3. Коэффициент $S(a_{gR(475)})$ составляет 1,2 для грунтовых условий типа IБ, 1,6 для грунтовых условий типа II, 2,05 для грунтовых условий типа III. Подставляя эти значения в формулу (1), получим:

$a_{g(475)}$ = 0,15 g * 1,2 = 0,18 g, для грунтовых условий типа IБ,

$a_{g(475)}$ = 0,15 g * 1,6 = 0,24 g, для грунтовых условий типа II,

$a_{g(475)}$ = 0,15 g * 2,05 = 0,3075 g, для грунтовых условий типа III.

Таблица 1 – Значения коэффициентов $S(a_{gR(475)})$ и $S(a_{gR(2475)})$

Тип грунтовых условий по сейсмическим свойствам	Значения коэффициентов $S(a_{gR(475)})$ и $S(a_{gR(2475)})$ в зависимости от величин $a_{gR(475)}$ и $a_{gR(2475)}$ соответственно	Расчет значений коэффициентов $S(a_{gR(475)})$ для $a_{gR(475)}$ = 0,15 g (тип IA, район оз. Сорбулак)
IA	1,0	1,0
IБ	$1,0 \le (1,4 - a_{gR} / g) \le 1,2$	$1,0 \le (1,4 - 0,15) \le 1,2$ $S(a_{gR(475)}) = 1,2$, т. к. $(1,25) > 1,2$
II	$1,1 \le (2,0 - 2,5 * a_{gR} / g) \le 1,6$	$1,1 \le (2,0 - 2,5 * 0,15) \le 1,6$ $1,1 \le (2,0 – 0,375) \le 1,6$ $S(a_{gR(475)}) = 1,6$, т. к. $(1,625) > 1,6$
III	$1,3 \le (2,5 - 3,0 * a_{gR} / g) \le 2,4$	$1,3 \le (2,5 - 3,0 * 0,15) \le 2,4$ $1,3 \le (2,5 - 0,45) \le 2,4$ $1,3 \le 2,05 \le 2,4$ $S(a_{gR(475)}) = 2,05$

Определенные нами значения показателей сейсмической опасности участков с разными грунтовыми условиями в значениях горизонтальных пиковых ускорений при фактических грунтовых и топографических условиях в районе оз. Сорбулак сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Значения показателей сейсмической опасности участков с разными грунтовыми условиями в значениях горизонтальных пиковых ускорений при фактических грунтовых и топографических условиях в районе оз. Сорбулак

Тип грунтовых условий по сейсмическим свойствам	$a_{g(475)}$, горизонтальные пиковые ускорения в единицах g	Горизонтальные пиковые ускорения, м/с^2
IA	0,15	1,47
IБ	0,18	1,77
II	0,24	2,35
III	0,3075	3,02

Для описания и иллюстрации района к западу и северо-западу от оз. Сорбулак до р. Курты построены 2 инженерно-геологических разреза: разрез по линии АБ (рисунок 2), и разрез по линии ВГ (рисунок 3). В пределах рыхлого массива между р. Курты и оз. Сорбулак в западной части плато Карой пробурено 4 скважины и один куст из 4 скважин, 6 шурфов. Для построения разрезов АБ и ВГ также использованы разрезы по ранее пробуренным скважинам.

В геоморфологическом отношении участки к западу и северо-западу от оз. Сорбулак до р. Курты расположены в пределах двух типов рельефа (инженерно-геологических районов): денудационной цокольной слабоволнистой равнины периорогенного плато Карой-Бозой и эоловой бугристо-грядовой равнины (пески Мойынкум, Жаманкум), сформированной на перевеянной аллювиальной среднечетвертичной равнине Западно-Илийской межгорной впадины.

Собственно поверхность плато Карой-Бозой представлена в северо-западной части района, по берегам р. Курты. Поверхность плато полого наклонена с северо-запада на юго-восток под углами 0,25° – 1,3°, имеет отметки 580 – 680 м и слабо расчленена. Лишь по врезу р. Курты крутизна склонов увеличивается до 4,0° – 5,0°. Здесь денудационная равнина усложнена приречным мелкосопочником.

Перевеянная аллювиальная среднечетвертичная равнина расположена в юго-восточной части описываемого района. На разрезе АБ (рисунок 2) равнина имеет отметки 605 – 635 м, с весьма пологими уклонами (0,5° – 1,0°), часто с горизонтальной поверхностью. Эоловая

переработка поверхностных отложений незначительная. На разрезе ВГ (рисунок 3) аллювиальная равнина представлена среднечетвертичной террасой, в которую вложена верхнечетвертичная терраса, прилегающая непосредственно к р. Курты по правому берегу. Отметки поверхности аллювиальной равнины составляют 585 – 620 м, уклоны поверхности составляют 0,06° – 0,4° или отсутствуют. Эоловая переработка поверхностных песчаных отложений привела к формированию бугров, высотой 3-5 м. Большая часть поверхности аллювиальной среднечетвертичной равнины изменена в результате устройства садов, огородов, полей, орошаемых водой из оз. Сорбулак.

Геологическое строение района к западу и северо-западу от оз. Сорбулак до р. Курты различается в пределах двух выделенных типов рельефа (инженерно-геологических районов).

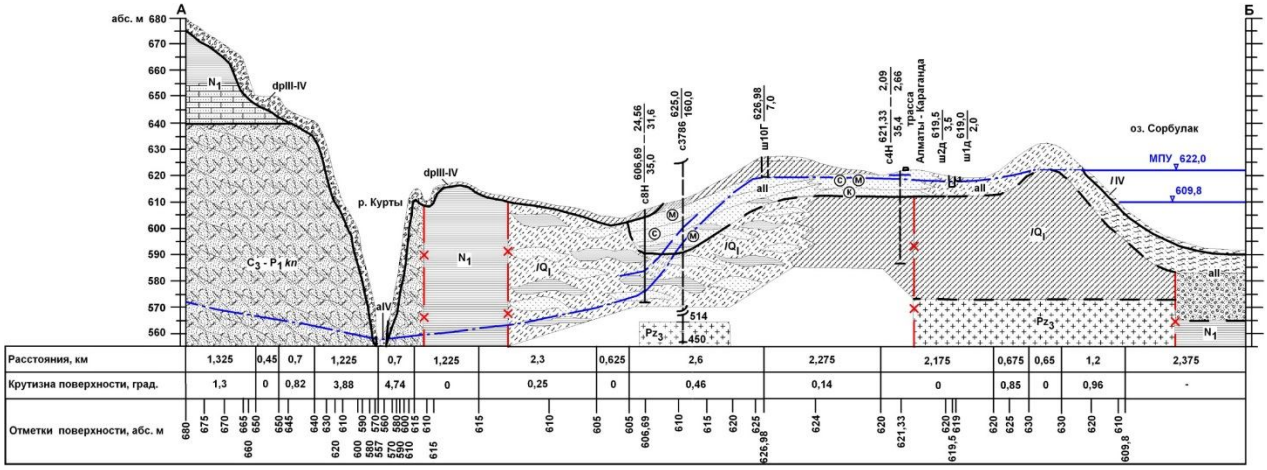


Рисунок 2 – Инженерно-геологический профиль АБ. Соотношение вертикального и горизонтального масштабов равно 50. Составил: Жданович А.Р.

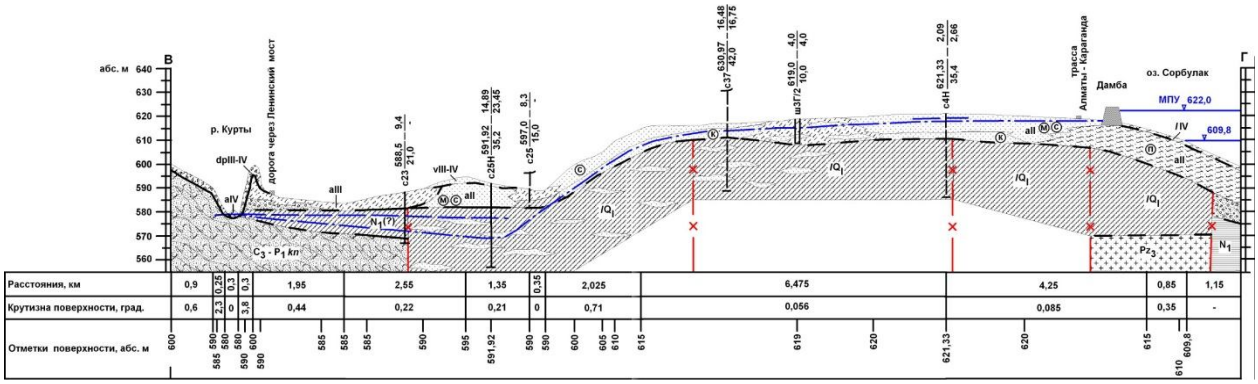


Рисунок 3 – Инженерно-геологический профиль ВГ. Соотношение вертикального и горизонтального масштабов равно 50. Составил: Жданович А.Р.

Расчет коэффициента запаса устойчивости ($k_з$) грунтового массива методом теории предельного равновесия относится к интегральным расчетным методам и базируется на совместном анализе сдвигающих (A) и удерживающих (B) сил при рассмотрении состояния потенциально оползневого тела (формула 2) [5-8].

$$k_з = B / A = (B_g + B_c) / (A_g + A_c), \quad (2)$$

где: B_g – силы сопротивления, обусловленные силой тяжести; A_g – силы сдвижения, обусловленные силой тяжести; B_c – дополнительная нагрузка от сейсмического ускорения по нормальному направлению; A_c – дополнительная нагрузка от сейсмического ускорения по касательному направлению.

Формулы расчета сдвигающих (A_g, A_c) и удерживающих (B_g, B_c) сил приведены ниже:

$B_g = \text{tg}\,\varphi_м \sum_{i=1}^{n} P_i \cos\theta_i + C_м L_0$, кН;	(3)
$A_g = \sum_{i=1}^{n} P_i \sin\theta_i$, кН;	(4)
$B_c = -k_c \,\text{tg}\,\varphi_м \sum_{i=1}^{n} P_i \sin(\theta_i - \upsilon_c)$, кН;	(5)
$A_c = k_c \sum_{i=1}^{n} P_i \cos(\theta_i - \upsilon_c)$, кН;	(6)

где: L_o – площадь криволинейной поверхности ослабления, м^2; θ_i – угол наклона подошвы i-го блока, равный углу между горизонталью и касательной к поверхности ослабления в точке проекции на поверхность ослабления центра тяжести i-го блока, град.; P_i – вес i-го блока, кН; $C_м$ – сцепление грунта в массиве, кПа; $\phi_м$ – угол внутреннего трения грунта в массиве, град.; k_c – коэффициент сейсмичности, в рассматриваемом случае принимается равным $a_{g(475)}$ в зависимости от грунтовых условий; υ_c – угол наклона сейсмического ускорения, град.

288

Оценку сейсмической опасности оползневого участка можно разбить на три этапа: 1 – оценка максимальных сейсмических ускорений; 2 – составление инженерно-геологической и структурной моделей массива, формулирование гипотезы о возможной поверхности ослабления и характере смещения; 3 – составление геомеханической модели склона и вариативная прогнозная оценка при различных значениях сейсмических ускорений и физико-механических показателях в массиве [7].

Однако в рассматриваемом случае (рисунки 2, 3) невозможно выбрать потенциально опасное оползневое тело и сформулировать гипотезу о поверхности ослабления и характере смещения из-за практически горизонтальной поверхности террасы, сложенной среднечетвертичными аллювиальными рыхлообломочными отложениями, на протяжении 9-10 км к западу от берега оз. Сорбулак. Так, на разрезе АБ уклоны поверхности составляют 0,5° – 0,9° (рис. 2), на разрезе ВГ – 0,06° – 0,09° (рис. 3).

Проведение любой наклонной линии в разрезе среднечетвертичных аллювиальных рыхлообломочных отложений в качестве поверхности скольжения, служащей основанием потенциально оползневого тела, не достаточно для смещения. Поскольку выведенная из равновесия масса грунта будет удерживаться соседним массивом грунта, препятствующим смещению. Иными словами, за счет влияния оз. Сорбулак и развития грунтов по III-му типу грунтовых условий, согласно сейсмическим и физико-механическим свойствам, нет потенциально опасного оползневого массива. Который мог бы обладать запасом потенциальной гравитационной энергии, преобладающей над свободным пространством, расположенным ниже по рельефу. Что послужило бы причиной перемещения смещенных масс вниз по склону под воздействием суммарных сдвигающих гравитационных и сейсмогенных сил. Модель массива с практически горизонтальной поверхностью рельефа всегда дает коэффициент устойчивости во много раз больше единицы. Поэтому, ожидать каких-либо больших по объему смещений грунта с перемещением их на несколько сотен метров, а тем более десятков км не приходится.

Исследования показали, что в радиусе 7 км вокруг накопителя Сорбулак нет ни одной сейсмогенерирующей зоны. Следовательно, на участке накопителя Сорбулак и территории к СЗ от него возможны только слабые ($M_{max} \leq 4{,}0$) и средние ($4{,}0 < M_{max} \leq 6{,}0$) по магнитуде землетрясения.

Ближайшие сильные землетрясения ($M_{max} > 6{,}0$) могут возникать к ЮВ от накопителя Сорбулак, в районе Заилийского хребта на расстоянии 45 км и более. Поверхность плато Карой-Бозой представлена в северо-западной части района денудационной цокольной слабоволнистой равниной. Поверхность плато полого наклонена с северо-запада на юго-

восток под углами 0,25°– 1,3°, имеет отметки 580 – 680 м и слабо расчленена. Лишь по врезу р. Курты крутизна склонов увеличивается.

Рассчитанный коэффициент запаса устойчивости грунтового массива методом теории предельного равновесия показал, что в рассматриваемом случае невозможно выбрать потенциально опасное оползневое тело и невозможно сформировать гипотезу о поверхности ослабления и характере смещения массива из-за практически горизонтальной поверхности террасы, сложенной среднечетвертичными аллювиальными рыхлообломочными отложениями на протяжении 9-11 км к западу от берега накопителя Сорбулак.

Иными словами, в зоне влияния накопителя Сорбулак и за счет наличия грунтов III-го типа, по сейсмическим и физико-механическим свойствам нет условий для формирования потенциально опасного оползневого массива, обладающего запасом потенциальной гравитационной энергии над расположенным ниже по рельефу свободным пространством и движения смещенных масс вниз по склону под воздействием суммарных сдвигающих гравитационных и сейсмогенных сил. Модель массива с практически горизонтальной поверхностью рельефа всегда дает коэффициент устойчивости во много раз больше единицы. Поэтому, ожидать каких-либо больших по объему смещений грунта с перемещением их на несколько сотен метров, а тем более десятков километров не приходится. Следовательно, гипотеза о катастрофической роли накопителя Сорбулак при сильном землетрясении представляется сомнительной.

Литература

1. Тикенова Л.Ф. Формирование подземных вод плато Карой под антропогенным воздействием. Дис. … канд. геол.-мин. наук / Ин-т гидрогеологии и гидрофизики им. У.М. Ахмедсафина АН КазССР. Алма-Ата. 1988. 208 с.
2. Услуги по геофизическому обследованию тела дамбы № 1 накопителя сточных вод озера Сорбулак: Отчет о НИР / ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина». В 3-х т. Алматы. 2013. Т. 1 (текст) 199 с., т.2 –5 приложения, т. 3 – 130 с.
3. СН РК 2.03-28-2004 «Шкала для оценки интенсивности землетрясений MSK-64 (К)». Алматы: КазНИИСА. 2004. С. 10-15.
4. СП РК 2.03-30-2017. Строительство в сейсмических зонах. Астана: АО «КазНИИСА». 2017. 111 с.
5. Жданович А.Р. Опыт прогнозирования сейсмогравитационных деформаций и завально-прорывных селей (на примере бассейна Большого Алматинского озера) // Геология Казахстана. 2001. № 2. С. 62-76.
6. Постоев Г.П. Уравнение состояния массива при формировании оползней // Инженерная геология. 2010. № 12. С. 48-53.
7. Жданович А.Р. Оценка сейсмообусловленной оползневой опасности // Доклады международного семинара, посвященного мониторингу за оползнями в странах Центральной Азии (Узбекистан, Ташкент, Госкомгеология РУз – JICA, 28-30 апреля 2010 г.). Ч. 2 (Тезисы и презентационные материалы). С. 199-200.
8. Zhdanovich Andrey R. Seismic Landslide Danger Assessment // Proceedings of the International Seminar on Landslide Monitoring in Central Asian Countries (Uzbekistan, Tashkent, UzR Goskomgeology & JICA, April 28-30, 2010), Part 2: presentation. P. 201-205.

УДК 550.34:912.43(575.2)

ОБЗОР КАРТ СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Исмаилова Ж.Ж., Кыдырова Л.Ш.
jaru_93@mail.ru
Институт сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики,
г. Бишкек, Кыргызская Республика

Так как долгосрочным прогнозом крупных сейсмических событий служат карты сейсмического районирования (КСР), в статье изложен обзор по созданию таковых для территории Кыргызской Республики по данным архивов Института Сейсмологии НАН КР. Также рассмотрен процесс преобразования карт прошлых лет до современного вида, составленных с новым подходом, который учитывает все аспекты и детали ранее не включенные в карты старшего поколения. На новых КСР показаны зоны, где могут возникать очаги разрушительных землетрясений и какой максимальной интенсивности они могут достигать.

Ключевые слова: катастрофические землетрясения, Тянь-Шань, сейсмогенерирующие зоны, сейсмическое районирование, карта, магнитуда.

Для Кыргызской Республики, как горной страны, возможные последствия от сильных и катастрофических землетрясений являются не только узко-сейсмической, но и важной социально-экономической проблемой. Территория Кыргызской Республики, охватывающая значительную часть «молодого» горного сооружения Тянь-Шань, характеризуется высокой сейсмичностью (9-10-балльное Беловодское катастрофическое землетрясение 1885г.; 10-11-балльное Кебинское 1911 г.; 9-10-балльное Чаткальское 1946 г.; 8-9-балльное Сарыкамышское 1970 г.; 8-9-балльные Баткенское 1977 г. и Жаланаш-Тюпское 1978 г. и др.). Ежегодно в КР регистрируется более 5000 землетрясений различной интенсивности, из них около 7-9 относятся к сильным с магнитудой 4,5 и более. Только за последнее время нашу страну потрясли многочисленные сейсмособытия, вызвавшие разрушения зданий, гибель людей, сходы лавин и оползней, камнепады в горах, нарушения грунта (трещины, рвы). Это 9-10-балльное Суусамырское землетрясение 1992 г.; 7-8-балльные Кочкор-Атинское 1992 г. и Джамандаванское 1997 г.; 6-7-балльные Байбиче-Каратауское 1998 г., Чон-Кеминское 1999 г. и Алайское 2002 г.; 8-9-балльное Нура-Алайское 2008 г.; 8-балльное Сарыджазское 2013 г., Каджи-Сайское 7-балльное 2014 г.

Строительная практика доказала, что не может развиваться без карты сейсмического районирования (СР). Первая такая карта (масштаб 1: 2 500 000) была составлена для КР в 1964 г. и опубликована в 1968 г. На ней были показаны только площади с интенсивностью сотрясений от 7 до 9 баллов. В основе составления этой карты лежал сейсмостатистический метод [1]. Однако, как оказалось в дальнейшем, такой метод таил в себе ряд недостатков. Так, новые сильные землетрясения зачастую происходили в местах, где их не ожидали. Поэтому, требовался новый подход к составлению карт сейсмического районирования – необходимо было отражать зоны вероятного возникновения сильных землетрясений (ВОЗ) или сейсмогенерирующие зоны, с дифференциацией их по силе и оценке вероятной повторяемости во времени. Такая карта (масштаб 1:2 500 000) была создана и опубликована в 1979 г [2].

В связи с проведением более детального сейсмического районирования и запросом проектных, а также строительных организаций получить в своё пользование карту СР более крупного масштаба, в 1996 г. публикуется карта СР масштаба 1:1000 000, в основу которой был положен результат анализа материалов по геологии, новейшей тектонике, геофизике и

сейсмичности территории Кыргызстана [3]. По сравнению с предыдущими картами, на ней были сокращены площади, входящие в области 9-балльных сотрясений, и отсутствовал 7-балльный участок в Срединном Тянь-Шане (рис.1).



Рисунок 1 – Карта сейсмического районирования территории Кыргызской Республики 1995 г.

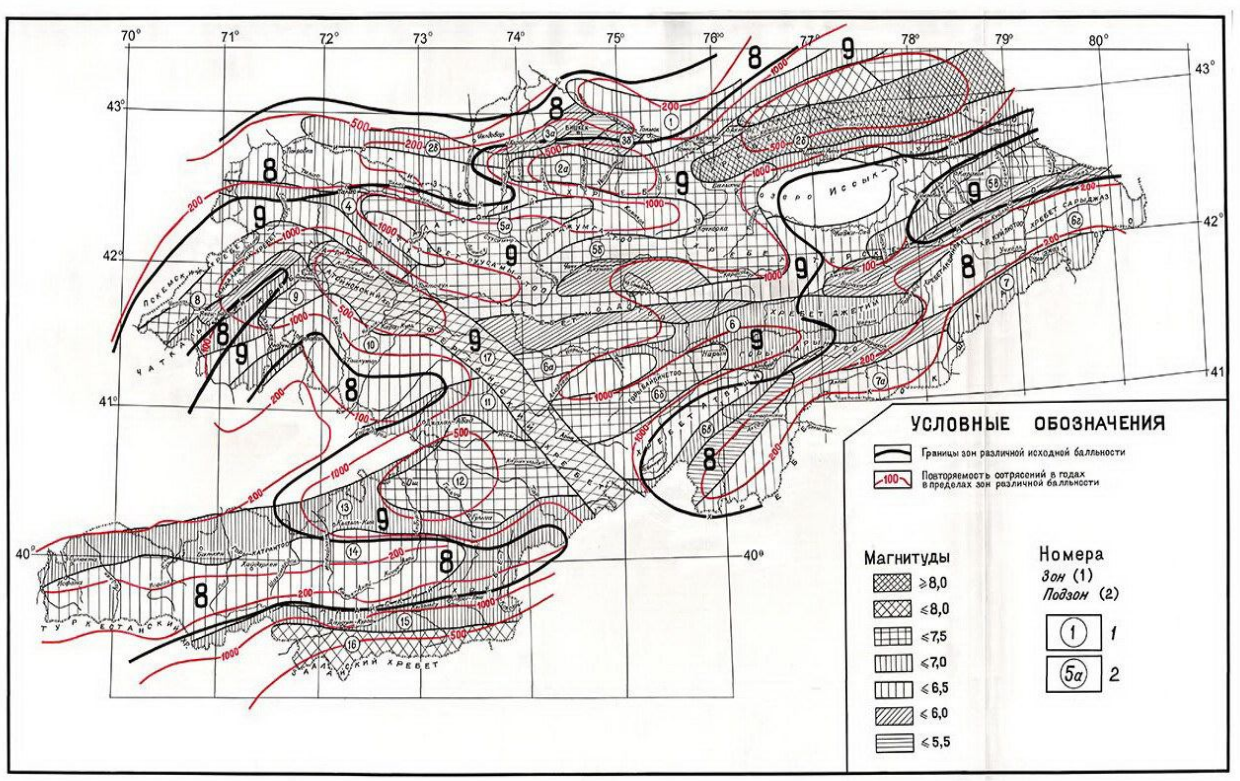


Рисунок 2 – Карта сейсмического районирования территории Кыргызской Республики 2011 г.

В 2011 году Институтом сейсмологии НАН КР была составлена очередная Карта сейсмического районирования территории Кыргызской Республики (рис.2). На данной карте, введенной в действие Госстроем Кыргызской Республики с 1 апреля 2012 года приказом №20

от 23.03.2012 года, отражена степень современной сейсмической опасности территории страны. На карте показаны уточненные и вновь выделенные сейсмогенерирующие зоны с градацией по магнитуде ожидаемых землетрясений. Изолиниями выделены области исходной 8- и 9-балльной интенсивности сотрясений по шкале MSK-64 и периоды повторяемости таких сотрясений. Выделены три крупные зоны первого ранга с исходной балльностью $I \geq 9$ и $M_{max} \geq 7.5$, в которых наиболее вероятно возникновение остаточных деформаций как сейсмогравитационного, так и сейсморазрывного характера [4].

В заключении необходимо отметить, что помимо карт СР территории КР, были созданы и внедрены институтом карты детального сейсмического районирования масштабом 1: 500 000 Северо-Восточной части Ферганы, Чуйской и Иссык-Кульской впадин и их горного обрамления (1978-1994 гг). На сегодняшний день проделан огромный труд и достигнут значительный прогресс в изучении палеосейсмичности КР, что позволило снизить уровень сейсмической опасности многих районов. Основными результатами изучения сейсмичности Республики являются построенные карты сейсморайонирования. Виден рост исследованных деталей, аспектов и особенностей сейсмозон страны. Каждая карта дополнялась в силу необходимости уточнения данных для корректного определения повторяемости сейсмособытий для определенного периода времени.

Литература

1. Сейсмическое районирование СССР / Под ред. С.В. Медведева. М.: Наука. 1968. 476 с.
2. Карта сейсмического районирования Киргизии (масштаб 1:2 500 000). Фрунзе: Илим. 1979. 23 с.
3. Джанузаков К.Д., Чедия О.К., Абдрахматов К.Е., Турдукулов А.Т. Карта сейсмического районирования Кыргызской Республики. Масштаб 1:1000 000. Бишкек: Илим. 1996. 25 с.
4. Абдрахматов К.Е., Джанузаков К.Д., Фролова А.Г., Погребной В.Н. Карта сейсмического районирования территории Кыргызской Республики. Масштаб 1:1 000 000. Объяснительная записка. Бишкек. 2012. 51 с.

УДК 523.98

СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ В РЕГИОНАХ С ГЕОМАГНИТНЫМИ СИЛОВЫМИ ЛИНИЯМИ L ~ 3.2 ПОСЛЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО РАДИАЦИОННОГО ПОЯСА В СЕНТЯБРЕ 2012 г.

Кайраткызы Д.
kairatkyzy.dina@mail.ru
Институт ионосферы, г. Алматы, Республика Казахстан

В связи с образованием дополнительного квазистационарного радиационного пояса высокоэнергичных электронов вокруг геомагнитных силовых линий 3.0 ≤ L ≤ 3.5, обнаруженного спутником «Van Allen Probes» после геомагнитной бури 3 сентября 2012 г., проведен анализ сейсмической активности в регионах, пронизанных геомагнитными линиями нового радиационного пояса. Показано, что после магнитной бури 3 сентября последовала еще серия бурь в октябре этого года, а спустя примерно две недели – 28 октября 2012 г. произошло сильное (M=7.8) землетрясение у западного побережья Канады с эпицентром 52.79^{0}N, 132.1W, который пронизан геомагнитной силовой линией L=3.32, находящейся в середине дополнительно сформированного радиационного пояса. Обнаруженный факт может быть полезен при разработке физического механизма возникновения землетрясений после геомагнитных бурь.

Ключевые слова: радиационный пояс Земли, геомагнитная силовая линия, эпицентр землетрясения.

Радиационный пояс (естественная магнитная ловушка) – есть область магнитосферы, заполненная высокоэнергичными заряженными частицами (в основном электронами и протонами), которые удерживаются магнитными силовыми линиями в соответствии с энергией этих частиц [1]. Радиационный пояс Земли был открыт в 1958 г. американским учёным Джеймсом ван Алленом по данным космического аппарата «Эксплорер-1». Основной источник заряженных частиц в радиационном поясе – есть распад альбедных (направленных от земли) нейтронов, которые образуются в атмосфере при воздействии на нее космического излучения. Нейтроны альбедо беспрепятственно проходят сквозь геомагнитное поле, но они нестабильны и распадаются на протоны с энергией до 10^3 МэВ, которые удерживаются геомагнитными линиями L~1–3, формируя внутреннюю протонную часть радиационного пояса, и электроны с энергией до нескольких МэВ, которые удерживаются геомагнитными линиями L~3.5–7.0, формируя внешнюю электронную часть радиационного пояса (внешняя синяя область на рисунке 15). Другой существенный источник заряженных частиц в радиационном поясе есть плазма солнечного ветра, проникающая в магнитное поле Земли со стороны хвоста магнитосферы, и заселяющая, в зависимости от энергии, определенные геомагнитные силовые линии. При резком изменении давления солнечного ветра магнитное поле Земли может измениться и заряженная частица может перейти на геомагнитную линию с меньшим значением L, в результате чего ее энергия увеличится. Это есть один из процессов ускорения заряженных частиц в околоземном космическом пространстве, хотя и сравнительно медленный, но способный дополнительно обеспечить радиационный пояс протонами и электронами до энергии ~ 30 МэВ [1]. Внешняя часть радиационного пояса формируется в основном этим механизмом, и поскольку этот источник зависит от геомагнитных возмущений, то внешний электронный пояс достаточно динамичный в отличие от внутреннего протонного.

В конце августа 2012 года NASA запустила на орбиту два спутника «Van Allen Probes» для изучения радиационного пояса Земли и практически сразу же было обнаружено, что структура радиационного пояса может существенно изменяться в связи с геомагнитными бурями. На рисунке 1 представлено, для примера, распределение высокоэнергичных

(релятивистских) электронов перед, в период, и после геомагнитной бури в июне 2015 г. по данным сайта: https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/van-allen-probes#foot37%29. Видно, что перед магнитной бурей релятивистскими электронами был заполнен только внешний пояс (левая панель), в период геомагнитной бури ими было заполнено все околоземное пространство (средняя панель), а после геомагнитной бури электроны рассеялись в большей части пространства, но часть их удерживалась, сформировав дополнительный внутренний радиационный пояс (правая панель). То есть, обычно, внутренний радиационный пояс заселяют высокоэнергичные протоны и низкоэнергичные электроны [1], однако, после геомагнитной бури в июне 2015 г. релятивистские электроны проникли глубоко во внутренний пояс, сформировав дополнительный пояс релятивистских электронов, который просуществовал несколько месяцев.

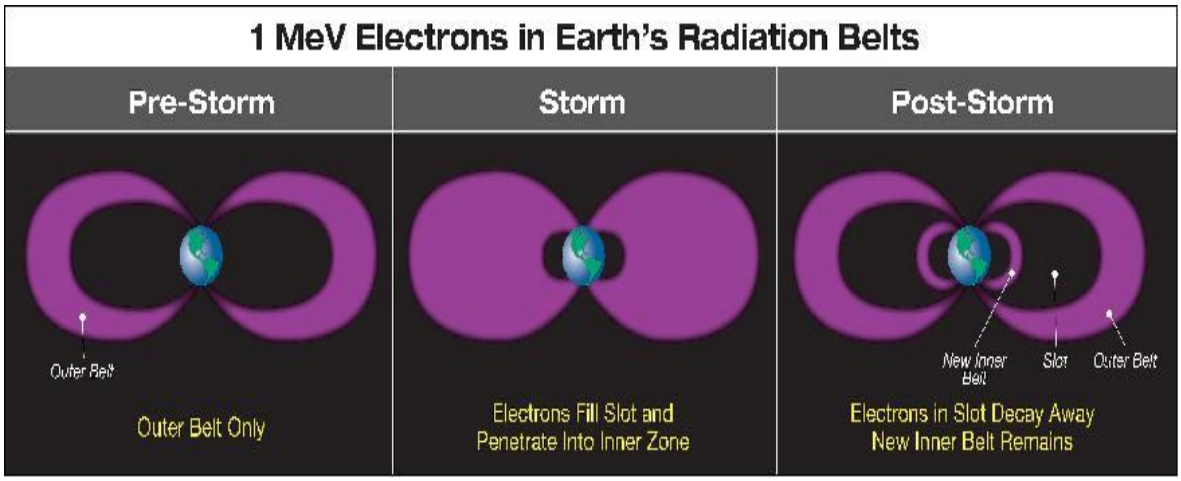


Рисунок 1 – Заполнение радиационного пояса Земли релятивистскими электронами до, во время, и после геомагнитной бури в июне 2015 г. по данным спутников «Van Allen Probes»

Недавно было обнаружено структурное соответствие между пространственными характеристиками глобальной сейсмической активности и радиационного пояса Земли [2, 3]. Соответствие проявляется в том, что сейсмическая активность более высокая в тех регионах планеты, которые пронизаны геомагнитными силовыми линиями, густо заселенными заряженными частицами на высотах радиационного пояса, и слабая в тех регионах планеты, которые пронизаны геомагнитными силовыми линиями со слабой заселенностью заряженными частицами в радиационном поясе. Последнее имеет место, например, в регионах с силовыми линиями, расположенными между внутренним и внешним радиационным поясами, где понижена концентрация заряженных частиц.

Поскольку геомагнитным бурям сопутствует процесс формирования дополнительных (временных) радиационных поясов, представляется целесообразным проверить: не усиливается ли после геомагнитных бурь сейсмическая активность в тех регионах планеты, которые пронизаны геомагнитными силовыми линиями дополнительного радиационного пояса. В докладе приведены результаты исследований в этом направлении, выполненные с участием автора в работе [3], в связи с образованием дополнительного радиационного пояса вокруг геомагнитных силовых линий $3.0 \leq L \leq 3.5$, обнаруженного спутником «Van Allen Probes» после геомагнитной бури 3 сентября 2012 г. [4].

На рисунке 2 показаны вариации геомагнитного *Dst* - индекса в сентябре-октябре 2012г. по базе данных OMNI (https://cdaweb.sci.gsfc.nasa.gov). Видно, что геомагнитная возмущенность началась с малой магнитной бури 3 сентября 2012 года, за которой последовали три умеренные бури в октябре 2012 г.

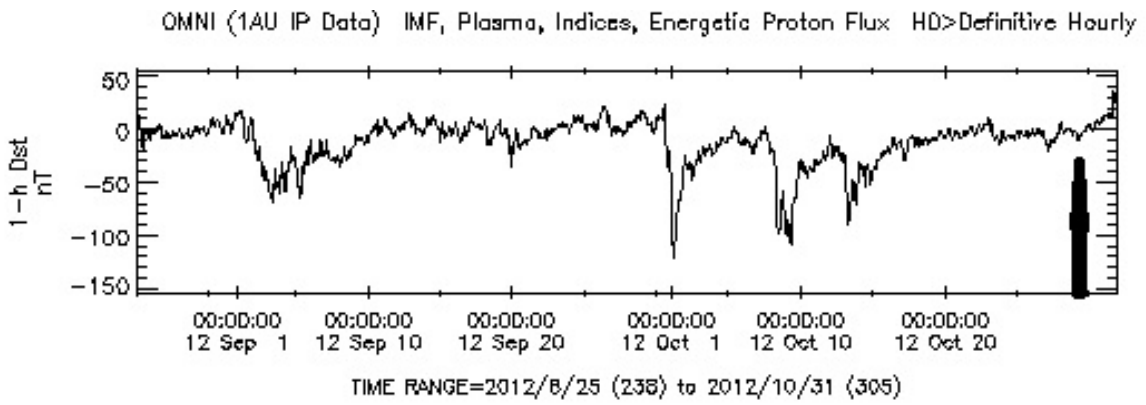


Рисунок 2 – Вариации геомагнитного *Dst*-индекса в сентябре-октябре 2012 г. по данным (https://cdaweb.sci.gsfc.nasa.gov); геомагнитная возмущенность началась с малой геомагнитной бури 3 сентября 2012 года, за которой последовали три умеренные бури в октябре 2012 г. Жирная стрелка маркирует дату сильного M=7.8 землетрясения, произошедшего 28 октября 2012 г. в 3.07UT на глубине 14 км с координатами эпицентра 52.79^0N, 132.10W, пронизанного геомагнитной силовой линией L=3.32

На рисунке 3 приведены из работы [4] значения *Dst*-индекса и скорости солнечного ветра в сентябре 2012 г. (верхняя панель), потоки высокоэнергичных электронов с энергиями 3.6MeB, 4.5MeB, и 5.6MeB, измеренные прибором REPT на спутниках «Van Allen probes» (панели b–d), а также поток высыпающихся на ночной стороне (21-03 MLT) электронов с энергией >30 keV по данным спутников POES (e). Как отмечено в [4], межпланетная ударная волна накрыла земную магнитосферу 3 сентября 2012 г. и привела к ярко выраженному опустошению (истощению) внешнего радиационного пояса на расстояниях больше чем L~3.5 (сине-зеленые области на панелях (b–d), но оставила кольцо релятивистских электронов между геомагнитными силовыми линиями L=3.0-3.5, что особенно заметно для потока наиболее энергичных электронов 5.6MeB (d). Приход межпланетной ударной волны привел к смещению плазмопаузы внутрь магнитосферы к геомагнитной оболочке L~3.0, что видно по данным о высыпании низкоэнергичных электронов (> 30 keV), измеренных детектором MEPED на спутниках NOAA POES (e).

База данных (https://cdaweb.sci.gsfc.nasa.gov) показывает, что в октябре 2012 г. произошли еще три умеренные геомагнитные бури (рисунок 2), а спустя две недели произошло сильное (M=7.8) землетрясение в регионе, пронизанном геомагнитными силовыми линиями дополнительного радиационного пояса (жирная стрелка на рисунке 2). Это сейсмическое событие случилось у побережья Канады в 139 километрах к югу от населенного пункта Массет на острове Грейам 28 октября 2012 г. в 3.07UT на глубине 14 км с координатами эпицентра 52.790N, 132.1W, пронизанного геомагнитной силовой линией L=3.32, которая находится как раз в середине геомагнитных линий L=3.0-3.5, вокруг которых сформировался дополнительный радиационный пояс. Можно добавить, что в этот день здесь произошла серия землетрясений с магнитудами от 5.3 до 7.8 (рисунок 4).

На рисунке 5 приведена гистограмма распределения количества землетрясений с магнитудой M≥4.5, произошедших в различные месяцы 2012 г. в районах, пронизанных геомагнитными силовыми линиями L=3.0-3.5. Видно, что в этих регионах максимальная сейсмическая активность пришлась на октябрь, когда произошло сильнейшее землетрясение с M=7.8 28 октября 2012 г. в 3.07UT на глубине 14 км с эпицентром 52.79^0N, 132.1W, пронизанного геомагнитной силовой линией L=3.32. Анализ данных глобального сейсмологического каталога NEIC за 1973-2017 гг. показал, что в течение этих 45 лет в регионах, пронизанных геомагнитными силовыми линиями L=3.0-3.5 произошло восемь землетрясений с магнитудой M≥7.0, а самое сильное из них с магнитудой $\underline{M}$=7.8 произошло

именно в октябре 2012 г., после того как сформировалось дополнительное кольцо радиационного пояса Земли в связи с геомагнитной бурей 3 сентября 2012 г .

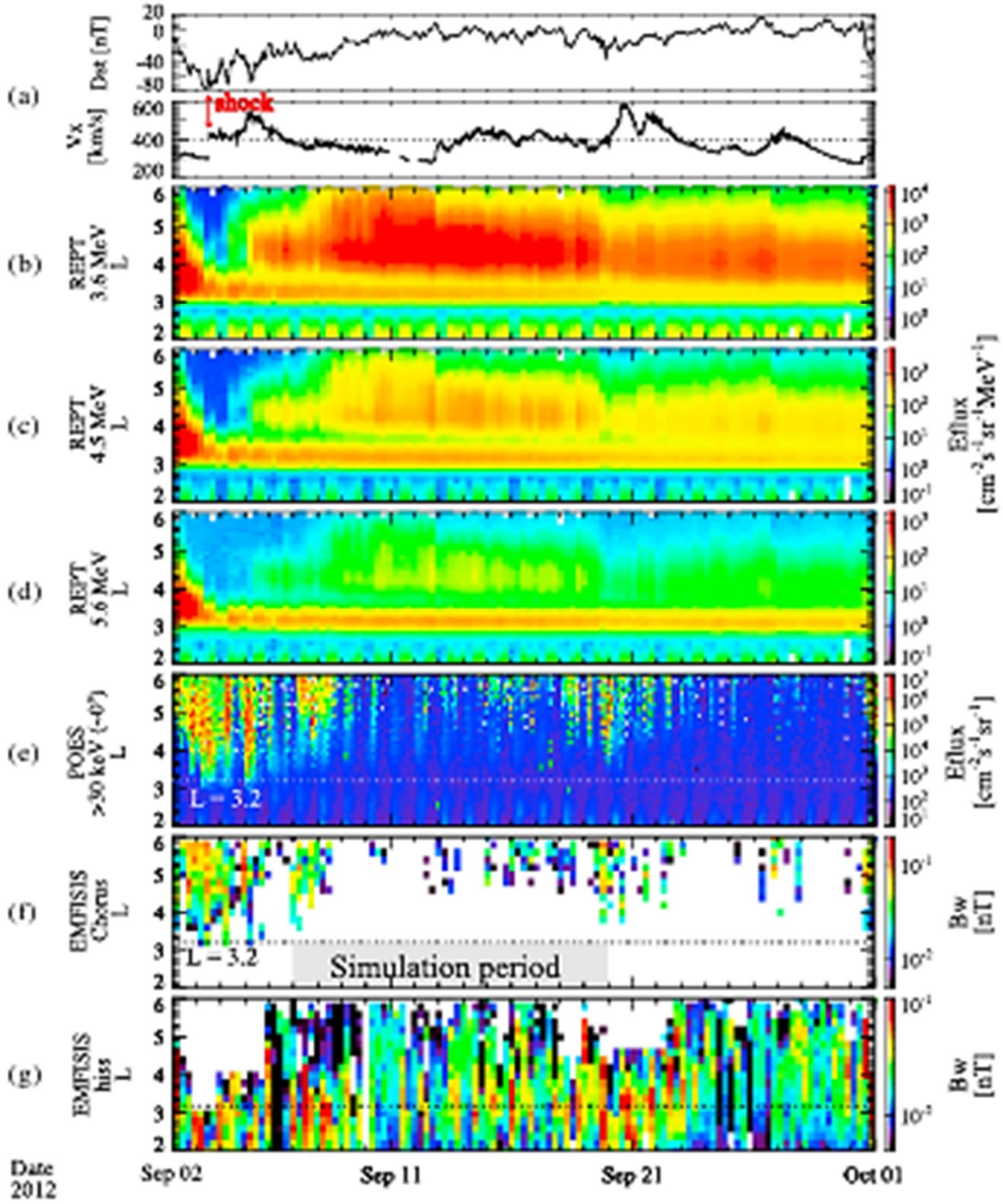


Рисунок 3 – *Dst*-индекс и скорость солнечного ветра в сентябре 2012 г. (a); потоки высокоэнергичных электронов с энергиями 3.6MeB, 4.5MeB, и 5.6MeB, измеренные прибором REPT на спутниках «Van Allen probes» (b – d); поток высыпающихся на ночной стороне (21-03 MLT) электронов с энергией >30 keV, измеренный детектором MEPED на спутниках NOAA POES; (f – g) среднеквадратичные амплитуды магнитных излучений и шипений плазмосферы по данным прибора EMFISIS на спутниках «Van Allen probes A и B из работы [4]

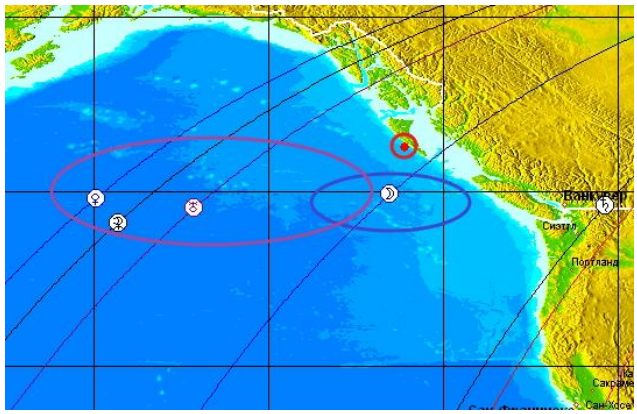


Рисунок 4 – Серия землетрясений у побережья Канады 28 октября 2012 г. с магнитудами более 5.3; красный кружок – сильнейше событие с магнитудой M=7.8

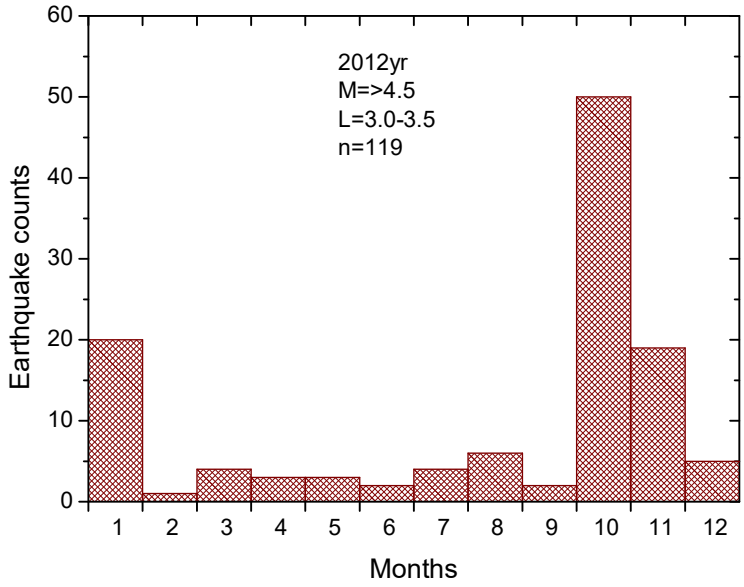


Рисунок 5 – Гистограмма распределения количества землетрясений с магнитудой $M \geq 4.5$, произошедших в различные месяцы 2012 г. в районах, пронизанных геомагнитными силовыми линиями L=3.0-3.5

Заключение. В докладе приведен результат исследования связи между динамикой радиационного пояса Земли и сейсмической активностью в основании геомагнитных силовых линий радиационного пояса в земной коре. Проведен анализ сейсмической активности в связи с образованием дополнительного радиационного пояса высокоэнергичных электронов вокруг геомагнитных силовых линий $3.0 \leq L \leq 3.5$, обнаруженного спутником «Van Allen Probes» после геомагнитной бури 3 сентября 2012 г. Показано, что за этим событием последовала еще серия из трех геомагнитных бурь в октябре данного года, а спустя две недели 28 октября 2012 г. произошло сильное (M=7.8) землетрясение у западного побережья Канады с координатами эпицентра 52.79^0N, 132.1W, который пронизан геомагнитной силовой линией L=3.32, находящейся в середине дополнительно сформированного радиационного пояса. Обнаруженный факт может быть полезен при разработке физического механизма возникновения землетрясений после геомагнитных бурь.

Благодарности. *Выражаю большую благодарность д.ф.-м.н. Хачикян Г.Я. за постановку задачи и научное руководство работой.*

Работа выполнена по программе 008 по проекту «Разработка статистических моделей пространственно-временных вариаций характеристик сейсмичности в связи с вариациями структуры и динамики радиационного пояса Земли»

Литература

1. Galper M.A. Earth radiation belt // Soros Educational Journal. 1999. № 6. электронный ресурс: www.eduhmao.ru/var/db/files/3456.9906_075.pdf
2. Хачикян Г.Я. Структурное соответствие между пространственными характеристиками глобальной сейсмической активности и радиационного пояса Земли // Физика плазмы в солнечной системе. Материалы 12 ежегодн. конф. ИКИ РАН (г. Москва, 6-10 февраля 2017 г.) Электронный ресурс: http://plasma2017.cosmos.ru/files-2017/Plasma2017_Abstracts.pdf
3. Khachikyan G., Inchin A., Zhumabayev B., Toyshiev N., Kairatkyzy D. Some correspondence between dynamics of radiation belt and seismic activity // The EGU General Assembly. 7-12 April 2019. Vienna (Austria). Vol. 21, EGU2019-3406.pdf.
4. Thorne R. M., W. Li, B. Ni, Q. Ma, J. Bortnik, D. N. Baker, H. E. Spence, G. D. Reeves, M. G. Henderson, C. A. Kletzing, W. S. Kurth, G. B. Hospodarsky, D. Turner, and V. Angelopoulos. Evolution and slow decay of an unusual narrow ring of relativistic electrons near L~3.2 following the September 2012 magnetic storm // Geophysical Research Letters, 2013, Vol. 40, P. 3507–3511, doi:10.1002/grl.50627.

УДК 550.34

СЕЙСМИЧНОСТЬ АКТИВНЫХ СТРУКТУР КЫРГЫЗСКОГО ПОДНЯТИЯ ЗА 2015-2018 ГГ.

Калысова Ж., Омуралиева А.
zhibek_kalysova@mail.ru, omuraika@mail.ru
Институт сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики,
г. Бишкек, Кыргызская Республика

Отмечены иерархия сейсмических циклов и векторы сейсмической активизации в проявлении землетрясений Кыргызского поднятия Тянь-Шаня за 2015-2018 гг.

Ключевые слова: сейсмический цикл, повторяемость землетрясения, кумулятивная сейсмическая энергия, вектор активизации.

Кыргызское устойчивое поднятие на меридианах около 72,5º и 73,5° разделяется на Западно-Кыргызское, Центрально-Кыргызское и Восточно-Кыргызское [1]. Западно - Кыргызское поднятие представляет собой северо-вергентную асимметричную антиклинальную структуру. Высота поднятия достигает 4000 м. Северное крыло его оборвано зоной Предкыргызского разлома взбросового типа южного падения.

Центрально-Кыргызское поднятие представляет собой южно-вергентную асимметричную антиклинальную структуру. Высота поднятия достигает 3500 м. Южное крыло его оборвано зоной Копуробазарского разлома взбросового типа северного падения. В срединной части поднятия формируется Каракыстакский разлом взбросового типа также северного падения.

Восточно-Кыргызское поднятие представляет собой северо-вергентную асимметричную антиклинальную структуру. Высота поднятия достигает 4900 м. Северное крутое крыло складки оборвано зоной Чункурчакского разлома взбросового типа южным азимутом падения. На северном крыле разлома поэтапно образовались ветви - Шамси-Тюндюкский и Иссык-Атинский разломы. Южное крыло ограничено Каракольским разломом северного падения.

Нами рассмотрено распределение землетрясений с $K \geq 5$ (по данным Института сейсмологии НАН КР) в квадрате φ=42˚20'-43º00', λ=71˚30'-76º в интервале времени 2015-2018 гг. (рис. 1).

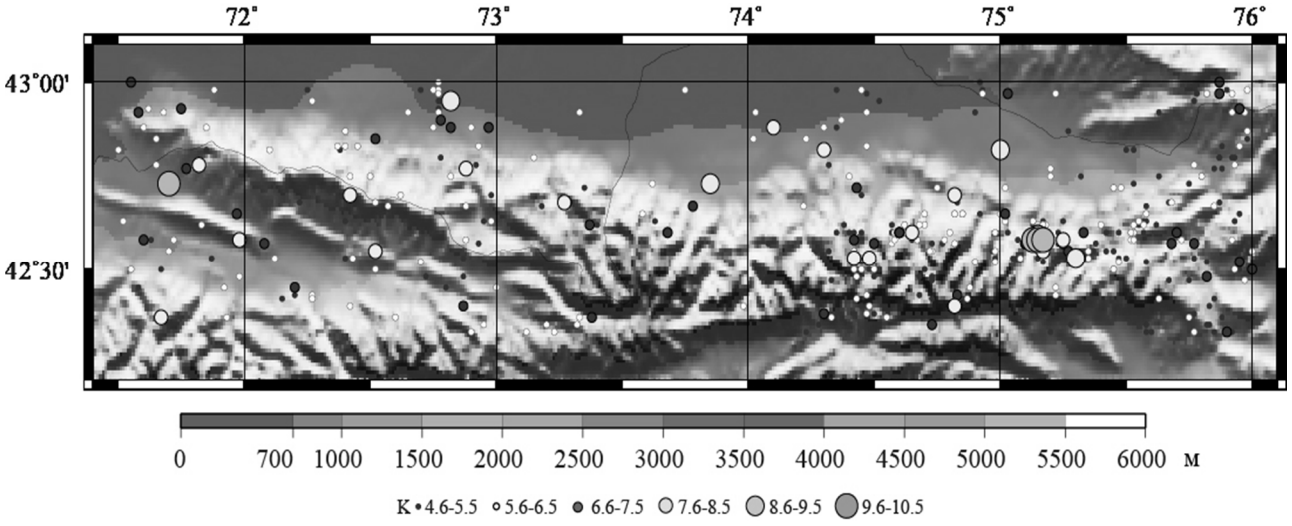


Рисунок 1 – Пространственное распределение эпицентров землетрясений с $K \geq 5$ (по данным Института сейсмологии НАН КР) в квадрате φ=42˚20'-43º 00', λ=71˚30'-76º за 2015-2018 гг.

Как видно из рис. 1 в Центрально-Кыргызском поднятии проявились землетрясения с К≤8.5, а в Западно- и Восточно-Кыргызском поднятиях проявились землетрясения с К≤10.5. Повторяемость землетрясений отражена на графике (рис. 2) и в соответствии с законом Гутенберга-Рихтера выражается формулой:

$$\lg N = -0.4453 \lg E + 0.4.3404 \quad R^2 = 0.98 \tag{1}$$

где N – средняя годовая частота, E – сейсмическая энергия (Дж), R^2- достоверность аппроксимации. Время повторения T землетрясения на основании формулы (1) выражается формулой:

$$\lg T = 0.4453 \lg E - 0.4.3404 \quad R^2 = 0.98 \tag{2}$$

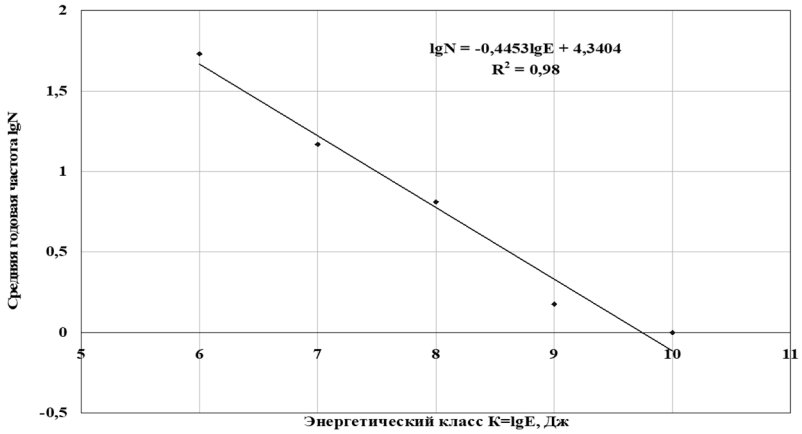


Рисунок 2 – График повторяемости землетрясений Кыргызского поднятия в квадрате φ=42-43º, λ=70.9-75.5º за 2015-2018 гг.

Последовательность проявления землетрясений Кыргызского поднятия приведена на рис. 3. В ней нелинейными полиномами выделяются иерархии сейсмических циклов, например, третьего, второго, первого порядков с характерными периодами сейсмической активизации, спада активизации и периода затишья. Энергетические классы землетрясений цикла третьего порядка K>6, второго порядка K≥8, первого порядка K≥8.7.

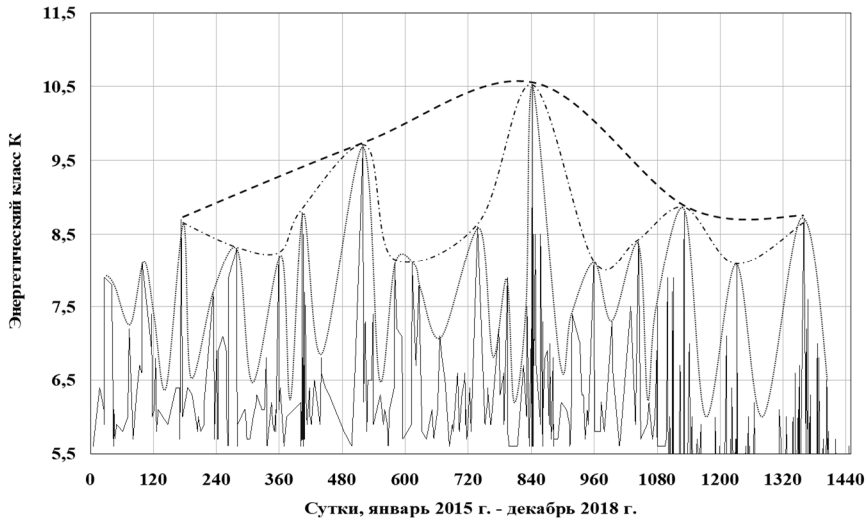


Рисунок 3 – Последовательность проявления землетрясений с K≥5 Кыргызского поднятия Тянь-Шаня с 1 января 2015 г. по декабрь 2018 г. Точечной линией обозначены периоды активизации и затишья третьего порядка, пунктирной линией с точками - периоды активизации и затишья второго порядка, пунктирной линией – периоды активизации и затишья первого порядка, выделенные нелинейными полиномами

Пики сейсмических циклов третьего и второго порядков приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Пики сейсмической активизации циклов третьего порядка

№ п.п.	год	месяц	число	Время, сутки	Энергетический класс *lgE*, Дж
1	2015	1	26	26,3131	7,9
2	2015	4	8	98,149	8,1
4	2015	6	21	172,98	8,7
5	2015	10	4	278,905	8,3
6	2015	12	23	358,886	8,2
7	2016	6	2	519,529	9,7
8	2016	8	1	580,13	8,1
9	2017	1	5	737,632	8,6
10	2017	4	21	845,029	10,5
11	2017	8	14	959,44	8,1
12	2017	11	7	1044,91	8,4
13	2018	2	3	1131,156	8,8
14	2018	5	12	1232,84	8,1
15	2018	9	17	1359,956	8,7

Таблица 2 – Пики сейсмической активизации циклов второго порядка

№ п.п.	год	месяц	число	Время, сутки	Энергетический класс *lgE*, Дж
1	2015	6	21	172,98	8,7
2	2016	6	2	519,529	9,7
3	2017	4	21	845,029	10,5
4	2018	2	3	1131,156	8,8
5	2018	9	17	1359,956	8,7

Длительность циклов третьего порядка составляет 71-160 суток, а длительность циклов второго порядка составляет 228-346 суток

Особенности последовательности проявления землетрясений выражены в вариации градиента переходов энергетических классов (*lgE*, Дж) от предыдущего к последующему (рис. 4). Величина градиента изменяется от -4.1 до 4.6, стандартное отклонение составляет 1,14. Здесь отмечается своеобразная «пульсация» - периодическое закачивание и разрядка энергии.

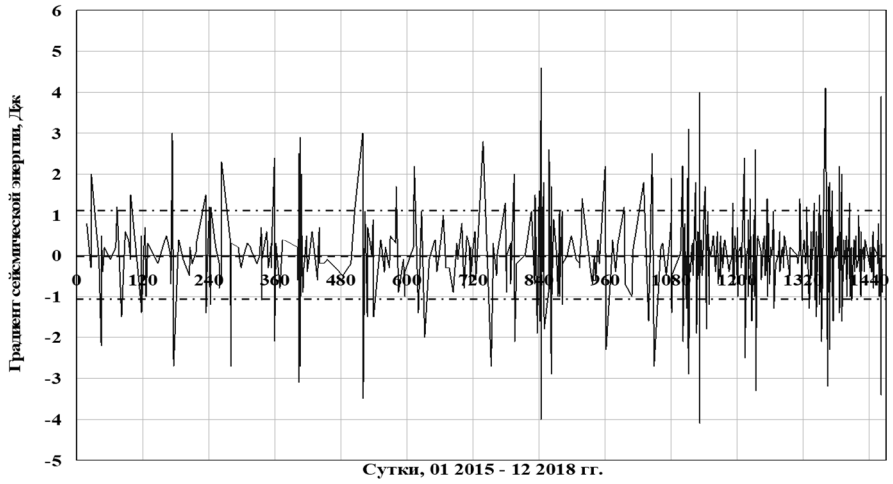


Рисунок 4 – Вариация значений градиента энергетических классов в последовательности проявления землетрясений Кыргызского поднятия за 2015-2018 гг.

График кумулятивной сейсмической энергии неровный, ступенчатый, отражает сейсмические циклы (рис. 5). Изменение ее выражается эмпирической формулой [3]:

$$Ek = (0.011t - 1.5097) \cdot 10^{11}, \text{Дж} \qquad (3)$$

где *Ек* – кумулятивная сейсмическая энергия (Дж), *t* – время (сутки), коэффициент $0{,}011*10^{11}$ имеет единицу измерения Дж/сут, и представляет собой скорость высвобождения сейсмической энергии.

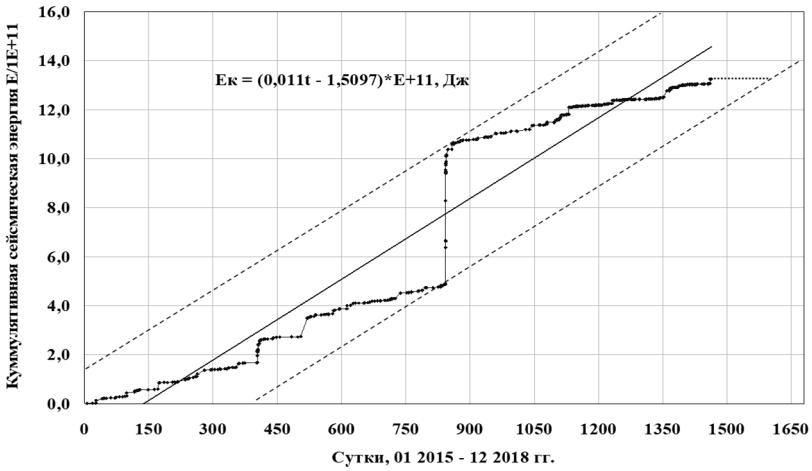


Рисунок 5 – Кумулятивная сейсмическая энергия, высвобожденная при землетрясениях с энергетическим классом $K \geq 5$ в Кыргызском активном поднятии Тянь-Шаня с января 2015 г по декабрь 2018 г. Сплошной линией обозначен тренд, пунктирными линиями обозначены нижняя и верхняя границы флуктуации значений кумулятивной сейсмической энергии, горизонтальной точечной линией обозначен вероятный интервал времени затишья, после которого наступит возможная активизация

На распределении землетрясений вдоль Кыргызского поднятия и во времени отмечается проявление векторов [1] сейсмической активизации (рис. 6).

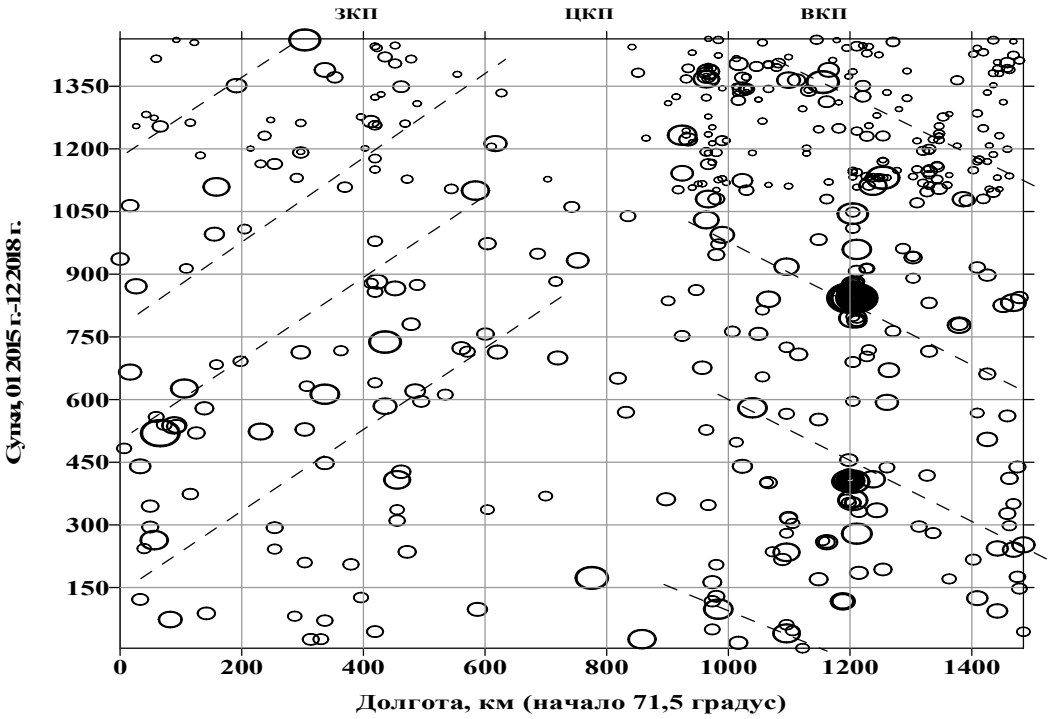


Рисунок 6 – Векторы сейсмической активизации вдоль Кыргызского поднятия за 2015-2018 гг. Масштаб расстояния (км) по долготе увеличен в четыре раза. ЗКП - Западно-Кыргызское поднятие, ЦКП - Центрально-Кыргызское поднятие, ВКП - Восточно-Кыргызское поднятие

Векторы сейсмической активизации в Западно-Кыргызском поднятии направлены с запада на восток, скорость миграции которых составляет около 0,2 км/сутки. Векторы сейсмической активизации в Восточно-Кыргызском поднятии направлены с востока на запад, скорость миграции которых составляет около 0,3 км/сутки. При этом активизация охватывает сегменты с длиной около 100 км.

Векторы сейсмической активизации поперек Восточно-Кыргызского поднятия в районе между долготами 74-75.5º за 2015-2018 гг. приведены на рис. 7. Векторы направлены с севера (от Киндиктасского поднятия) на юг и скорость миграции составляет около 0,07 км/сутки. При этом наблюдается концентрация землетрясений на висячем крыле Чункурчакского разлома.

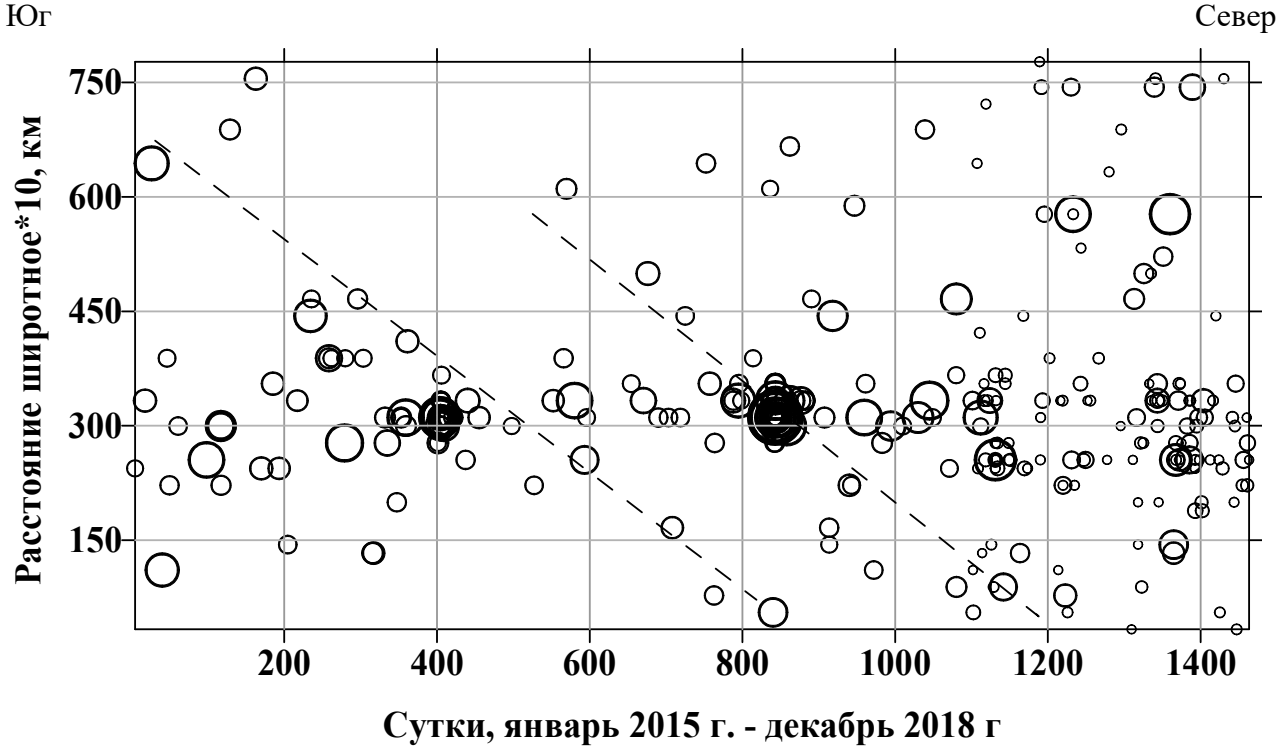


Рисунок 7 – Векторы сейсмической активизации поперек Восточно-Кыргызского поднятия в районе между долготами 74-75,5º за 2015-2018 гг. Масштаб расстояния (км) по широте увеличен в десять раз

Заключение. На основе изучения последовательности проявления землетрясений Кыргызского поднятия Тянь-Шаня за 2015-2018 гг. отмечена иерархия сейсмических циклов. Определена повторяемость землетрясений, которая выражена формулой:

$$\lg N = -0.4453 \lg E + 0.4.3404 \quad R^2 = 0.98$$

где N – средняя годовая частота, E – сейсмическая энергия (Дж), R^2 – достоверность аппроксимации, а также время повторения Т (год) землетрясения:

$$\lg T = 0.4453 \lg E - 0.4.3404 \quad R^2 = 0.98$$

Кумулятивная сейсмическая энергия выражается эмпирической формулой:

$$Eк = (0.011t - 1.5097) \cdot 10^{11}, \text{Дж}$$

где $Eк$ – кумулятивная сейсмическая энергия (Дж), t – время (сутки), коэффициент $0{,}011*10^{11}$ имеет единицу измерения Дж/сут, и представляет собой скорость высвобождения сейсмической энергии.

Отмечены векторы сейсмической активизации вдоль и поперек активных структур Кыргызского поднятия Тянь-Шаня. Скорость миграции их составляет около 0,2 км/сутки с запада на восток, 0,3 км/сутки - с востока на запад и 0,07 км/сутки - с севера на юг.

Литература

1. Абдрахматов К.Е., Омуралиева А., Омуралиев М., Калысова Ж. Динамическая сегментация, секторизация и сейсмичность активных структур Кыргызского поднятия на сочленении Тянь-Шаня и Казахского щита // Вестник ИС НАН КР. 2015. № 2 (6). С. 11-34.
2. Gutenberg B., Richter C.F. Frequency of earthquakes in California // Bull. Seismol. Soc. Am., 1944. 34. 185-188 p.
3. Касахара К. Механика землетрясений. М.: Мир. 1985. 264 с.

УДК 551.435.162

НЕКОТОРЫЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АККУМУЛЯТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И СЕЛЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ БАССЕЙНА РЕКИ ЗЕРАВШАН

Каримов А.А.
alikhon@bk.ru
Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Республика Таджикистан

Формирование аккумулятивных очагов твердого стока происходит в результате линейного размыва и является основным источником зарождения селей и их твёрдой составляющей, а отложения днищ склоновых промоин являются активными поставляющими рыхлообломочного материала в селевых руслах бассейна реки Зеравшан.

Ключевые слова: инженерно-геологические свойства, плоскостной смыв, склоновый сток, эрозионный размыв, крутой склон, боковая эрозия, водоток, линейный размыв, крутизна, расчленение, литологический состав, аккумуляция.

В верховьях Зеравшанской долины, где она является троговой, основным источником твердой фазы селевых потоков служат широко распространенные в верховьях боковых притоков моренные щебнисто – суглинистые и щебнистые накопления, которые активно размываются, образуют по тальвегам логов солифлюкционные и оползневые потоки и слагают перемычки у небольших моренных озер. Здесь чаще, чем на других участках долины р. Зеравшан, бывают ливни и грозы, и они повышают в указанных процессах тенденции к формированию селевых потоков.

При изучении инженерно-геологических свойств аккумулятивных отложений бассейна р. Зеравшан выделяются: плоскостной смыв под действием склонового стока, эрозионный размыв расчлененного характера крутых участков склоне, глубинная и боковая эрозия русел постоянных и временных водотоков, селевые явления.

Нами составлена типизация инженерно-геологических свойств и явлений этих процессов, которая приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Инженерно-геологические свойства и явления, аккумулятивных отложений реки Зеравшан

№	Процессы водной эрозии и аккумуляции	Инженерно-геологические явления и свойства	Материалы, поставленные в результате плоскостного смыва	Георискы
1	Процессы водной эрозии и аккумуляции	Формируется поток грязекаменного характера в бассейнах средней селеносности	Мелкообломочные дресва, супесь и суглинок.	Формируются денудационные и водно-аккумулятивные очаги твердого стока.
2	Эрозионный размыв расчленённого характера крутых участков склонов.	Отложения днища склоновых промоин являются активными поставщиками рыхло-обломочного материала в селевые русла.	Глина, слабо сцементированные песчаники и гипсы.	Формируются водно-аккумулятивные очаги твердого стока гравитационно–пролювиального характера.
3	Глубинная и береговая эрозия русел постоянных водотоков.	Поставляется материал в зону транзита селевых потоков	Осыпные и делювиальные шлейфы.	Подмывы бортов приводят к нарушению склонов и вызывают оползневые смещения.
4	Селевые явления	Участвуют в формировании русел		Формируются линейная, глубинная и боковая эрозии.

Плоскостной смыв осуществляется во время ливней, когда по поверхности склонов поставляется значительное количество воды, образующей вначале сплошную водную пленку. Вследствие неровностей склонов, наличия элементов микрорельефа, развития растительного покрова и уклонов, водные и каменные потоки разделяются на отдельные водные струи и малые ручейки, размывающие поверхность.

На интенсивность и характер проявления плоскостного склона оказывают влияние, главным образом, характер поверхности склонов и его крутизна. Плоскостной смыв чаще проявляется на склонах южной экспозиции или по поверхности открытых, лишенных растительности приводораздельных и верхних частях склонов и водосборных воронок. На прямых склонах южней экспозиции плоскостной смыв оказывает сглаживающее и занимающее действие на поверхности закрашенных и полузакращенных осыпей.

В приводораздельных и верхних частях склонов и на поверхности орогенных денудационных площадок, покрытых задернованными делювиальными и делювиально–осыпными накоплениями, проявления плоскостного смыва на изменение характера поверхности склонов влияния почти не оказывают – происходит вынос глинистых частиц с равномерным захватом на глубину не более 5-7 см практически на всей плоскости склона.

В результате процессов плоскостного смыва формируются денудационные и водно-аккумулятивные очаги твердого стока селей, являющиеся активными поставщиками рыхлообломочного материала в другие очаги твердого стока или непосредственно в селевые русла, последнее особенно характерно для водосборных воронок и обнаженных массивов коренных пород по бортам склоновых промоин.

Материалы, поставленные в результате плоскостного смыва, мелкообломочные: дресва, супесь, суглинок участвуют в формировании потоков грязекаменного характера в бассейнах средней селеносности.

Линейный размыв – этот тип водной эрозии представляет собой как бы более высокую ступень воздействия водных струй на отдельные участки склонов и полностью зависит от интенсивности ливней. На интенсивность размыва влияет крутизна, длина и форма склона, глубина вертикального и густота горизонтального расчленения, литологический состав пород. Наиболее интенсивно размываются прямые и выпуклые склоны в средней и нижней их части при крутизне 30-45°. Глубина расчленения от 0,6 до 1,5 м, ширина борозд до 12-18 см, к руслу переходят в хорошо оформленные склоновые промоины с высотой бортов до 240-300 м и шириной днища до 15-25 м.

Развитие линейного размыва по бортам водотоков 2-3 и более мелких порядков имеет следующие закономерности, приуроченные больше к склонам северной экспозиции: более глубокий размыв происходит по участкам развития рыхлообломочного покрова делювиального типа, наиболее глубокий врез отмечается на участках перегибов склона по выпуклому профилю (крутизна поверхности 20-38°, глубина среза до 2-2,5 м, в коренных породах - в пределах 1,5 м.). Наиболее активно происходит врез в средней части водосборных воронок и на участках с развитием зон повышенной трещиноватости или тектонических нарушений. Густота и особенно характер горизонтального расчленения находится в прямой зависимости от обнаженности склона: чем больше площадь выходов пород коренного основания, тем чаще происходит развитие глубоких промоин. Это особенно четко прослеживается при сравнении западной и восточной части участка Йоры-Чангол. Для бассейна ручьев Асадсай-Ханака более характерно развитие глубоких протяженных промоин с частотой 2-3 шт. на 1 км склона, а начиная с бассейна ручья Ойбадам и далее на восток частота промоин на 1 км достигает 15 шт.

В первом случае склоны имеют сглаженный выпуклый профиль. Развитие промоин происходит главным образом в верхних частях склонов и водосборных воронках с глубиной среза от 0,3 до 1,0 м. Частота проявления составляет 2-4 шт. на каждые 100 м. Сопровождается плоскостным смывом. Несмотря на незначительную глубину среза, размывы выносят значительное количество материала и часто являются селеносными.

Особое место отводится эрозионным промоинам, развитым по крутой поверхности крупных осыпных шлейфов. Длина их не превышает 300-350 м, ширина составляет 0,3-0,8 м, глубина вреза-от 0,6 до 3,5 м. В результате линейного размыва формируются водно-аккумулятивные очаги твердого стока гравитационно-пролювиального характера. Этот процесс является основным при зарождении селей и питании их твердой составляющей. Отложения днищ склоновых промоин являются активными поставщиками рыхлообломочного материала в селевые русла.

Глубинная и береговая эрозия русел постоянных и временных водотоков, характерна для всех без исключения бассейнов, но наиболее интересно проявляется в днищах тех ручьев, где имеются террасы, а основание склонов прикрыты осыпными и делювиальными шлейфами. Происходит постоянное углубление русел и сработка террас в днище. Высота эрозионных выхватов по подмыву составляет от 3-5 до 12м. Размеры участка достигают 150 м. Нередко подмывы бортов приводят к нарушению базиса для оползневых склонов и вызывают оползневые смещения. Этот тип эрозии является одним из наиболее активных процессов, способствующих поставке материала в зону транзита селевых потоков. На изменение типа селевого потока влияния практически не оказывают.

Селевые явления относятся к группе процессов водной эрозии и аккумуляции на основании того, что происходят в днищах долин временных и постоянных водотоков, связаны со всеми типами линейной, глубинной и боковой эрозии, участвуют в формировании русел.

В зависимости от количества выносимого материала среди селевых потоков нами различаются:

1) Малые склоновые сели с незначительным количеством единовременных выносов в днище склоновых промоин.
2) Селевые потоки временных водотоков с частыми выносами малых объёмов рыхлообломочного материала, формирующие крупные конусы выноса пролювиально-селевого характера.
3) Селевые потоки высокой насыщенности (25% и выше) рыхлообломочным материалом, по руслам постоянных и временных водотоков со значительными объемами единовременных выносов.

Данные об этих процессах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Оценка и типизация селевых потоков некоторых участков р. Зеравшан

№ п/п	Наименование селевых потоков	Условия формирования	Степени георисков
1	Малые склоновые сели.	Незначительное количество единовременных выносов в днище склоновых промоин.	Действуют в малых масштабах длительное время и формируют в рыхлых частях склонов пролювиальные водно-аккумулятивные очаги твердого стока. Степень риска не высокая.
2	Селевые потоки временных водотоков.	Вынос малых объемов рыхлообломочного материала, формирующего крупные конусы выноса пролювиально–селевого характера.	
3	Селевые потоки высокой насыщенности.	Вынос рыхлообломочного материала по руслам постоянных и временных водотоков.	Происходят редко, но носят катастрофический характер, производят разрушения в населенных пунктах.

Из таблицы 2 видно, что первые две группы действуют в малых масштабах длительное время и формируют в нижних частях склонов пролювиальные водно-аккумуляционные очаги твёрдого стока. Селевые потоки третьей группы происходят редко, но носят катастрофический характер и разгружаются в долины крупных рек, производят разрушительное действие на

населенные пункты и сельхозугодия, расположенные в устьевых частях саев и на конусах выноса.

Прохождение селевых потоков более характерно для нижнего течения ручья Такфон. Интенсификация эрозийного размыва на поверхности склонов при выведении больших объёмов водных масс в период сильных кратковременных ливней вызывает прохождение селевых потоков. Потоки также проходят на участках залегания легко размываемых пород коренного основания и мощных гравитационных обвально-осыпных шлейфах. Зарождение селевых потоков происходит на больших высотах от 3000 до 4600 и в верхней части крутых, лишенных растительности, прямых склонах водосборных воронок с размывом крутопадающих осыпей или по породам сланцевого и кремнистого состава, относимых к полускальному типу.

В зависимости от литологического состава размываемых пород фиксируются водно-каменные и грязекаменные селевые потоки. Последние бывают как несвязные, так и связные. Формирование селевых водно-каменных потоков происходит в верхней - средней части южного склона Зеравшанского хребта в пределах высокогорной зоны со скальным крутостенным сильно расчлененным рельефом эрозийно-тектонического происхождения. Образованию селей предшествует длительное увлажнение поверхности склонов в период весеннего таяния, а затем активный размыв ее в пределах эрозийно-денудационных и гравитационных (осыпных) очагов твердого стока. Первые образуются на обнаженных склонах, сложенных полускальными, средне размываемыми породами кремнисто-сланцевого состава со значительной мощностью щебнистой зоны выветривания. Последние – при гравитационном наполнении мощных осыпных и обвально-осыпных шлейфов в скальных массивах и по эрозийно-тектоническим промоинам. При размыве выносится средне-крупнообломочный материал, преобладают обломки известняка. Происхождение потоков эрозийно-осыпное; тип потоков водно-каменные, не связанные с размерами выносимых обломков до 0.6 м., преобладают обломки 0,05 – 0,15 м. слабо оббитые, угловатые.

Зарождение потоков отмечается в верхней части крутопадающих склоновых промоин с прямыми до вогнутых развернутыми склонами и почти прямым днищем с уклоном до 28°. Зона транзита проходит через несколько смещающихся различных по составу пачек с резкими скальными сужениями в известняках. Дополнительное питание осуществляется за счет подмыва осыпных шлейфов и размыва пролювиально-осыпного заполнителя днища промоин. Глубина эрозионного вреза 1,5 – 2,5 м. Образование селевых потоков связывается с прохождением интенсивных ливневых дождей (мм.). Глубина эрозионно-селевого вреза в этот период достигает 1,8-2,6 м., высота селевых валиков по бровкам промоин составляет 1,0 м., ширина 1,2 м., средний объем единовременных выносов по одной из эрозионных промоин составляет 3,5 – 5 тыс. $м^3$.

Выводы. В исследуемой территории, основным источником твердой фазы селевых потоков служат широко распространенные в верховьях боковых притоков моренные щебнисто – суглинистые и щебнистые накопления, которые активно размываются, образуют по тальвегам логов солифлюкционные и оползневые потоки и слагают перемычки у небольших моренных озер.

Формирование селевых водно-каменных потоков происходит в верхне-средней части южного склона Зеравшанского хребта в пределах высокогорной зоны со скальным крутостенным сильно расчлененным рельефом.

Зарождение потоков в бассейне реки Зеравшан отмечается в верхней части крутопадающих склоновых промоин с прямыми до вогнутых развернутыми склонами и почти прямым днищем с уклоном до 28°.

Глубинная и береговая эрозия русел постоянных и временных водотоков, производит постоянное углубление русел и сработку террас в днище.

Литература

1. Виниченко С.М. Сейсмогенные оползни и обвалы зоны сочленения Южного Тянь-Шаня и Памира и их инженерно-геологические значения. Автореф. дис. … канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ. 1989. 18 с.
2. Мустафакулов Т.М. О типизации селеопасных районов // Гидрогеология и инженерная геология в аридной зоне СССР. Вып. 3. Ташкент: Фан. 1966. С. 16-18.
3. Марков В.И., Акминин Б.Е. Четвертичные отложения и геоморфология восточной части Пенджикентской впадины. Фонды КГЭ. М. 1971. 41 с.
4. Степанов И.П., Рымневич. Отчет Зеравшанской геолого–геофизической партии по работам 1966-1968 гг. Фонд ТГУ. Пос. Геологов. 1969.
5. Федоренко В.С., Кожевников В.А. и др. Региональная инженерно–геологическая характеристика обвалов, оползней и селевых потоков в бассейне р. Зеравшан (по данным рекогносцировочных исследований в 1970 г.). Фонд ТГУ. М. - Душанбе. 1972.
6. Преснухин В.И. Инженерно-геологические параметры горных пород Таджикистана. Душанбе: Дониш. 1989. 312 с.

УДК 327.8+341.221.2

РЕШЕНИЕ ВОПРОСОВ В ОБЛАСТИ ТРАНСГРАНИЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ВСЛЕДСТВИЕ РАЗРЫВА ТРУБОПРОВОДА

Качкынбеков Б.К., Шаршеналыева У.Ш.
uma_1998@bk.ru
Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

В данной работе рассмотрено решение глобальной проблемы защиты окружающей природной среды от аварий на магистральном нефтепроводе, сопровождающейся загрязнением окружающей среды.

Ключевые слова: загрязнение окружающей среды, разрыв трубопровода, трансграничное сотрудничество, нефтепродукты.

Цель и задачи. Цель состоит в исследовании возможностей международного права в решении глобальной проблемы защиты окружающей природной среды, в первую очередь предотвращения (минимизация) ущерба окружающей природной среде от аварий на магистральном нефтепроводе, сопровождающихся загрязнением окружающей среды, пожарами, разрушениями сооружений, гибелью людей, значительными потерями материальных ценностей. На основании поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть экологические, экономические и правовые аспекты, вызванные аварией с разрывом нефтепровода;
- скоординировать действия заинтересованных сторон (стран) по решению проблемы в рамках трансграничного сотрудничества.

Нефть – природная маслянистая горючая жидкость со специфическим запахом, состоящая в основном из сложной смеси углеводородов различной молекулярной массы и некоторых других химических соединений. На протяжении XX века и в XXI веке нефть является одним из важнейших для человечества полезных ископаемых.

Нефтепродукты – смеси углеводородов, а также индивидуальные химические соединения, получаемые из нефти и нефтяных газов. К нефтепродуктам относятся различные виды топлива (бензин, дизельное топливо, керосин и др.), смазочные материалы, электроизоляционные среды, растворители, нефтехимическое сырьё. Нефтепродукты получаются в результате химического процесса - перегонки нефти, от которой при разных температурах отделяются вещества (отгоны) в парообразном состоянии. Перегонка нефти может осуществляться, например, при помощи ректификационной колонны.

Транспорт нефти – это доставка сырой нефти и нефтепродуктов. Она проходит путь от мест производства до пунктов ее потребления. Сегодня данный процесс осуществляется при помощи железнодорожного, морского и речного, а также автотранспорта. Все варианты транспортировки являют собой цельную транспортную систему перевозок нефтепродуктов. В ее состав входят сочетания устройств и подвижных средств, что обеспечивает народных потребителей и промышленные организации всеми разновидностями нефтяных грузов. Очень часто месторождение нефти расположено достаточно далеко от места покупки или переработки, поэтому вопрос экономически выгодного её транспорта всегда является почти таким же важным, как и сама нефтедобыча. Магистральные нефтепроводы (МНП) являются в настоящее время самым экономически целесообразным видом транспорта. Но, представляя собой сложный технический комплекс с находящимся в нем опасным веществом - нефтью, так же являются источником техногенных аварий, приводящих к чрезвычайным ситуациям (ЧС).

И поэтому возникает необходимость своевременного прогнозирования, предотвращения и оптимизации мероприятий по ликвидации ЧС.

Авария на объекте магистрального трубопроводного транспорта опасных жидкостей – внезапный вылив или истечение опасной жидкости в результате полного или частичного разрушения трубопровода, его элементов, резервуаров, оборудования и устройств**.** Аварии, возникающие на МНП, приводят к ЧС, так как в результате разлива нефти возможен пожар, разрушения сооружений, гибель людей, значительные потери материальных ценностей, загрязнение окружающей среды. При аварии нефтепровода и разливе нефти даже в сравнительно небольших объёмах - экологическое бедствие, ущерб от которого очень сложно измерить и вообразить, так как оно не просто убивает животных и растения, но и существенно и надолго изменяет окружающую среду. При авариях и при нормальной эксплуатации объектов нефтепользования, сопровождаемых разливами нефти и нефтепродуктов, проводятся работы по ликвидации последствий этих разливов, все это создает весьма актуальную проблему, как в экономическом, так и экологическом плане.

ЧС, вызванные авариями на МНП:

- ЧС, вызванные авариями и повреждениями основного и вспомогательного оборудования и сооружений перекачивающих станций, населенных пунктов;
- ЧС, вызванные авариями на линейной части МНП;
- ЧС, вызванные авариями и повреждениями производственной связи при ее отсутствии более двух часов.

ЧС, вызванные авариями на МНП, могут сопровождаться одним или несколькими следующими событиями:

– смертельным(и) случаем(ями);

– травмированием с потерей трудоспособности или групповым травматизмом;

– воспламенением нефти или взрывом его паров;

– утечкой транспортируемой нефти в количестве более 1 т.

Основные аспекты рассматриваемой проблемы. Экологические аспекты: экологическая опасность ЧС, вызванных авариями с разливом нефти, связана с испарением легких фракций предельных углеводородов, сероуглерода и других ядовитых веществ. При пожарах пролива в окружающую среду поступают продукты горения нефти и нефтепродуктов, которые обладают ещё большим токсическим эффектом. На основании изучения воздействий на окружающую среду и соответствующих им последствий, его эксплуатации рекомендуется выделить следующие взаимосвязанные компоненты: приземной слой атмосферы, почвенно-растительный комплекс (ПРК) и рельеф местности, животный мир, поверхностные и подземные воды.

Приведем характеристику воздействий и их последствий на перечисленные компоненты окружающей среды.

Приземный слой атмосферы. Тип воздействия - загрязнение при эксплуатации трубопроводов. Последствия - подавление роста растительности, превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе.

Почвенно-растительный комплекс и рельеф местности. Типы воздействий - механическое и тепловое разрушение, загрязнение.

Источники воздействий - строительно-монтажные работы при прокладке трубопровода и эксплуатация последнего. Последствия — развитие эрозии, оврагов, оползней, изменение рельефа, активизация криогенных процессов, заболачивание территории, снижение биологической продуктивности ПРК, уничтожение культурных посевов, развитие безлесных ландшафтов.

Воздействие на животный мир - сокращение и уничтожение кормовых ресурсов, ограничение перемещений. Источники воздействий - загрязнение и разрушение ПРК и загрязнение воздушной среды, препятствия при миграции: надомные трубопроводы, транспорт и средства механизации. Последствия - сокращение поголовья животных.

Поверхностные и подземные воды. Типы воздействия - загрязнение, механическое разрушение берегов и русла в створе перехода. Источники воздействий утечки нефти и нефтепродуктов при авариях на трубопроводе, устройство береговых и подводных траншей. Последствия - ухудшение качества воды и условий обитания водных организмов и растений, активизация русловых процессов. В отличие от классификации работы в данной классификации растительный мир объединен с питающей его средой (почвой) и представлен одной компонентой «Почвенно-растительный комплекс и рельеф местности». Такое объединение оправдано тем, что растительный покров, будучи тесно связанным с почвой, является индикатором ее состояния, потому расчленять его на две отдельные компоненты нецелесообразно.

Экономические аспекты: эксплуатация магистральных трубопроводов в режиме повседневной деятельности приносит огромную прибыль. Но при ЧС эта прибыль сокращается и затрачиваются средства на ликвидацию последствий ЧС и восстановление аварийного участка, выплаты за нанесенный ущерб и т. д., поэтому, чем быстрее ликвидация ЧС, тем меньше ущерб. Правовые аспекты. Основная проблема влияния международно-правовых актов на внутреннее право государств. До сих пор не существует единого международно-правового акта, регулирующего отношения по поводу причинения трансграничного ущерба окружающей природной среде, вызванного авариями на МНП. Комиссия международного права ООН в настоящий момент продолжает работу над созданием проекта такого международно-правового акта. Комиссии необходимо учитывать интересы государств, которые иногда являются противоположными. Комиссия международного права ООН стремится к созданию проекта единого международного договора, который был бы приемлемым для государств, придерживающихся разных позиций. На сегодняшний день этот вопрос решается путем заключения специальных соглашений, предусматривающих обязанность возмещения ущерба, причиненного лишь определенными в них видами источников повышенной опасности.

Трансграничный ущерб. Одним из аспектов загрязнения окружающей природной среды является нанесение трансграничного ущерба. Трансграничный ущерб возникает за пределами юрисдикции или контроля государства, осуществляющего деятельность, в результате которой причиняется трансграничный ущерб. Сам процесс трансграничного загрязнения можно разделить на три фазы:

- выброс загрязнителя в определенную среду;
- перенос загрязнителя через национальную границу;
- взаимодействие загрязняющего вещества с объектами окружающей среды другого государства.

Проблема предотвращения трансграничного ущерба окружающей природной среде, вызванного авариями на МНП непосредственно связана с ответственностью государств за его причинение. Государство происхождения деятельности, связанной с риском причинения трансграничного ущерба, обязано принять все необходимые для предупреждения и минимизации трансграничного ущерба окружающей природной среде законодательные, административные и другие меры. Нарушение государством этой обязанности влечет за собой возникновение ответственности за трансграничный ущерб.

Сущность понятия ответственности государства за ущерб, причиненный правомерной деятельностью, состоит в необходимости возлагать ответственность за те виды деятельности, которые являются законными, но влекут за собой экстраординарный риск причинения трансграничного ущерба в силу серьезности или повторяемости возможного нанесения ущерба окружающей природной среде. Фактическими основаниями такой ответственности государства являются событие, ущерб и причинно-следственная связь между событием и ущербом. Такая ответственность не является следствием посягательства на международный правопорядок.

Принцип предотвращения трансграничного ущерба от опасных видов деятельности, которые сопряжены со значительным риском причинения трансграничного ущерба

окружающей природной среде. Предотвращение должно стать предпочтительным средством, поскольку в случае причинения ущерба компенсация, как правило, не может обеспечить восстановления положения, существовавшего до причинения ущерба. Предотвращение, как способ избегания трансграничного ущерба, более эффективен, чем ликвидация его последствий.

Принцип должной осмотрительности, который является главным элементом обязательства предотвращения трансграничного ущерба окружающей природной среде. Обязанность государства происхождения принимать все надлежащие меры для сведения к минимуму риска причинения трансграничного ущерба основывается на принципе должной осмотрительности. При возложении на государство обязанности соблюдать принцип должной осмотрительности необходимо учитывать уровень экономического развития этого государства. В этой связи особое значение приобретает сотрудничество государств в области обмена технологиями, опытом, создания совместных проектов с целью защиты общих интересов государств в отношении предотвращения трансграничного ущерба окружающей природной среде.

Принцип сотрудничества между государствами. С помощью принципа сотрудничества обеспечивается как предупреждение трансграничного ущерба, так и ликвидация его последствий. Реализуя этот принцип, государства минимизируют трансграничный ущерб окружающей природной среде, и повышают эффективность контроля над ним.

Принцип добросовестности, предписания которого обращены к будущему поведению субъектов. Они служат основой правомерного поведения государств.

Международно-правовые проблемы и выявление принципов предотвращения трансграничного ущерба окружающей природной среде, внедрение результатов исследования позволят разрешить значительное количество межгосударственных конфликтов в связи с причинением трансграничного ущерба окружающей природной среде.

Выводы. Таким образом, проблема защиты окружающей среды и минимизация последствий экологической проблемы характеризуется планетарным масштабом. Успех может быть достигнут лишь в результате активного сотрудничества государств и учета широкого круга социальных факторов.

Для решения указанных проблем необходим комплексный подход.

- Формирование экологического сознания и экологической культуры населения: необходимо решать духовно-нравственные проблемы, изменить личностные, социальные и нравственные установки в обществе. Возникающие отношения по поводу описываемой проблемы необходимо урегулировать с помощью норм права, как внутреннего, так и международного. Цель заключается не в ограничении производства, а в новых методах производства. Достичь этой цели можно лишь в глобальном масштабе.
- Разработка национальных и международных правовых документов: сегодня существует достаточно большое количество международно-правовых актов, регулирующих отношения в области охраны окружающей природной среды. Однако они регулируют отношения в специальных областях и предусматривают ответственность за неправомерную деятельность, в то время как существенная часть трансграничного ущерба окружающей среде причиняется деятельностью, не запрещенной международным правом. Поэтому необходимы единые международно-правовые акты, регулирующие отношения в области охраны окружающей природной среды.
- Правильное применение методов ликвидации разлива нефти и нефтепродуктов.
- Озеленение территорий.
- Создание мощных очистных сооружений.
- Использование новейших технологических методов при производстве нефтепродуктов.
- Использование новых видов топлива, которые не причиняют вред здоровью и окружающей среде.

Литература

1. Старт в науке. Влияние нефтепровода на окружающую среду. https://school-science.ru/5/13/33481
2. Евротэк. Трубопроводный транспорт нефтепродуктов. http://www.eg-oil.ru/articles/150-truboprovodnyy-transport-nefteproduktov.html
3. Анализ аварий и несчастных случаев на трубопроводном транспорте. Под ред. Прусенко Б.Е., Мартынюка В.Ф. Учеб. пособие. М.: ООО «Анализ опасностей». 2003. 351 с.
4. Электронный ресурс “Википедия”: Нефть https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D1%84%D1%82%D1%8C

УДК 551.311

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Кенжебаев Т.П.
jgmp1305@mail.ru
Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

Широкое распространение оползневых процессов в Кыргызстане, многообразие условий в которых они протекают, значительная угроза жизни людей, нанесение социально-экономического ущерба требует принятия эффективных мер, обеспечивающих безопасность. Эти меры в первую очередь должны быть ориентированы на изучение, мониторинг, прогнозирование оползневых и других опасных процессов специализированными организациями.

Ключевые слова: оползни, оползневые процессы, прогноз, чрезвычайная ситуация.

На территории Кыргызской Республики в настоящее время насчитывается около 5000 современных оползней. Оползни развиты преимущественно в низко- и среднегорных зонах, совпадая с площадью распространения мезо-кайнозойских отложений, представленных переслаивающимися пестроцветными глинами, песчаниками, известняками, мергелями, гипсами с многочисленными водоносными горизонтами и лессовидными суглинками. В связи с активизацией взаимодействующих современных геодинамических движений, сейсмичности, подъемом уровня подземных вод, аномальным количеством выпадающих атмосферных осадков, а также инженерно-хозяйственной деятельностью человека в горных зонах число оползней ежегодно возрастает.

Оползни на территории Кыргызстана не только приводят к разрушениям жилых домов и инфраструктуры населенных пунктов. Даже удаленные в ущельях горных сооружений оползни представляют угрозу перекрытия русел рек, формирования прорывоопасных запрудных озер.

Общая площадь земель, пораженных оползневыми процессами, составляет около 7,5% территории республики. Наибольшее количество оползней расположено в Ошской, Джалал-Абадской областях. Всего в оползнеопасных зонах расположено около 600 населенных пунктов, опасность для которых будет существовать и в дальнейшем.

Следует отметить некоторые положения, касающиеся общих принципов изучения и прогноза оползневых процессов. Все факторы, определяющие развитие оползневых процессов, можно разделить на три группы:

а) постоянные - определяющие генетические особенности и интенсивность проявления (геологическое строение, геоморфологические условия);

б) медленно изменяющиеся - определяющие общую тенденцию развития (современные тектонические движения, климатические условия, гидрогеологические условия);

в) быстро изменяющиеся - определяющие режимы проявления оползней в краткосрочных и локальных прогнозах.

Наибольшее количество оползней образуется в многоводные годы (1969, 1978-79, 1988, 1994, 1998, 2002, 2003, 2004, 2005, 2010 гг.) и чаще связано с поверхностным увлажнением, происходящим весной в период снеготаяния и выпадения атмосферных осадков. Крупные оползни, образующиеся под влиянием подземных вод, возникают и в маловодные годы независимо от периода.

Широкое распространение оползневых процессов в Кыргызстане, многообразие условий в которых они протекают, значительная угроза жизни людей, нанесение социально-экономического ущерба требует принятия эффективных мер, обеспечивающих безопасность.

Эти меры в первую очередь должны быть ориентированы на изучение, мониторинг, прогнозирование оползневых и других опасных процессов специализированными организациями [1].

К опасным природным процессам, развивающимся на горных склонах, относятся и обвально-осыпные - обрушение масс грубообломочных отложений (обвалы), падение и скатывание отдельных обломков горных пород (камнепады), скатывание обломков горных пород по поверхности склонов (осыпи). Нередко эти процессы наблюдаются одновременно на одних участках. Обвально-осыпные процессы развиваются преимущественно на скальных и полускальных породах в горных зонах и чаще всего угрожают автомобильным и железным дорогам, линиям электропередачи и связи, базам отдыха, отдельным хозяйственным объектам, горнорудным предприятиям, жилым домам в некоторых населенных пунктах. Крупные обвалы способны перекрывать русла водотоков, создавая запрудные и завальные озера [2].

Активизация обвально-осыпных процессов происходит под действием сейсмических толчков, увлажнения. Часто камнепады и обвалы случаются в весенне-летний период после снеготаяния и выпадения ливневых осадков. Нередко причиной обвально-осыпных процессов является подрезка склонов при строительстве различных сооружений.

Литература

1. Айталиев А.М., Ажыбаев Т.А. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. Бишкек. 2017. 570 с.
2. Матазимов И.Т. Мониторинг экосистем. Бишкек. 2016. 250 с.

УДК 551.435.04

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЭКЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТРАССЕ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОДОРОГИ ДУШАНБЕ – КУЛЬМА (УЧАСТОК ШУРАБАД –КАЛАИ-ХУМБ – ВАНДЖ)

Кодиров А.А., Валиев Ш.Ф.
akmal_geolog@mail.ru, valiev_sh@mail.ru
Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Республика Таджикистан

Широкое проявление экзогенных процессов на исследуемой территории связано с инженерно–геологическими особенностями скальных и полускальных пород. Эти процессы приурочены к зонам крупных тектонических нарушений, по которым происходят интенсивные перемещения в новейшее время, что создает предпосылки для обрушения громадных по объему масс горных пород, в результате которого образуются осыпи, обвалы, камнепады, селевые потоки, солюфикационные явления и подпруживание русел рек.

Ключевые слова: экзогенные, геоморфология, рельеф, изыскания, тектоника, обвалы, осыпи, камнепады, селевые потоки, солюфикация.

Участок исследований охватывает трассу автодороги Шурабад – Калаи-Хумб – Вандж – Горно-Бадахшанская АО, пересекая многочисленные населенные пункты. Рельеф участка горный, сильно расчлененный с эрозионно-аккумулятивным правобережьем р. Пяндж. На участке в основном имеются существующие мостовые переходы, действующая трасса автодороги, жилые дома, огороды при пересечении трассы жилых поселков.

На исследуемой площади известны отложения почти всех систем – от глубоко метаморфизованных образований протерозойской группы до современных отложений. Все эти отложения участвуют в строении нескольких тектонических зон и подзон, по разрезам отличающихся слагающими их отложениями и характером структур [1].

При региональной оценке инженерно-геологических условий были изучены состав и свойства горных пород, условия формирования и развития экзогенных геологических процессов и явлений. Для объективной оценки исследуемой территории с позиции инженерной геологии, определения закономерностей распространения и развития экзогенных геологических явлений авторами была построена и адаптирована специальная крупномасштабная инженерно-геологическая карта региона (рисунок 1).

На основе анализа геологического строения и геологической истории исследуемой территории, состава и свойств горных пород в пределах данной территории нами выделены формации пород коренной основы и поверхностных отложений. Участки формации пород коренной основы подразделяются на следующие типы формации: интрузивная, эффузивная, метаморфическая, карбонатная, терригенно-карбонатная, соленосная, угленосная, терригенная, классическая (молассы) [2]. Все молодые образования отнесены к формациям предгорных долин, межгорных впадин и горных склонов, представляющих собой естественную ассоциацию горных пород различного генезиса, образующихся в определенных ландшафтно-географических зонах в тесной связи с неотектоническими движениями, климатом и оледенением.

Далее, геологические формации и входящие в них геолого-генетические комплексы пород, близкие по составу и свойствам, объединялись в инженерно-геологические группы, которые характеризуют типы связей между частицами пород, свойства пород, прочность, деформируемость, водопроницаемость и т.п., а также возможность возникновения в породах тех или иных современных геологических процессов [2].

Оценка свойств пород производилась с применением методов математической статистики и инженерно-геологических аналогий. В породах коренной основы выделены группы комплексов: скальные и полускальные породы. Поверхностные отложения подразделены на группы: лессовидные и лессовые, глинистые, песчаные, крупнообломочные, крупнообломочные с пластичными свойствами; каждая группа комплексов горных пород, как коренных, так и покровных, в свою очередь разделена на комплексы [1,2].

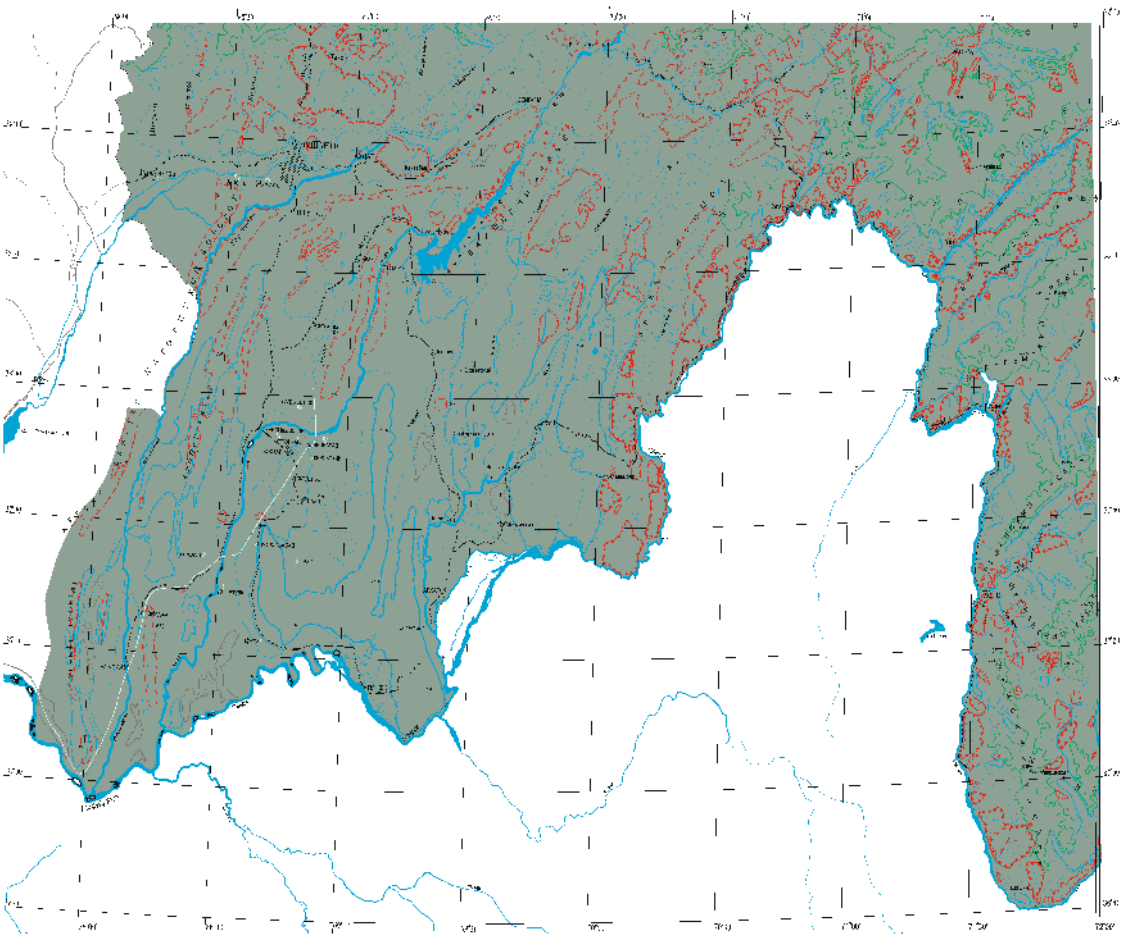


Рисунок 1 – Инженерно-геологическая карта автодороги Душанбе – Кулма (участок Шурабад – Калаи-Хумб – Вандж)

Скальные и полускальные породы – несжимаемые, невлагоемкие, водопроницаемые только по трещинам, с цементированными и кристаллизационными связями, являются наиболее устойчивыми к воздействию процессов выветривания.

Исследуемая территория характеризуется наличием мощного чехла четвертичных образований различного генезиса, состава, мощности, среди которых фрагментарно встречается скальные и полуовальные породы. Здесь они формирует своды хребтов – антиклиналей, обнажаются в их ядрах, бронирует склоны [1,2].

Скальные и полускальные породы под действием агентов денудации дают основной материал для образования осыпей, камнепадов, обвалов, селей и т.п. Оползни, обвалы, камнепады, происходящие в скальных и полускальных породах и имеющие распространение в тех же регионах, как правило, приурочены к зонам крупных тектонических нарушений, по которым происходят интенсивные перемещения в новейшее время. Эти подвижки вызывают появление целой системы параллельных и оперяющих их тектонических трещин, интенсивных и мощных зон дробления, приводящих к нарушению сложности, а, следовательно, и прочности горных пород, что создает предпосылки для обрушения громадных по объему масс горных пород [3].

Четвертичный покров на исследуемой территории почти повсеместно представлен рыхлыми несвязными породами различного генезиса, возраста, литологии и мощности. Эти отложения образуют осыпи, обвалы, камнепады, действующие конусы выноса, селевые потоки, солифлюкционные явления, подпруживание русел рек [4].

Широкое проявление оползней на исследуемой территории связано с породами илякского комплекса. Обусловлено это, в первую очередь, условиями их образования, залегания, структурой, текстурой, физико-механическими свойствами. Породы этого комплекса представлены лессами и лессовидными породами значительной мощности (до 100 и более метров) палевого и светло-палевого цвета, макропористыми, с большим содержанием гипсово-карбонатных стяжений (конкреций). Отличаются они низкой влажностью, высокой пористостью, высокими просадочными свойствами при вымачивании под собственным весом. Располагаются они по периферийным частям межгорных впадин, образуя низкие, средние и реже высокие предгорные ступени, формируя холмисто – бугристый и мелкогрядовый рельеф (адыры) [3].



Рисунок 2 – Дарвазский селевой поток и оползни

При избыточном увлажнении атмосферными осадками, водами мелиоративной сети и т.п. происходит насыщение всего массива пород влагой и, вследствие этого, нарушение природного равновесия. При этом уменьшаются силы трения и сцепления, а значительная крутизна склонов (до 30- 45°), благоприятный характер и наклон поверхности подстилающих пород способствуют возникновению оползней. Как правило, наблюдаются типичные оползни, характеризующиеся вначале медленным смещением пород, а затем стремительным [3]. Огромные массы мелкоземистых пород смещаются при этом на значительные расстояния. Реже встречаются оползни с медленным течением масс горных пород и незначительным их перемещением от места отрыва. Например, в Дарвазком районе в результате наводнения, спровоцированного сходом селя и оползня было перекрыто русло реки Пяндж с образованием запруда, приведшего в течение нескольких часов к разрушению жилых домов в деревне Ширговад. Также водой было смыто более 300 метров автодороги Душанбе – Куляб – Хорог (рис. 2). В результате схода сели было разрушено 20 домов с человеческими жертвами.

Верхнетретичные отложения лессовидного облика слагают самые низкие предгорные ступени, выполняют внутренние части депрессии и мелких частных впадин. Характеризуются они высокой пористостью, низкой влажностью и высокими просадочными свойствами. Преобладают процессы оврагообразования, карстово-суффозионные и просадочнне явления [4]. Современные отложения характеризуются малой мощностью (до 10 – 12 м), ярко выраженной слоистостью, иловатым составом (в чем они схожи с озерными глинами), довольно высокой влажностью.

Склоновые отложения по составу супесчано-суглинистые с включением обломков скальных и полускальных пород, характеризуются высокой пористостью и малой влажностью, при интенсивном увлажнении приходят в движение (рис. 1).

У равнинного делювия при песчано-глинистом составе крупность материала уменьшается вниз по склону, в то время, как у горного делювия наоборот, крупные обломки приурочены к основанию склона, а вверх по склону увеличивается содержание более гладких разностей. Объясняется это тем, что в образовании равнинного делювия преобладающую роль играют водные потоки, а формирование горного делювия происходит под действием силы тяжести. В первом случае в виде суспензии выпадают сначала крупные частицы, затем более мелкие, а во втором относительно крупные обломки смещаются ближе к основанию склона, чем мелкие. Для того и другого делювия общим является увеличение мощности к основанию склона [4]. Особенностью делювиальных образований глинистого состава или, по крайней мере, с значительным содержанием мелкоземистого материала характерно периодическое изменение влажности за счет атмосферных осадков и соответственное изменение физико-механических свойств. Делювиальные суглинки не обладают просадочными свойствами. В делювиальных образованиях глинистого состава часто развиваются оползневые процессы, особенно в предгорных районах исследуемой территории [2].

Площадное и почти повсеместное развитие различных комплексов скальных пород в Таджикистане наблюдается в основном на Памире. Скальные породы дают основной материал для образования осыпей, обвалов, оползней, селей. Главные причины, создающие условия для формирования и развития оползне-обвальных явлений в скальных массивах, – новейшая тектоническая деятельность и сейсмические явления. Образование обвалов и оползней определяется совокупностью вертикальных движений и процессов глубинной эрозии [4].

В геологическом строении трассы автодороги Калаи-Хумб – Вандж на глубине 3,0-12,0 м принимают участие отложения супесей, песков различной крупности, галечники с различным содержанием валунов и скальные породы (сланцы, песчаники, граниты, мрамора, порфириты и.т.д.) [5].

В результате проведенных расчетов в геолого-литологическом разрезе трассы автодороги Шурабад – Калаи-Хумб – Вандж выделены 3 инженерно-геологических элемента (рис. 1, 3; табл. 1,2). Выделение инженерно-геологических элементов в пределах активной зоны фундаментов и всей разведанной толщи грунтов выполнено в соответствии с ГОСТами №28514-90, №23161-78, №12536-79, №5180-84, №12248-96 и т.д.

Породы коренной основы представлены:

- по первому геологическому элементу супеси с включением обломков скального грунта до 30%. Имеющие мощность слоя: максимальная >15м, минимальная 0,13м; влажность 14,82%; плотность грунта естественного сложения 1,785т/м^3; плотность сухого грунта 1,556т/м^3;
- по второму геологическому элементу: окварцованные сланцы. Имеющие мощность слоя: максимальная >15м; влажность 14,82%; плотность грунта естественного сложения 2,388т/м^3; плотность сухого грунта 2,381т/м^3; прочность грунта на одноосное сжатие Rc (bearing capacity) - 49,3MPa; группа грунта по трудности разработки (ЭСН РТ-2007-0; ЭСН РТ-2007-01); Грунты, не обладающие агрессивными свойствами к бетону любой плотности по водонепроницаемости на любых марках цемента. К железобетонным конструкциям грунты не агрессивны;
- по третьему геологическому элементу: галечники с включением валунов до 70%; влажность 6,90%; плотность грунта естественного сложения 2,365т/м^3; плотность сухого грунта 2,276т/м^3; угол внутреннего трения (естественного откоса) нормативный 42,8^0 [5].

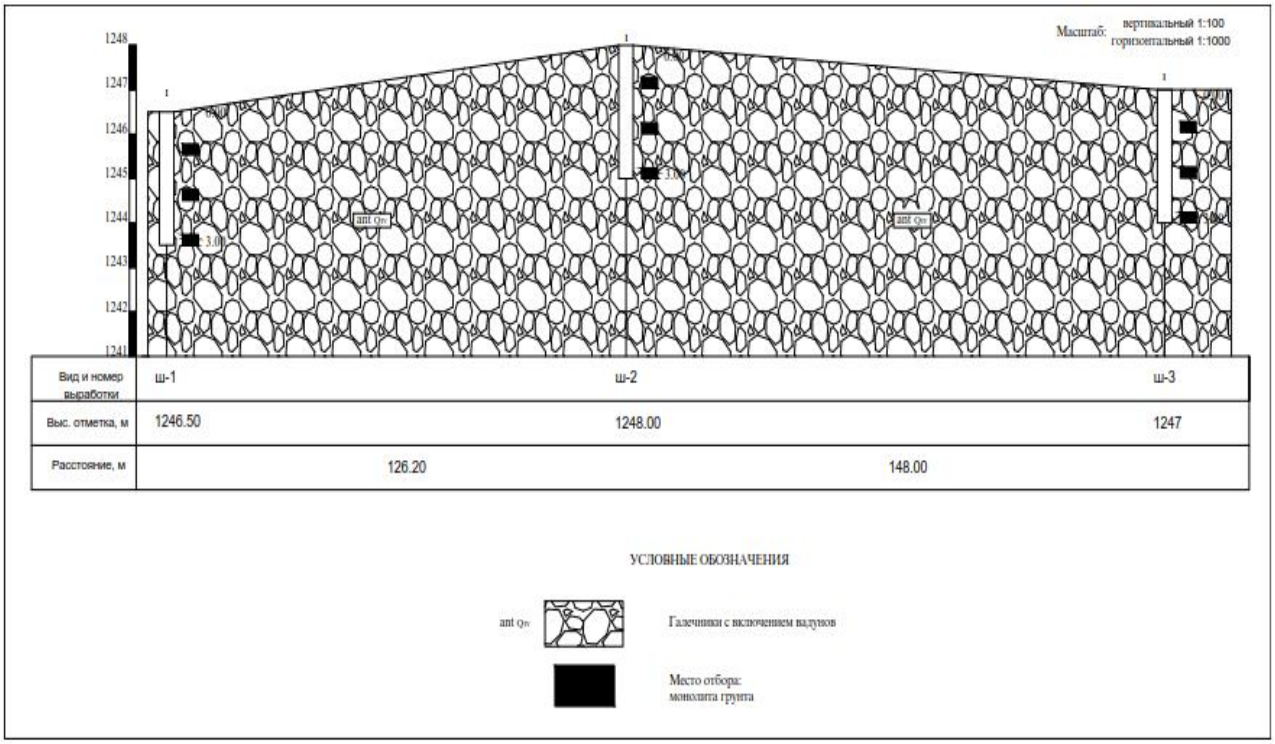


Рисунок 3 – Инженерно-геологический разрез по линии I – I – I

Литологическое описание разведочных выработок

Шурф № 1	
Абс.отм.устья: 1246,50м	Дата проходки: 16.11.2015 г.
0.00-3.0 м 3,0	Галечник с включением волунов
	УПВ не вскрыт.
Шурф № 2	
Абс.отм.устья: 1248,00 м	Дата проходки: 16.11.2015 г.
0.00-3.00 м 3,0	Галечник с включением волунов
	УПВ не вскрыт.
Шурф № 3	
Абс.отм.устья:1247,0м	Дата проходки: 16.11.2015 г.
0.00-3,0 м 3,0	Галечник с включением волунов.
	УПВ не вскрыт.

Тектоническая активность участка изысканий, согласно карте тектонического районирования Юго-западного Таджикистана [2], составляет 8 баллов, категория грунтов по сейсмическим свойствам – III (третья). Физико-механические характеристики грунтов, которыми следует пользоваться при расчете основания фундаментов и железобетонных конструкций приведены ниже и в таблице 1, 2.

Грунтовые воды вскрыты на глубине 1,7-2,5м отдельными разведочными выработками. Они обладают слабой агрессивностью, верховодками и не связаны с запасами подземных вод. Урез зеркала грунтовых вод зависит от паводков в то или иное время. Проследить сезонное колебание уровня грунтовых вод не представляется возможным в рамках выполняемого объекта выполняемых работ [5].

В результате анализа пространственной изменчивости частных показателей свойств грунтов, определенных лабораторными и полевыми методами, с учетом данных о

геологическом строении, литологических особенностях грунтов, их происхождении и возрасте в земляном полотне выделено 3 инженерно-геологических элемента. Распространение элементов по глубине и простиранию приведено в таблицах 1, 2.

Изменение физико-механических свойств грунтов, слагающих участок работ, возможно за счет повышения их природной влажности. При полном водонасыщении грунтов их консистенция переходит из твердой в текучую, что влечет за собой снижение как деформационных, так и прочностных свойств грунта, а также реализацию их просадочных свойств, что следует учесть при проектировании.

Выводы. На основе анализа геологического строения и геологической истории территории, состава и свойств горных пород нами выделены в пределах исследуемой территории формации пород коренной основы и поверхностных отложений. Четвертичный покров в исследуемой территории почти повсеместно представлен рыхлыми несвязными породами различного генезиса, возраста, литологии и мощности. Эти отложения образуют осыпи, обвалы, камнепады, действующие конусы выноса, селевые потоки, солифлюкционные явления, подпруживание русел рек. Главные причины, создающие условия для формирования и развития оползне-обвальных явлений в скальных массивах, - новейшая тектоническая деятельность и сейсмические явления. Образование обвалов и оползней определяется совокупностью вертикальных движений и процессов глубинной эрозии.

По результатам выполненных инженерно-геологических изысканий участок по своему геологическому строению является однородным. Грунты не засоленные. Максимальное содержание легкорастворимых солей составляет менее 0,3%. Грунты, которые будут соприкасаться с бетонными конструкциями берегоукрепительных сооружений различной степенью агрессивности к бетонам и железобетонам. Категория грунтов по трудности разработки в зависимости от применяемых механизмов принята согласно ЭСН РТ-2007-01 и ЭСН-2007-03. Коррозийная активность грунтов по отношению к черным металлам принять высокую (удельное электрическое сопротивление грунтов принять менее 20 ом на/м. Коррозионная активность к цветным металлам принять высокую содержание в грунте иона хлора составляет более 0,005%. При проектировании предусмотреть мероприятия по антикоррозийной защите подземных металлических конструкций.

Литература

1. Преснухин В.И. Инженерно-геологические параметры горных пород Таджикистана. Душанбе: Дониш. 1989. 312 с.
2. Региональная инженерно-геологическая оценка и прогноз устойчивости горных склонов в Таджикистане (окончательный отчет за 1972-1974 гг.) / В.И. Преснухин.
3. Винниченко С.М. Сейсмогенные оползни и отвалы зоны сочленения Южного Тянь-Шаня и Памира и их инженерно-геологическое значение. Автореф. дис. … канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ. 1989. 18 с.
4. Лысков Л.М. Возраст рельефа и четвертичная тектоника Северного и Центрального Таджикистана // Тектоника Тянь-Шаня и Памира М.: Наука. 1983. С. 149-155.
5. Реконструкция автомобильной дороги Душанбе-Кульма, участок Калаи Хумб - Ванч (граница Рушанского района). Технический отчёт Министерства транспорта РТ, Государственное унитарное предприятие «Научно исследовательский и проектно-изыскательский институт». 2016. 213 с.

Таблица 1 - Физико-механические свойства грунтов

№ п/н	Глубина отбора		Мощность слоя	Классификация	№ инженерно-геологич.	Влажность, (%)	Плотность (г/см³)			Угол вн. трения (град.)	Удельное сцепление (КПа)	Категория грунтов по трудности Разработки ЭСН РТ-2007-01 (03)
	от	до					частиц грунта	грунта естественного сложения	сухого грунта			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			20
Шурф-1	0,00	3,00	3,00	Галечники с включением валунов до 70%	1	5,3	2,740	2,264	2,15			6 (д) Э,Р-5, Б-4
Шурф-2	0,00	3,00	3,00	Галечники с включением валунов до 70%	2					43,0	1,0	6 (д) Э,Р-5, Б-4
Шурф-3	0,00	3,00	3,00	Галечники с включением валунов до 70%	3	3,5	2,740	2,398	2,32			6 (д) Э,Р-5, Б-4

Таблица 2 - Химический состав грунтов

№ выработки	Глубина		Мощность	Классификация	№ Инженер. – геологич. элемента	Процентное содержание (грамм на 100 грамм почвы)									мг/эквивалент					
	от	до				Сухой остаток	HCO_3	Ca	Mg	Cl	SO_4	Na+K	pH	Гумус	HCO_3	Ca	Mg	Cl	SO_4	Na+K
Шурф-1	0,00	3,00	3,00	Галеч. с включ. валун. до 70%	1	0,50	0,27	0,02	0,01	0,028	0,064	0,104	7,2		4,4	1,00	1,00	0,80	1,33	4,53
Шурф-2	0,00	3,00	3,00	Галеч. с включ. валун. до 70%	2	0,32	0,12	0,02	0,01	0,036	0,070	0,066	7,4		2,0	0,80	0,80	1,00	1,45	2,85
Шурф-3	0,00	3,00	3,00	Галеч. с включ. валун. до 70%	3	0,24	0,10	0,02	0,02	0,014	0,069	0,024	7,3		1,6	1,20	1,20	0,40	1,45	1,05

УДК 624.131.543(575.3)

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ И СКЛОНОВ В ЗОНЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ УЧАСТКОВ

Комилов О.К., Шоназаров Б.Б., Гайратов М.Т.
komilov42@inbox.ru; *behruz_29_12_92@mail.ru; malikdod@mail.ru*
Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Республика Таджикистан

В данной статье рассмотрены метод расчета устойчивости оползней, имеющих наклонную поверхность скольжения, вогнутую условно круглоцилиндрическую поверхность скольжения, метод равнопрочного откоса или склона методом F_p (метод Маслова Н.Н.), которые чаще всего распространены в практике строительства и мелиоративного освоения лессовых грунтов, слагающих оползень.

Ключевые слова: оползень, устойчивость, расчет устойчивости оползня, метод, поверхность скольжения, склон, откос.

Площади перспективных земель, потенциально возможных к сельскохозяйственному использованию, для центральной и юго-западной территории Таджикистана составляют более 130 тыс. га и они, в основном, состоят из лессовых структурно-неустойчивых грунтов, имеющих сложный и очень сложный микрорельеф поверхности, среднюю и сильную степень просадочности, большие крутые склоны (6°-22°) и значительные мощности просадочной толщи (более 10 м, иногда доходящих до 50 м) [4].

Одним из существенных инженерно-геологических процессов, связанных с хозяйственной деятельностью человека, наряду с эрозионным, является оползневой процесс. Установлено, что адырные и приадырные земли, составляющие большую территорию, указанных выше площадей перспективного освоения в Таджикистане, в своём естественном природном состоянии имеют высокий коэффициент устойчивости, больше 3, что объясняется относительно незначительной величиной природной влажности грунтов покровных отложений. Под воздействием оросительных мелиораций активизируются оползневые процессы. В результате, на склонах возвышенностей, пересекаемых каналами, в бортах рек и оврагов, на террасированных склонах и т.д. формируются оползни ирригационного происхождения. Они разрушают водохозяйственные сооружения, поселки, дороги и другие коммуникации, приводят к большим затратам средств и человеческих жертв.

При оценке устойчивости оползней необходимо учитывать все многообразие причин их образования и условий, этому способствующих. Оползень в зависимости от состояния равновесия слагающих его пород имеет определенную подвижность, которая проявляется в рельефе оползневого участка, в изменении его внутреннего строения и нарушения устойчивости местности и сооружений. Расчет устойчивости склона осуществляется различными методами, которые исходят из основного условия равновесия, определяющегося из схемы сил, действующих на склон. Каковы бы ни были причины, вызывающие нарушение устойчивости склонов, в конечном счете, движение горных масс происходит под действием силы тяжести.

Для расчетов устойчивости разработано много методов. К примеру, метод расчета устойчивости оползней, имеющих наклонную поверхность скольжения, вогнутую условно круглоцилиндрическую поверхность скольжения, метод равнопрочного откоса или склона (метод Маслова Н.Н.), полуграфический метод исследования устойчивости откоса по Фелениусу-Терцаги и т.д.

Следовательно, для выполнения расчетов устойчивости склонов и откосов составляют расчетную схему (с выделением участков отрыва, смешения, выпирания, вероятного

расчленения блоков массива и т.д.), поэтому, инженерно-геологическая оценка устойчивости оползней должна быть комплексной. Она должна основываться на данных изучения:

5. особенностей геологического строения склона, обусловливающих возможность образования оползневых смещений с выделением зон и поверхностей ослабленных пород;
6. морфологических особенностей склона до и после образования оползня;
7. гидрологических особенностей склона (границы обводных зов, величины напоров, гидравлические градиенты и пр.);
8. типов и размеров оползня, положения и очертания поверхности скольжения;
9. прочностных и деформативных расчетных характеристиках пород, слагающих склон.

Геодезической основой расчетной схемы являются расчетные поперечники, характеризующиеся наиболее неблагоприятным сочетанием различных факторов, таких, как высота и крутизна склона, мощность смещающихся масс, расположение слабых прослоек, наклон слоев, уровень грунтовых вод и др. [12].

Расчет устойчивости склонов и откосов по прочности сводится к определению коэффициента запаса устойчивости с помощью различных расчетных методов, а также к сравнению его с требуемой величиной, которая выражается коэффициентам запаса устойчивости K_y:

$$K_y = \frac{\sum удер.сил}{\sum сдв.сил} \qquad (1)$$

где $\sum удер.сил$ – сумма удерживающих сил, сопротивляющихся сдвигу пород по существующей или намечаемой поверхности скольжения; $\sum сдв.сил$ –сумма сдвигающих усилий по той же поверхности.

Надо отметить, что следует отличать методы расчета устойчивости склона или откоса от методов расчета устойчивости оползней. Дело в том, что когда ставится задача оценки устойчивости оползня, то имеется в виду реальный оползень той или иной степени подвижности. Задачей такой оценки является определение степени устойчивости, степени угрожаемости оползневых подвижек для существующих сооружений и сохранности местности, а также установление направления противооползневых мероприятий для предупреждения опасного их действия. Когда же ставится задача оценить устойчивость склона или откоса, то в этом случае имеются в виду прогноз возможности образования оползней, обоснование крутизны заложения откосов и необходимость осуществления других мероприятий для обеспечения их устойчивости.

Следовательно, расчет и оценка устойчивости оползня и склона или откоса – это не одно и то же. Оползень уже имеет фактическую поверхность или поверхности скольжения. В пределах склона или откоса такие поверхности еще не образовались, но они могут возникнуть, когда касательные сдвигающие усилия по отдельным площадкам в толще пород превысят силы сопротивления сдвигу, сольются и образуют некоторую поверхность скольжения, по которой начнется смещение масс горных пород.

Метод расчета устойчивости оползней, имеющих наклонную поверхность скольжения. Этот метод применяется для оползней консеквентной структуры, для которых характерна плоская, плоскоступенчатая или волнистая наклонная поверхность скольжения. Примерная расчетная схема таких оползней приведена на рис. 1 [5].

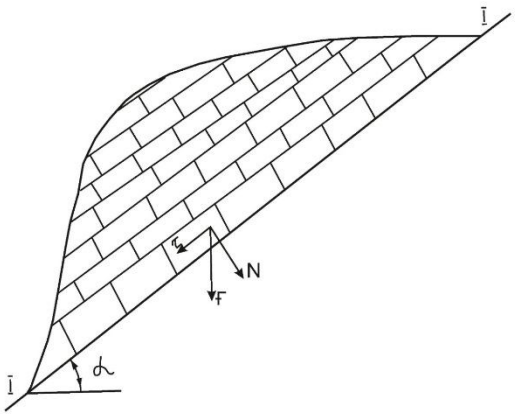


Рисунок 1 - Примерная расчетная схема оползня

Условия равновесия оползня по наклонной плоскости скольжения I-I будут определяться уравнением

$$T = N \cdot tg\varphi_{,,} + C_{,,} l \qquad (2)$$

где T – составляющая силы тяжести, стремящаяся сдвинуть оползень в равновесии ($T=F \cdot sin\alpha$), кн, тн; N – составляющая силы тяжести, стремящаяся удержать оползень в равновесии ($N=F \cdot cos\alpha$), кн, тн; $tg\varphi = f$ – расчетный коэффициент внутреннего трения пород, образующих поверхность скольжения или из зоны, прилегающей к этой поверхности; $C_{,,}$ – расчетное сцепление пород, образующих поверхность скольжения или слагающих зону, прилегающих к этой поверхности, МПа; l – длина поверхности скольжения I-I, м; α – угол наклона поверхности скольжения; F – вес оползневого массива, кн, тн.

Расчет обычно выполняют для ширины оползня равной 1 м. Определив объем V выделенного массива, находят его вес по формуле

$$F = V \cdot p, \qquad (3)$$

где V – объем выделенного массива ($V = \omega \cdot 1м$), м^3; p – плотность грунтов, слагающих оползень, кн/ м^3, т/ м^3.

Определив величины составляющих сил T и N, определяют коэффициент запаса устойчивости оползня

$$K_y = \frac{N tg\varphi_{,,} + C_{,,} l,}{T} \qquad (4)$$

Если оползень находится в предельном равновесии, коэффициент запаса устойчивости должен быть равным единице. Если удерживающие силы превалируют над сдвигающими, оползень имеет запас устойчивости, коэффициент $K_{зап}>1$.

При неоднородном наклоне, т.е. при плоско-ступенчатой форме оползня, коэффициент запаса устойчивости определяется по формуле:

$$K_y = \frac{\Sigma f \cdot N_i + C_{,,} l}{\Sigma T_i} \qquad (5)$$

Здесь $N_i = f(F_1 cos\alpha_1 + F_2 cos\alpha_2 + \ldots + F_n cos\alpha_n)$, $T_i = (F_1 sin\alpha_1 + F_2 sin\alpha_2 + \ldots + F_n sin\alpha_n)$.

Метод расчета устойчивости оползней, имеющих вогнутую условно круглоцилиндрическую поверхность скольжения.Одной из важнейших особенностей метода круглоцилиндрической поверхности скольжения является привязка расчетов к некоторой специально выделенной и наиболее вероятной при оползне поверхности скольжения. При этом должна быть выбрана поверхность скольжения с наименьшим коэффициентом запаса устойчивости относительно её откоса или склона.

Положение такой поверхности скольжения определяется рядом факторов: напряженным состоянием толщи склона или откоса, связанное с размерами и формой объекта, свойством грунтов, слагающих толщу, влажностным режимом грунтов, положением уровня грунтовых вод, наличием на склоне или откосе сооружений, воспринимающих ту или иную нагрузку, сейсмическим явлением и т.п.

Очень важным при расчете устойчивости склона или откоса является определение месторасположения центра дуги скольжения и тем самым определение наиболее невыгодной поверхности скольжения.

Согласно рекомендациям [2] эта точка ориентировочно может находиться на пересечении двух прямых, проведенных из подошвы склона под углом 25° к поверхности откоса или склона и 35° к горизонту от вершины откоса или склона.

С другой стороны, эта точка может быть расположена на прямой, проведенной из некоторой точки М, лежащей на горизонте ниже бровки откоса или склона на две его высоты (2 Н) и на расстояние по горизонтам 4.5 Н от наиболее низкой точки откоса А, через вершину откоса или склона (точка В).

Расчет устойчивости склона по методу круглоцилиндрической поверхности скольжения проведен для конкретного объекта исследования (к-к Касамдара, Файзабадского р-на) при двух состояниях грунтовых условий: при влажности на границе раскатывания (консолидированное) и при полном водонасыщении грунтов (неконсолидированное).

Метод Н.Н. Маслова оценки устойчивости склонов и откосов. Это один из широко известных приближенных методов, названный автором (Н.Н.Масловым) методом равнопрочного откоса или склона-методом F_p. Равнопрочным склоном или откосом принято считать такой откос, у которого в любом горизонтальном сечении обеспечена устойчивость слагающих его горных пород, т.е.

$$K_y = \frac{tg\varphi_\sigma}{tg\alpha} = 1 \qquad (6)$$

где α – угол наклона склона или откоса в пределах рассматриваемого горизонта горных пород; φ_σ – угол сопротивления сдвигу того же горизонта пород при нормальном напряжении σ.

Автор метода коэффициента сдвига горных пород ($tg\varphi_\sigma$) обозначает через F_p и для склона или откоса, где действуют напряжения от собственного веса грунта для любой глубины z_i определяют по формуле

$$F_p = tg\varphi_{,,} + \frac{C_{,,}}{P_{cp}Z} \qquad (7)$$

где P_{cp} – осредненная плотность горных пород (грунтов) от поверхности земли до глубины Z.

Для примера приведём расчет устойчивости склона по методу круглоцилиндрической поверхности скольжения для конкретного объекта исследования (к-к Касамдара, Файзабадского р-на) при двух состояниях грунтовых условий: при влажности на границе раскатывания и при полном водонасыщении грунтов.

Данные для расчета следующие:

Высота склона Н=20 м.

Угол внутреннего трения: консолидированное $\varphi_{,,}$=27º

неконсолидированное $\varphi_{,,}$=26º.

Сила сцепления: консолидированное $c_{,,}$=0.0246 МПа, 2.46 т/м^2;

неконсолидированное $c_{,,}$=0.019 МПа, 1.9 т/м^2.

Коэффициент запаса устойчивости склона при консолидированном сдвиге, т.е. при влажности на границе раскатывания и длительном сдвиге определятся по формуле

$$K_{зап} = \frac{\sum_{i}^{n} N_i tg\varphi_{„} + c_{„} l}{\sum_{i}^{n} T_i} = \frac{326.8 \cdot tg27° + 2.46 \cdot 35}{234} = 1.08 \qquad (8)$$

$K_{зап}$ =1.08 > 1.0. Это означает, что склон при заданных параметрах и положения поверхности скольжения является устойчивым.

Литература

1. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л.: Недра. 1977. 479 с.
2. Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. М: Высш. шк. 1982. 511 с.
3. Преснухин В.И. К методике регионального инженерно-геологического прогнозирования оползневых явлений на примере Таджикистана // Гидрогеология и инженерная геология Таджикистана. Душанбе: Дониш. 1971. С. 87-93.
4. Сатторов М.А., Комилов О.К. Научные основы технологии освоения структурно-неустойчивых грунтов. Душанбе: Промэкспо. 2014. 189 с.
5. Научно-технический отчет: «Отработать методику расчета устойчивости откосов и склонов с целью разработки рекомендаций по борьбе с оползневыми явлениями» №ГР01890081089, отв. исп. Комилов О.К. 1990. 60 с.
6. Комилов О.К., Шоназаров Б.Б. Оползневое состояние территории Файзабадского района по главным долинам рек // Наука и инновация. Душанбе. 2018. № 3. С. 176-179.
7. Сквалецкий Е.Д. Инженерно-геологическое прогнозирование и охрана природной среды. Душанбе: Дониш. 1968. 234 с.
8. Каримов Ф.Х., Саломов Н.Г., Одинаев Ш.А., Ниязов Д.Б. Стадийность развития оползней на горных склонах пригорода и окрестностях города Душанбе // Наука и инновация. Душанбе. 2017. № 2. С. 21-31.
9. Каримов Ф.Х. Объёмно-поверхностные факторы устойчивости лессовидных склонов // Наука и инновация. Душанбе. 2017. № 1. С. 7-14.
10. Рекомендации по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона и оползневого давления / УКРСПЕЦСТРОЙПРОЕКТ, ЦБНТИ. М. 1986. 79 с.
11. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. М.: Недра. 1972. 308 с.
12. Методические рекомендации по предотвращению оползней на автомобильных дорогах Таджикской ССР. М. 1977. 50 с.

УДК 626.34(575.3)

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ДРЕНАЖА ПРИ НАЛИЧИИ ПО ТРАССЕ ДРЕНЫ КАРБОНАТНОЙ ПЛИТЫ И ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ

Комилов О.К., Гулов З., Гайратов М.
komilov42@inbox.ru, gulov_Z_93@mail.ru, malikdod.@mail.ru
Таджикский национальный университет, г. Душанбе, РеспубликаТаджикистан

Наибольший интерес при исследовании технологии строительства закрытого горизонтального дренажа вызывает вопрос определения зоны разрушения карбонатной плиты. В настоящее время строительство дренажа в сложных гидрогеологических условиях при наличии по трассе дрены карбонатной плиты ведется преимущественно широкотраншейным способом с использованием большого количества машин, оборудования и ручного труда. Перспективной технологией можно считать способ строительства дренажа с предварительным уплотнением «опорно-несущего ядра».

Ключевые слова: дренаж, диаметр, канал, каменный, почва, грунт, карбонатная плита, взрыв, траншея, водостойкие и неводостойкие связи.

Особенностью мелиоративных систем, построенных на лессовых просадочных грунтах, является то, что они либо не передают на грунт основания дополнительных нагрузок (например, закрытые дренажные сети), либо величина их колеблется в пределах 0.02-0.1 МПа.

Мелиоративные сооружения эксплуатируются в условиях постоянной фильтрации воды через грунты оснований, что вызывает проявление просадочных свойств в лессовых грунтах, поэтому строительство закрытых мелиоративных систем на лессах связано с ликвидацией просадочности. Сущность явления просадочности заключается в том, что при увлажнении ослабевают неводостойкие и мало-водостойкие структурные связи, а действующая на грунт нагрузка разрушает их и сдвигает твердые частицы относительно друг друга, придавая им более компактное расположение. Ослабление связей происходит не мгновенно после увлажнения грунта, а в течение определенного времени и явление просадочности проявляется с определенной скоростью, которая зависит от скорости ослабления связей.

Просадочными свойствами обладают грунты:

а) имеющие большую пористость (в среднем 44 - 55%);

б) имеющие малую природную влажность. При увлажнении просадочность начинает проявляться только тогда, когда влажность грунта достигает определенной величины (начальная просадочная влажность);

в) имеющие низкую профильность, т.е. низкую поверхностную активность взаимодействия твердых частиц с водой:

г) имеющие неводостойкие или маловодостойкие структурные связи (к таким структурным связям относятся вторичные кристаллизационные связи, обусловленные цементирующим действием углекислот, извести, гипса и т.п., а также и первичные водно-коллоидные связи).

Перед строительством закрытых оросительных систем и для поддержания их в рабочем состоянии необходим комплекс мероприятий, направленных на полное или частичное устранение просадочных свойств грунтов ниже уровня заложения мелиоративных сооружений. Существуют различные способы стабилизации лессовых толщ по глубине, такие как:

- метод механизированного уплотнения:
- предварительное замачивание;
- методы физико-химического закрепления;

В настоящее время строительство дренажа в сложных гидрогеологических условиях при наличии по трассе дрены карбонатной плиты ведется преимущественно широкотраншейным способом с использованием большого количества машин, оборудования и ручного труда. Этот способ строительства имеет целый ряд недостатков: большой объем земляных работ - укладка и присыпка фильтрующим материалом гончарных труб производится вручную. Разрушение карбонатной плиты при существующей технологии производится методом взрыва на выброс (рис.1). Энергия взрыва разрушает плиту, в результате чего получаются глыбы весом до нескольких тонн, которые дополнительно разрушаются и дробятся накладными зарядами на мелкие части. Разрушенная карбонатная плита при помощи одноковшового экскаватора грузится в автотранспортные средства и вывозится за пределы мелиоративного участка. После этого производится засыпка траншеи и общая планировка трассы дрен, далее производится укладка дренажной трубы.

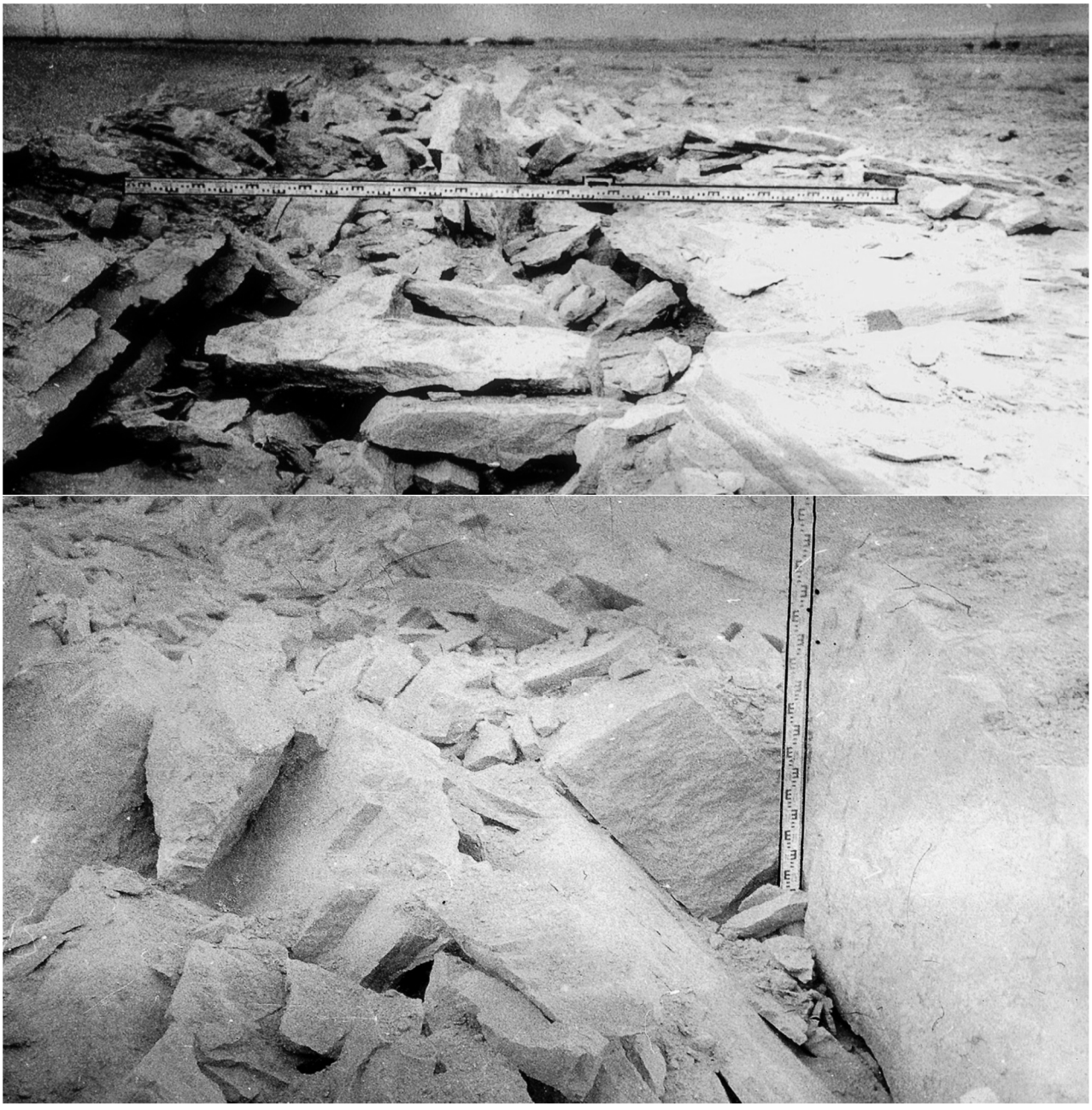


Рисунок 1 - Разрушение карбонатной плиты взрывом на выброс

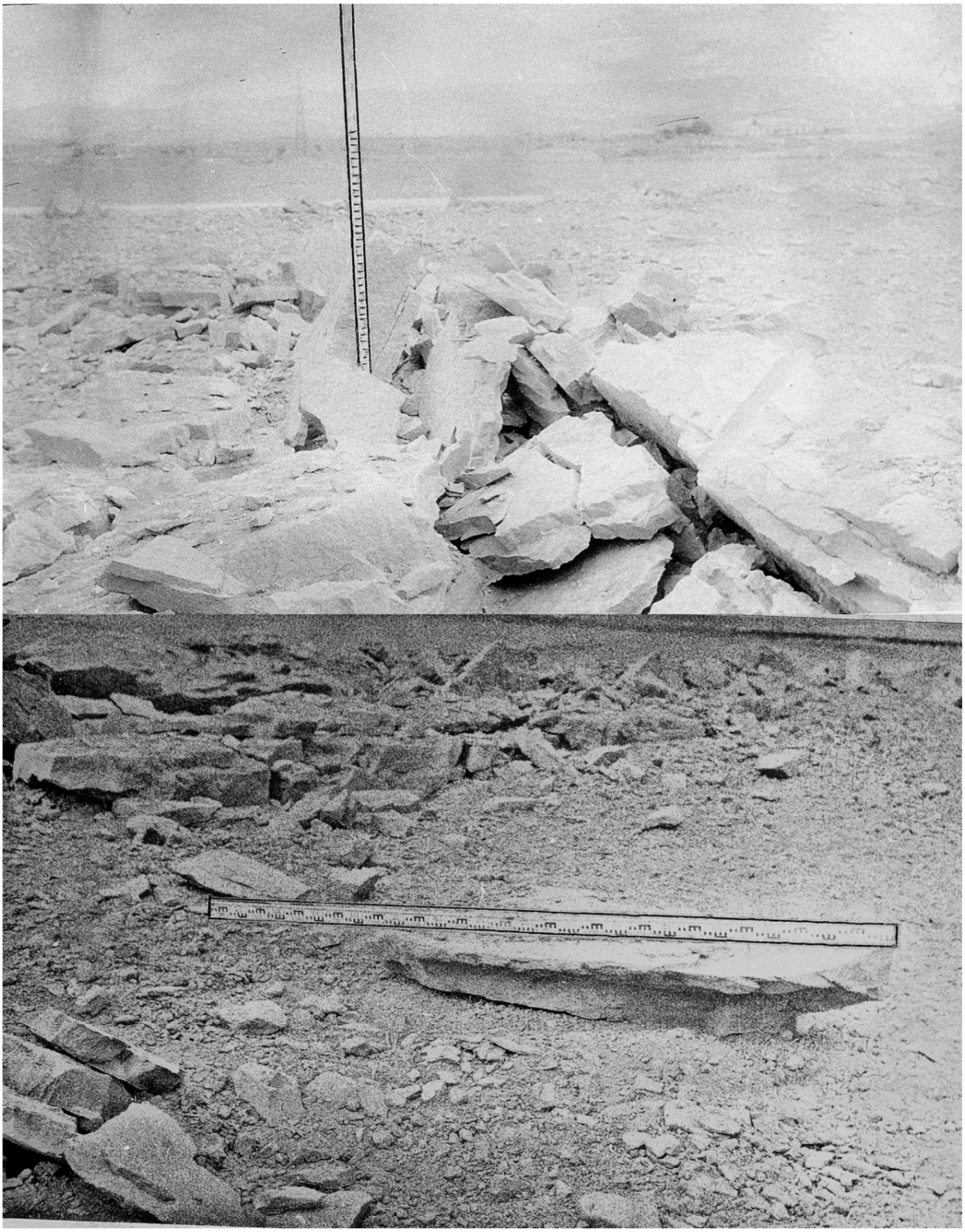


Рисунок 2 - Разлет кусков карбонатной плиты от трассы дрены

Как показали обследования выбранного участка исследования строительства горизонтального дренажа, карбонатный слой (плита) из скальных пород чаще всего залегает ниже нулевой отметки поверхности грунта. Выше плиты залегают глины, суглинки, супеси, пески мощностью 0.2-1.5 м и растительный слой 0.1-0.4 м, которые играют положительную роль в качестве забойки при проведении взрывных работ, не позволяют отдельным кускам плиты разлетаться в стороны от трассы. Также необходимо иметь в виду, что после взрыва на дне зоны дробления, между скважинами образуются глыбы, величина которых зависит от

размеров сетки скважин и колеблется от 0.3-0.8 м и более, поэтому скважины должны пробуриваться глубже на величину выступающего лба, чтобы не создавать помех при работе дренокладчика. Необходимо также отметить, что при расположении карбонатной плиты у самой поверхности (в зоне 0.5-1.0 м) и с последующим проведением взрывных работ, наблюдается разлет обломков плиты (рис.2), а часть кусков плиты выходит в виде конуса взрыва на поверхность (рис.1). Куски и обломки карбонатной плиты скапливаются в пахотном горизонте, что в дальнейшем вызовет затруднение в обработке с/х угодий. Для уборки кусков и обломков карбонатной плиты необходимо ввести дополнительную операцию в технологию строительства - уборка карбонатных камней.

Карбонатная плита разрушается в определенной зоне, величина которой зависит от мощности плиты, глубины залегания, сетки скважин, качества ВВ и т.п., поэтому определение оптимальной зоны разрушения с негабаритными кусками карбонатной плиты определенной величины является основной задачей научных исследований.

Рекомендовано, на основе проведенного технологического и технико-экономического анализов по способам строительства закрытого горизонтального дренажа в сложных гидрогеологических условиях перед проведением механизированной укладки дренажа производить глубинную подготовку трассы дрены. Возможным вариантом технологии строительства закрытого дренажа при наличии по трассе дрены плиты из плотных скальных пород, может быть введение в известные технологии операций по разрушению и рыхлению плиты из скальных пород. Операция по разрушению карбонатной плиты предусматривает разрушение и дробление плиты, находящейся в зоне дренажной линии, до обломков, размерами не превышающими 150-200мм. Это ограничение вытекает из условий работы и конструктивных особенностей рабочих органов существующих дреноукладчиков. Технологический процесс строительства закрытого горизонтального дренажа в подобных грунтовых условиях и будет состоять из следующих операций:

- подготовка дренажной трубы к укладке;
- глубинная подготовка трассы дрены;
- укладка дренажной трубы и фильтрующей обсыпки;
- заделка траншеи;
- камнеуборка.

Наибольший интерес при изучении вопроса представляет комплекс технологических операций по глубинной подготовке трассы дрены. Для этих целей предлагается применять энергию взрыва на рыхление при разрушении и дроблении плиты из скальных пород. Разрушение и дробление плиты должно производиться до операции укладки дренажа. При невозможности получить куски и обломки определенных размеров, необходимо будет завести ряд дополнительных мероприятий по удалению из зоны перемещения рабочего органа дреноукладчика негабаритных кусков породы.

Последовательность выполнения операций при осуществлении предлагаемого технологического процесса строительства горизонтального дренажа с применением современных дреноукладчиков бестраншейного типа в подобных условиях следующая:

- разметка трассы дрены;
- бурение скважин в плите на всю глубину плиты с закладкой зарядов ВВ;
- разрушение и разрыхление плиты на ширину от 1.0 м до 3.0 м;
- точная планировка и подготовка трассы с допуском ±3 см;
- разработка заходного шурфа и установка дреноукладчика по трассе, заякоривание трубы в шурфе;
- заглубления рабочего органа на проектную отметку;
- загрузка в бункер дреноукладчика фильтрующего материала и укладка дренажной линии;
- заделка траншей с уплотнением щели;
- устройство устьевого сооружения и сопряжение дрены с закрытым коллектором;
- проведение камнеуборочных работ.

Применение предложенной технологии при строительстве горизонтального дренажа в сложных почвенно-климатических и гидрогеологических условиях, позволит сократить сроки строительства, уменьшить объемы земляных работ в 5-6 раз с одновременным повышением уровня комплексной механизации процесса до 95%.

Наибольший интерес при исследовании технологии строительства закрытого горизонтального дренажа является вопрос определения зоны разрушения карбонатной плиты. Зона разрушения карбонатной плиты с расположенной в ней дренажной трубой, зависит от многих факторов, например:

- мощности карбонатной плиты в м;
- глубины залегания плиты от дневной поверхности;
- плотности карбонатной плиты в МПа;
- размеров негабаритных кусков разрушенной плиты в м;
- сетки и диаметра скважин в м;
- характеристики ВВ.

Для определения зоны разрушения карбонатной плиты необходимо провести лабораторные исследования по методу электрогидродинамических аналогий (ЭГДА).

Перспективной технологией можно считать способ строительства дренажа с предварительным уплотнением «опорно-несущего ядра».

При подкладке закрытого горизонтального дренажа в структурно-неустойчивых грунтах, необходимо до укладки дренажной трубы выполнить операции по уплотнению и стабилизации основания под дренажной трубой до уровня закладки дрены. Верхняя часть «опорно-несущего ядра» выполняется определенной формы, по оси которого укладывается дренажная труба с выполнением фильтрующей обсыпки. Далее траншею заделывают грунтом, возможно и привозным. Использование привозного грунта позволит сохранить растительный (плодородный) слой грунта в пределах трассы дрены. Применение вышеперечисленных мероприятий приведёт к повышению надежности и эффективности работы дренажа в просадочных грунтах.

«Опорно-несущее ядро» исполняет роль несущей и поддерживающей конструкции в грунте, тем самым предотвращая деформации структурно-неустойчивого грунта при избыточном увлажнении в зоне дренажной трубы. Верхняя часть «опорно-несущего ядра» выполняется такой формы, чтобы обеспечить свободный приток грунтовой воды к дрене. Для нахождения эффективной формы «опорно-несущего ядра» необходимо провести специальные исследования с применением метода ЭГДА. Такой способ строительства дренажа с наличием под дреной стабилизированного основания, позволит свести к минимуму воздействие просадочных явлений при деформации переувлажненных структурно-неустойчивых грунтов.

Литература

1. Томин Е.Д. Бестраншейный дренаж на орошаемых землях // Гидротехника и мелиорация. 1982. № 1. С. 30-35.
2. Комилов О.К., Гулов З.Дж. Строительство закрытых горизонтальных дрен в зоне распространения карбонатизированных лессовых пород (на примере урочища Ялгыз-Как Юго-Западного Таджикистана). Бишкек // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2018. № 8. С. 11-15.
3. Томин Е.Д. Бестраншейное строительство закрытого дренажа. М.: Колос. 1981. 240 с.
4. Ефремов А.Л. Гидротехническая мелиорация. Учеб. пособие для студентов вузов. Минск: БГТУ. 2008. 239 с.
5. Щедрин В.Н., Капустян А.С., Гостищев В.Д., Кузьмичев А.А., Сахаров Р.Ю. Методические указания по эксплуатации дренажа на мелиоративных системах. Новочеркасск: РосНИИПМ. 2015. 21 с.
6. Казаков В.С. Бестраншейный и узкотраншейный дренаж. М.: Россельхозиздат. 1986. 68 с.

УДК 626.34(575.3)

ВЛИЯНИЕ СЕЛЕВЫХ И ОПОЛЗНЕ–ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА РЕЖИМ РАБОТЫ ГОРНО–ПРЕДГОРНЫХ РЕК И ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ ИХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Комилов О.К., Абдуллов Дж.Д., Шоназаров Б.Б., Гайратов М.Т.
komilov42@inbox.ru
Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Республика Таджикистан

В этой статье представлены влияния селевых и оползне-эрозионных процессов на режим работы горно-предгорных рек и пути уменьшения их отрицательных воздействий. Рассматривая вопрос регулирования русел рек, необходимо прежде всего определить естественные факторы руслообразования, задающие морфологические элементы потока и русла: ширина, глубина, форма и площадь поперечного сечения, скорость течения и уклон водной поверхности, транспортирующая способность, шаг и кривизна излучин (меандр) и др. Эти элементы конкретны для каждого участка реки. Они сформировались как результат длительных русловых процессов в условиях взаимодействия потока с наносами и русла. Русло задает потоку глубину, форму, скорость течения и другие элементы и этим влияет на поток. Поток, в свою очередь, может размывать или заносить наносами русло и формировать его.

Ключевые слова: процесс, русло, сель, оползень, грунт, анализ, река, оценка, рельеф, эрозия.

Русловой процесс – это совокупность процессов, возникающих при взаимодействии руслового потока (водного потока) с грунтами, слагающими русло. Русловой процесс определяет развитие рельефа русла и режим его сезонных изменений: размывы дна и берегов, перенос отложения наносов и т.д. По характеру водного баланса в горно-предгорной зоне выделяется две области руслоформирующих процессов: область образования (формирование) и область рассеивания. Реки в области формирования стока обладают большими уклонами (0.1 … 0.2), для которых характерны перемещение большого количества крупных речных наносов. [1]. Область рассеивания стока распространяется ниже подножья горных образований, в зоне предгорных аллювиальных равнин. Уклоны рек уменьшаются до 0,01 и ниже. Рассеивание стока происходит за счет инфильтрации воды в толщу аллювиальных отложений, испарения с водной поверхности и хозяйственного использования стока. Этим, а также резким уменьшением уклонов, расчленением на рукава и притоки обусловливается значительное уменьшение транспортирующей способности потоков в области рассеивания, чем вызывается сортировка и отложение речных наносов, образование широких пойм и блуждание речных потоков.

Оро-гидрографические особенности бассейнов отдельных речных систем, влияя на размеры и режим жидкого стока, сказываются на эрозии бассейна реки, а следовательно, должны отражаться на методах и объемах лесомелиоративных и инженерных работ, связанных с задержанием наносов, борьбой с селями, освоением пойменных земель и т.д.[2].

Рассматривая вопрос регулирования русел рек, необходимо прежде всего определиться в естественных факторах руслообразования, определяющих морфологические элементы потока и русла: ширины, глубины, формы и площади поперечного сечения, скорости течения и уклона водной поверхности, транспортирующей способности, шага и кривизны излучин (меандр) и др. Эти элементы конкретны для каждого участка реки. Они сформировались как результат длительных русловых процессов в условиях взаимодействия потока с наносами и русла. Русло задает потоку глубину, форму, скорость течения и другие элементы и этим влияет на поток. Поток, в свою очередь, может размывать или заносить наносами русло и формировать его.

Взаимодействие потока и русла происходит по принципу саморегулирующегося природного механизма, который под влиянием внешних причинных факторов (водоносность реки, наносы, ограничивающие условия) выбирает единственный возможный режим, характеризующийся равновесным состоянием систем (устойчивостью), а также наименьшими затратами энергии. Ограничивающие условия – это третий причинный фактор руслообразующих процессов. Оно создается искусственными сооружениями (мосты, дамбы и др.) и растительностью (травянистой, кустарниковой, древесной).

Важнейшим фактором образования селей является климатический: он создает оптимальные условия формирования жидкой и твердой составляющей селей в очагах их зарождения. Сели можно прогнозировать по результатам наблюдений за прошлые годы и по данным ожидаемой погоды. Методы прогноза селей включают эмпирические, статистические и расчетные данные. Процесс разработки метода прогноза включает в себя несколько этапов: ретроспекция (обзор прошедших событий) селевых явлений, определение степени их активизации, прогноз.

При разработке противоселевых мероприятий необходимо учитывать следующие факторы: условия для формирования и механизм образования селей; строение селеформирующего бассейна и его русловой сети; режим прохождения селей; размеры горизонтов селевого потока, расход, объем, скорость перемещения и плотность селя; размеры транспортируемого обломочного материала; повторяемость селей; характер расположения и значимость объектов, подверженных селевой угрозе.

В нашей республике используется комплексный метод защиты от селей. Он включает в себя организационно – хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия.

К организационно-хозяйственным мероприятиям относятся мероприятия, которые способствуют ослаблению селевых процессов: регулирование или запрещение выпаса скота, улучшение пастбищ и сенокосов и др. К агротехническим мероприятиям относятся выбор культуры сева и агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных культур на склоновых землях различной крутизны, способствующие прекращению эрозий почв. Лесомелиоративные мероприятия должны предусмотреть облесение склонов и конусов выносов. Гидротехнические мероприятия применяются там, где другие, вышеназванные, мероприятия оказываются недостаточными или неэффективными в борьбе с селевыми процессами.

Особую сложность при применении гидротехнических мероприятий представляет определение расхода и мощности селевого потока. В специальной литературе разработаны два метода расчета характеристики селевых потоков (объема, расхода, линейных размеров): первый метод заключается в привязке селевых расходов к обеспеченности водных расходов бассейна и определении максимальных значений водного расхода заданной обеспеченности; второй метод основан на анализе селевой деятельности в рассматриваемом бассейне и приближенной оценке значений объемов, расходов, глубины и трансформирующей способности селей.

Основными условиями взаимодействия селя с гидротехническими и другими инженерными сооружениями являются следующие:

- условия, обеспечивающие эффективную работу систем и их устойчивость;
- допустимые нормы стеснения отверстий селепропускных сооружений при различных характеристиках потока и сопряжениях селевого русла с селепропускным отверстием, обеспечивающих нормальный пропуск селей;
- допустимые значения поворотных углов и радиусов селенаправляющих сооружений, обеспечивающих безнапорное транзитное движение потока;
- состояние селевого русла при прохождении селевого потока.

Очевидно, селевое русло должно быть свободным от всяких посторонних предметов (мусора, автошин, камней, валунов и др., стесняющих русло). Недопустимы посадки деревьев в селевое русло.

Причинами оползневых процессов могут быть: климатические условия, топографические особенности склона, геологическая структура толщи и инженерно-геологические свойства пород, режим грунтовых вод и гидрологические особенности водотоков, смывающих данный склон. Только зная природную обстановку и учитывая различные факторы воздействия, можно заранее указать форму возможного нарушения устойчивого склона или откоса, определить основную причину оползня и, следовательно, предусмотреть наиболее эффективные противооползневые мероприятия.

Известно, что адырные и приадырные земли, составляющие большую территорию в Таджикистане, в своем естественно-природном состоянии имеют высокий коэффициент устойчивости >3, что объясняется относительно незначительной величиной природной влажности грунтов покровных отложений. Под воздействием оросительных мелиораций активизируется оползневые процессы. В результате, на склонах возвышенностей, пересекаемых каналами, в бортах рек и оврагов, на террасированных склонах и т.д. формируются оползни ирригационного происхождения.

Для оценки устойчивости грунтов в зоне интенсивного использования земель под сельскохозяйственные культуры при орошении можно использовать величину коэффициента площадной пораженности территории оползнями (K_n), представляющей отношение площадей развития оползней к общей площади бассейна или района.

Коэффициент K_n – это комплексный показатель, интегрирующий влияние на формирование оползней как всех природных, так и хозяйственных факторов. Однако применяемые для природных оползней качественные градации охватывают столь высокую степень пораженности K_n, которые в несколько раз выше, чем в районах ирригационного освоения.Так, например, средняя пораженность оползнями природной территории юго – западного Таджикистана, включая предгорную зону, составляет 0.15, а орошаемых земель 0.03. Максимальная оползневая пораженность в природных условиях 0.40, а наиболее сильно пораженных оползнями орошаемых земель – 0.11 (Яванская долина), что признается чрезвычайно высоким показателем и требует проведения специальных природоохранных мероприятий [1].

При динамических воздействиях некоторые грунты повышенной влажности, например, лессовые, переходят в тиксотропное состояние. Примером таких динамических воздействий может быть Гиссарское землетрясение 23 января 1989 года (пос. Шарора, кишлаки Окули - боло, Окули - поён). Анализ лабораторных исследований грунтов показал, что в результате 8-бального сейсмического воздействия увлажненные в результате орошения и фильтрации из каналов лессовидные суглинки, слагающие Гиссарский Урта – боз, потеряли структурную прочность: значение угла внутреннего трения доходило до 12-16°, а сила сцепления – до 1-0.5 КПа. [2, 3].

Хозяйственная деятельность человека нередко приводит к отрицательным последствиям: дополнительно увлажняются склоны, уничтожается естественная растительность, изменяется напряженное состояние грунтов, снижается их устойчивость и многое другое. Террасирование склонов и строительство автомобильных дорог на косогорной части рельефа нередко связывается с подсечкой склона (срезка грунтов на большой глубине, нередко с вертикальным откосом) и тем самым способствует уменьшению сил, сдерживающих склон от оползня. Противооползневые мероприятия выбираются, исходя из причин, вызвавших образование оползня, и условий, способствующих развитию этого явления. Следовательно, не установив причин возникновения оползневых деформаций на рассматриваемом объекте, нельзя кардинально на них воздействовать. Противооползневые мероприятия должны предотвратить оползание склонов или откосов, или ослабить действие сил, вызывающих смещение масс горных пород.

Из всех разновидностей мероприятий, приводимых в специальной литературе и осуществляемой на практике борьбы с оползневыми явлениями в Таджикистане наиболее важными являются:

- регулирование поверхностного стока с целью уменьшения или исключения увлажнения горных пород на оползневом участке дождевыми и талыми водами посредством планировки поверхности оползня и прилегающей к нему территории и устройства системы поверхностных водоотводов и лесомелиоративные работы;
- дренаж обводненных горных пород с целью перехвата и отвода подземных вод от оползневого участка;
- перераспределение масс горных пород с целью обеспечения устойчивости оползня путем срезки пород в активной части оползня и отсыпки его в пассивной (подошвенной) в виде банкета или контрбанкета;
- искусственное улучшение свойств горных пород, позволяющее повысить прочность горных пород, снизить их влажность и водопроницаемость, увеличить устойчивость и сопротивляемость сдвигу. Этого можно добиваться цементацией, глинизацией, химическим закреплением (силикатизацией) и др.;
- лесомелиорация с целью регулирования поверхностного стока, уменьшения инфильтрации дождевых и талых вод посредством травянистой или кустарниковой растительности;
- закрепление масс горных пород подпорными и анкерными сооружениями, врезаемыми в плотные слои горных пород ниже поверхности скольжения и служащие для придания устойчивости оползню на сдвиг и опрокидывание.

Изучая состояние вопроса и анализируя существующие проектные решения в республике разработаны предложения по методике расчета общей устойчивости подпорных стен с часто расположенными гибкими анкерами, рассматриваемыми как единая система «стенка грунт», предельное состояние которой связано, с одной стороны общей ее устойчивостью, с другой, - с прочностью железобетонной плиты и целостностью грунта и анкеров. Система «стенка – грунт» противостоит горизонтальному давлению грунта аналогично массивной или уголковой подпорной стенке. Предварительно-напряженные анкеры более благоприятно воздействуют на совместную работу системы «стенка – грунт», изменяя распределение напряжений в объеме грунта. Подпорные стены, состоящие из железобетонной тонкой лицевой плиты в виде сборных плоских оболочек, оболочек плит и системы грунтовых гибких анкеров, могут удерживать массивы горных пород от оползания и тем самым защитить населенные пункты, дороги и другие народнохозяйственные объекты от разрушения.

Главной причиной образования ирригационных эрозий и развитие овражной эрозии является несоблюдение техники и нормы полива, неправильное размещение водосборно-сбросной сети и коллекторов, недоучет водно-физических свойств почв (степени размываемости и разжижаемости частиц при разных способах орошения), подачи больших поливных норм, приводящих к большим сбросам оросительной воды с концов орошаемых полей, несоблюдение размеров полосы отчуждения (посевы ведутся близко к существующим оврагам, саям) и т.п. Например, до освоения территории Яванской долины плотность оврагов составляла до 1 шт. на 1 км^2 площади. После освоения эта величина на некоторых участках (п. Азимабад, Киргизабад, Тагайабад и др.) достигла 40 шт. на 1 км^2.

Анализ большого материала исследований показал, что при имеющихся способах защиты почв от ирригационной эрозии на склоновых землях необходимо обращать внимание на правильный подбор элементов техники полива, создание комбинированных борозд, на оструктуривание почв различными химическими препаратами и разработку технологии полива тактами с импульсной подачей воды, а также переменной струей в течение полива и др.

Известно, что главным недостатком существующих технологий поверхностно-бороздкового полива (как основного способа полива в аридной зоне) является неравномерность увлажнения по длине поля, а увеличение продолжительности полива для выравнивания увлажнения приводит к значительным поверхностным сбросам и развитию ирригационной эрозии.

Другие способы полива: дождевание, капельное орошение и т.п. намного уменьшают степень развития ирригационных эрозий, но для их осуществления требуется создание новых технологий, исключающих образование стока, использование чистой поливной воды (допустимая мутность воды не более 0,1 г/л) и т.д. Кроме того, эти способы требуют больших капитальных вложений и эксплуатационных затрат. Они материалоемки и энергоемки. Кроме названных выше причин интенсивного развития овражной эрозии, следует отметить, что почти повсеместно по береговой зоне сбросная вода сбрасывается по водоотводящим трубам, концы которых не доведены до уровня местного базиса эрозии. Другая причина оврагообразования – сброс большого количества поливной воды по «висячим» отрицательным формам рельефа. Такие овраги составляют около 40% от общего количества.

Для уменьшения степени отрицательного воздействия эрозионных процессов предлагается «Система противоэрозионной защиты рельефа» (а.с. №1777673, авторы Комилов О. К., Самадов Р., Аминов Т.), служащая для повышения эксплуатационной надежности орошаемых земель путем исключения смыва почвы и оврагообразования, при сохранении запланированного высокого значения коэффициента земельного использования.

Система противоэрозионной защиты рельефа выполняется следующим образом: в конце орошаемых полей в зону отчуждения вдоль водосбросного коллектора устанавливается лоток с положительным уклоном дна для сброса и отвода поверхностных вод с орошаемых полей. В точках сброса поверхностных вод в водосбросный коллектор по оси водосбросного тракта на берегах коллектора (сбросного русла) устанавливаются береговые опоры – сваи с блоками, в которых натянут гибкий трос. К гибкому тросу посредством стяжек и подвесок подвешен гибкий лоток, один конец которого прикреплен к выходу водосбросного тракта. Для приведения гибкого лотка в рабочее положение необходимо подвеску стяжек закрепить к замкнутому тросу посредством прижимного болта, затем путем притягивания замкнутого троса привести гибкий лоток в рабочее положение и посредством этой системы отводить и сбрасывать в водосборный коллектор поверхностные концевые сбросы с орошаемых полей.

Предложенную систему можно использовать и в качестве устьевых сооружений на закрытых оросителях и в дренажных системах, что предотвращает эрозию почв и оврагообразование при сбросе дренажных стоков и оросительных вод из закрытых трубопроводов.

Литература

1. Комилов О.К., Абдуллов Дж.Д. Русловые процессы в предгорно-равнинных участках рек и методы их регулирования (на примере рек Кызылсу и Яхсу Республики Таджикистан) // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2018. № 8. С. 6-10.
2. Комилов О.К. Управление твердым стоком в пределах речных бассейнов // Уменьшение рисков стихийных бедствий и управление этими рисками. Сб. науч. статей и докл. науч. конф. Душанбе: Агентство «Тоджиккоинот». 2006. С. 118-129.
3. Саидов М.С., Пильгуй Ю.Н., Комилов О.К. и др. Наводнения в Хамадони: Причины, последствия и прогноз. Душанбе: Агентство «Тоджиккоинот». 2006. 38 с.
4. ТЭО «По предотвращению наводнений в долинах рек Яхсу и Кызылсу в пределах районов: Восе, Куляб Хамадони и Фархор. Душанбе: “Таджикгипроводхоз”. 2009.

УДК 550.832+553.982

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕФТИ И ГАЗА В РАЗРЕЗАХ СКВАЖИН

Лапчук Н.А.[2], Скакальська Л.В.[1], Назаревич А.В.[1]
skakalska.sbigph@gmail.com
[1]Карпатское отделение Института геофизики им. С.И. Субботина
Национальной академии наук Украины, г. Львов, Украина
[2]Львовский национальный аграрный университет, г. Львов, Украина

В работе представлены подходы к усовершенствованию разработанной нами теоретико-эмпирической методики прогнозирования упругих характеристик и нефтегазоводонасыщенности пород разрезов скважин. В частности, определены эмпирические зависимости между сжимаемостью, пористостью и давлением разнонасыщенных пород-коллекторов ЗНГР, в частности, для ряда конкретных характерных типов коллекторов: пористых, уплотнённых, плотных глинистых песчаников и др. Получены статистические оценки для соответствующих коэффициентов таких зависимостей. Исследование и определение мультипликативной поправки на давление и пористость, полученной по таким зависимостям, позволяет определять тип породы в разрезе скважины без исследований керна. Использование логарифмической зависимости от давления для такой поправки (и для построенных эмпирических зависимостей в целом) повышает точность расчётов, по сравнению с используемой ранее степенной аппроксимацией.

Ключевые слова: нефтегазоводонасыщенность разрезов скважин, теоретико-эмпирическая прогнозная методика, сжимаемость, пористость, мультипликативная поправка.

Введение. Качество прогноза типа заполнителя пор пород-коллекторов со сложной структурой порового пространства в разрезах скважин требует повышения эффективности методик прогнозирования их флюидонасыщения на основе комплексного использования результатов скважинных, петрофизических исследований, другой геофизической информации. Это касается и разработанной нами теоретико-эмпирической методики прогнозирования типа флюидонасыщения пород в разрезах скважин по данным акустического каротажа (АК) и керновых исследований [1-4] и её вариантов [3-5] с использованием данных других каротажей, соответствующих корреляционных соотношений и физико-математических зависимостей.

Для повышения надёжности прогнозных оценок по теоретико-эмпирической методике, кроме статистических исследований зависимостей для общей параметрической базы ЗНГР [1-4], нами установлены эмпирические соотношения для конкретных исследованных типов и подтипов пород-коллекторов, имеющихся в разрезах ряда соответствующих скважин. Для этого использованы данные о сжимаемости для разновидностей песчаников ЗНГР при различных действующих давлениях (данные Г.И.Петкевича [6]), данные о скоростях объёмных волн для глубоких песчаников Прикарпатья (данные Т.З. Вербицкого [7,8]) и для разновидностей известняков (данные И.М.Куровца [9]).

Статистические оценки коэффициентов базовых эмпирических соотношений. Для общей параметрической базы ЗНГР с применением регрессионного анализа получены оценки стандартных отклонений для коэффициентов соотношений сжимаемости и пористости, также – сжимаемости и давления:

$$\beta^w(\varphi)=\beta_0\cdot((0{,}236\pm0{,}105)\cdot\varphi+(1{,}567\pm0{,}170)),\ \beta^w(p)=\beta_0\cdot(4{,}924\pm2{,}391)\cdot p^{-(0{,}095\pm0{,}051)}. \quad (1)$$

По оценкам стандартных отклонений для коэффициентов построены также общие эмпирические соотношения связи сжимаемости, пористости и давления для пород с

заполненными жидкостью порами и сухих:

$$\beta^{w}(p,\varphi)=\beta_0\cdot((1{,}578\pm0{,}118)-(0{,}003\pm0{,}00303)\cdot p+(0{,}302\pm0{,}013)\cdot p^{-(0{,}198\pm0{,}008)}\cdot\varphi); \quad (2)$$

$$\beta^{g}(p,\varphi)=\beta_0\cdot((1{,}335\pm0{,}403)+(0{,}244\pm0{,}293)\cdot p+(1{,}187\pm0{,}507)\cdot p^{-(0{,}278\pm0{,}098)}\cdot\varphi). \quad (3)$$

Полученные эмпирические зависимости (2) и (3) при нулевой пористости ($\Delta\beta_T$ <0,4%) дают, практически, одинаковое значение сжимаемости твёрдой фазы породы, что подтверждает хорошее согласование эмпирических выражений связи сжимаемости, пористости и давления для сухих и флюидонасыщенных пород с физической природой соответствующих характеристик. Эти и изложенные выше результаты обосновывают применение построенных соотношений в прогнозной методике.

Мультипликативная составляющая влияния давления и пористости на сжимаемость. Исследование статистических взаимосвязей между упругими и коллекторскими параметрами пород показали сложное взаимосвязанное (мультипликативное) влияние пористости и давления на их сжимаемость и скорости упругих волн. Поэтому эмпирические соотношения в форме (1)-(3) описывают такое влияние значительно лучше, чем сумма зависимостей вида (1). Из анализа полученных эмпирических зависимостей (2) и (3) также видим, что взаимосвязанные тензопараметрическое и нелинейно-упругое влияния пористости и давления (мультипликативная составляющая – по давлению и пористости – третье слагаемое формул (2) и (3)) значительно сильнее, чем просто влияние давления (линейная составляющая, второе слагаемое). Разница особенно заметна для пород с жидким флюидом (2), где сжимаемость пор, за счёт заполнения их малосжимаемым жидким флюидом, значительно меньше. При расчётах сжимаемости по соотношениям (2) и (3) определена мультипликативная поправка на давление и пористость (рис. 1).

Например, для определения поправки по пористости для каждого значения пористости по формуле (2) рассчитывается значение сжимаемости (табл. на рис. 1, третий столбец справа). При нулевой пористости сумма первых двух слагаемых соответствует сжимаемости твёрдой фазы исследуемого образца породы. Для других пористостей разница между этими величинами и будет поправкой для конкретного значения пористости. Аппроксимационная кривая, построенная для таких разниц для дискретного числа значений пористости, даёт выражение, по которому вычислена величина поправки для каждой пористости. Определением и редукцией мультипликативной поправки на оба параметра (p и φ) при прогнозных расчётах получаем величину сжимаемости твёрдой матрицы породы, а следовательно, возможность точнее прогнозировать тип флюида-заполнителя пор а также определять тип породы в каждом слое разреза скважины по известным данным предыдущих лабораторных исследований без добычи и исследований керна конкретной скважины.

				βw(p,φ)=(1,578±0,11811)-(0,003±0,00303)•p+(0,302±0,01273)•(p-(0,198±0,00789))•φ										
p =1МПа	φ = 1%			Сумма двух первых слагаемых						Третье слагаемое			Сумма слагаемых	βp(p,φ)
βw		1,5780	0,11811	1,5750	0,003000	0,003030		0,3020	0,0127	0,3020	0,1980	0,0079	1,8770	1,8770 βw(p,φ)сред
Макс	+	1,6961		1,6901	0,006030			0,3147		0,3147	0,1901		2,0048	2,0048 βw(p,φ)макс
Мин	-	1,4599		1,4599	0,000030			0,2893		0,2893	0,2059		1,7491	1,7491 βw(p,φ)мин
	Δβw =	0,2362		0,2302	0,006000			0,0255		0,0255	0,0158		0,2557	0,2557 (βp(p,φ)макс-βp(p,φ)мин
p=	1			βg(p,φ)=(1,335±0,40344)+(0,244±0,2928)•p+(1,187±0,5067)•p-(0,278±0,0978) •φ										
φ=	1			Сумма двух первых слагаемых						Третье слагаемое			Сумма слагаемых	βг(p,φ)
βg		1,3350	0,40344	1,5790	0,2440	0,2928		1,1870	0,5067	1,1870	0,2780	0,0978	2,7660	2,7660 βg(p,φ)сред
Макс	+	1,7384		2,2752	0,5368			1,6937		1,6937	0,1802		3,9689	3,9689 βg(p,φ)макс
Мин	-	0,9316		0,9804	0,0488			0,6803		0,6803	0,3758		1,6607	1,6607 βg(p,φ)мин
	Δβg =	0,8069		1,2949	0,4880			1,0134		1,0134	0,5560		2,3083	2,3083 (βп(p,φ)макс-βг(p,φ)мин

Рисунок 1 – Результат расчёта мультипликативных поправок на давление и пористость по эмпирическим зависимостям (2) и (3) для сжимаемости

Специфицированные эмпирические соотношения для различных типов и подтипов коллекторов. Для уточнённого прогнозирования нефтегазоносности разрезов конкретных скважин с известным составом пород целесообразно использовать построенные именно для таких пород специфицированные эмпирические соотношения. В частности, такие соотношения для пористых (4), уплотнённых (5) и плотных глинистых (6) песчаников коллекторов ЗНГР построены, по данным Г.И. Петкевича [6] (табл. 1), с оценками стандартных отклонений соответствующих коэффициентов, по степенной зависимости сжимаемости от давления.

Таблица 1 – Числовые оценки сжимаемости и пористости разновидностей песчаников

Параметр	Тип песчаника		
	Пористые	Уплотненные	Плотные глинистые
φ, %	$8{,}7 \le \varphi \le 23{,}1$	$5{,}4 \le \varphi \le 13{,}9$	$3{,}3 \le \varphi \le 9{,}1$
$\beta = \beta_0 \cdot 10^{11}$, Па$^{-1}$	$3{,}20 \le \beta \le 11{,}70$	$2{,}80 \le \beta \le 7{,}6$	$2{,}0 \le \beta \le 4{,}3$
$\Delta\varphi =$	14,4	8,5	5,8
$\Delta\beta =$	8,50	4,80	2,30
Средние изменения сжатия с ростом пористости в подтипах песчаников:			
$\Delta\beta/\Delta\varphi =$	**0,59**	**0,56**	**0,40**

$$\beta^{w}_{nn}(p,\varphi)=\beta_0\cdot((2{,}939\pm0{,}033)-(0{,}012\pm0{,}001)\cdot p+(0{,}272\pm0{,}004)\cdot p^{-(0{,}251\pm0{,}002)\cdot\varphi}); \quad (4)$$

$$\beta^{w}_{ny}(p,\varphi)=\beta_0\cdot((2{,}700\pm0{,}059)-(0{,}003\pm0{,}001)\cdot p+(0{,}252\pm0{,}007)\cdot p^{-(0{,}316\pm0{,}007)\cdot\varphi}); \quad (5)$$

$$\beta^{w}_{nu}(p,\varphi)=\beta_0\cdot((1{,}960\pm0{,}073)-(0{,}008\pm0{,}002)\cdot p+(0{,}216\pm0{,}016)\cdot p^{-(0{,}168\pm0{,}106)\cdot\varphi}). \quad (6)$$

Поскольку наши специальные исследования показали, что по логарифмической зависимости сжимаемости от давления получено лучшее согласование с реальными данными, чем по степенной, то, для разновидностей песчаников ЗНГР построены также и эмпирические формулы в форме логарифмической зависимости сжимаемости от давления. Для песчаников пористых получено соотношение:

$$\beta^{w}_{nn}(p,\varphi)=\beta_0\cdot((2{,}939\pm0{,}033)-(0{,}012\pm0{,}001)\cdot p+((0{,}295\pm0{,}002)-(0{,}053\pm0{,}030)\cdot\ln(p)\cdot\varphi). \quad (7)$$

Величина улучшения (уточнение) прогнозного результата оценена для каждого из разновидностей песчаников. Например, для песчаников пористых выбраны экспериментальные значения сжимаемости для образцов с пористостью 9,4%; 19,6%; 23,1%. Для них выполнены расчёты сжимаемости по степенной и логарифмической зависимостям от давления. Полученные средние относительные отклонения от экспериментальных значений сжимаемости представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Средние относительные отклонения значений сжимаемости β, рассчитанных по разным аппроксимационным зависимостям от давления, от экспериментальных величин

φ, %	Средние относительные отклонения от экспериментальных, %	
	$\beta(p)=D\cdot p^{L}$	$\beta(p)=K+T\cdot\ln(p)$
9,4	6,75	3,57
19,6	11,36	7,14
23,1	12,7	8,34

Расчёт сжимаемости для этих образцов песчаников пористых значительно уточнён (соответственно, в 1,89; в 1,59 и в 1,52 раза), что является существенным улучшением в прогнозировании по методике и при идентификации типа породы по описанной выше мультипликативной поправке. В общем, значения сжимаемости, полученные по логарифмическим зависимостям для диапазона значений пористости и давления параметрической базы различных песчаников ЗНГР, отличаются от экспериментальных на 3,5-8,5 %, что, в среднем, в 1,7 раза лучше, чем по используемым ранее степенным зависимостям.

Выводы. Разработанная нами теоретико-эмпирическая методика прогнозирования упругих характеристик и нефтегазоводонасыщенности пород разрезов скважин на основе данных акустического каротажа представляет новые подходы к решению задачи поиска углеводородов. Для её усовершенствования определены эмпирические зависимости между сжимаемостью, пористостью и давлением разнонасыщенных пород-коллекторов ЗНГР, в частности, для ряда конкретных характерных типов коллекторов: пористых, уплотнённых и плотных глинистых песчаников и др. Для соответствующих коэффициентов таких зависимостей получены статистические оценки. Исследование мультипликативной зависимости между упругими характеристиками геологической среды и определение мультипликативной поправки на давление и пористость позволяет определять тип породы в разрезе скважины без исследований керна. Использование логарифмической зависимости от давления для такой поправки и для наших эмпирических зависимостей в целом, в среднем, в 1,7 раза повышает точность расчётов, по сравнению с используемой ранее степенной аппроксимацией.

Для разрезов исследованных скважин получен подробный прогноз типа флюида – заполнителя пор и соответствующий набор петрофизических и коллекторских характеристик пород.

Положительной особенностью методики является возможность эффективно выявлять заполненные углеводородами тонкие слои с трещиноватостью. Уточненные эмпирические соотношения улучшают результаты для отдельных интервалов или конкретных пород разреза. Достоверные результаты прогнозирования по методике типа флюидонасыщения и полной параметрической характеристики пород изучаемых разрезов способствуют повышению экономической эффективности нефтегазоразведочных работ, повышая достоверность прогноза и коэффициент обнаружения залежей за счёт выявления тонких нефтегазоносных прослоев, исключая тем самым дополнительные затраты на бурение и каротаж.

Литература

1. Скакальська Л.В. Прогнозирование физических и коллекторских свойств пород-коллекторов в геологических структурах с нетрадиционным газом // Вестник КНУ им. Тараса Шевченко. Геология. 2014. № 1 (64). С. 35-40 (на укр. яз.).
2. Скакальська Л.В., Назаревич А.В. Методика прогнозирования нефтегазоносности пород разрезов скважин // Нефть, газ и бизнес. 2016. № 3. С. 38-44.
3. Скакальська Л.В., Назаревич А.В. Прогнозирование нефтегазоводонасыщенности пород различной литологии и геодинамического генезиса в разрезах скважин. Геодинамика. 2015. № 1(18). С. 102-119 (на укр. яз.).
4. Скакальська Л.В., Назаревич А.В. Поиск залежей нефти и газа в разрезах скважин по данным каротажа // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Сб. материалов IX междунар. конф. молодых учёных и студентов (г. Бишкек, 27-28 марта 2017 г.). Бишкек: НС РАН. 2017. С. 236-238.
5. Скакальська Л.В., Назаревич А.В., Струк Е.С. Алгоритмы и программы обработки каротажных данных в прогнозировании нефтегазоносности пород // Вестник Национального университета “Львовская политехника” “Компьютерные науки и информационные технологии”. 2017. № 864. С. 210-221 (на укр. яз.).

6. Петкевич Г.И., Вербицкий Т.З. Акустические исследования горных пород в нефтяных скважинах. Киев: Наук. Думка. 1970. 126 с.
7. Вербицкий Т.З. Физическая природа нелинейной упругости геологических сред с фазовыми микронеоднородностями и особенности распространения в них упругих волн / Геофиз. сб. АН УССР. 1977. Вып. 75. С. 16-24.
8. Вербицкий Т.З., Починайко Р.С., Стародуб Ю.П., Федоришин А.С. Математическое моделирование в сейсморазведке. Киев: Наук. Думка. 1985. 276 с.
9. Крупский Ю.З., Куровец И.М., Сеньковский І.М., Михайлов В.А., Чепиль П.М., Дригант Д.М., Шлапинский В.С., Шлапинский Ю.В., Колтун Ю.В., Чепиль В.П., Куровец С.С., Бодлак В.П. Нетрадиционные источники углеводородов Украины. Монография. В 8-ми т. Кн. ІІ. Западный нефтегазоносный регион. Киев: Ника-Центр. 2014. 400 с. (на укр. яз.).

УДК 550.34

МОНИТОРИНГ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КЫРГЫЗСТАНА ЗА 2012 -2013 гг. И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ КАРКЫРА-САРЫДЖАЗ 28 ЯНВАРЯ 2013 г. К=15

Мамбетова Г.А., Омуралиев М.
gulnura.890@mail.ru, mederbek@mail.ru
Институт сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики,
г.Бишкек, Кыргызская Республика

Осуществлен мониторинг последовательности землетрясений и иерархии сейсмических циклов области внутриконтинентального горообразования Тянь-Шань.

Ключевые слова: иерархия тектонических блоков, мониторинг, землетрясение, сейсмические циклы, иерархия сейсмических циклов.

Исходными данными являются ежесуточные каталоги землетрясений Института сейсмологии НАН КР, составленные по данным сети цифровых сейсмических станций Кыргызстана, Казахстана и Узбекистана в квадрате φ=39-44º с.ш., λ=69-81º в.д.

Метод исследования включает [1] в себя следующее:

- изучаются активные структуры Тянь-Шаня;
- по ходу проявления землетрясений поэтапно выделяются относительно максимальные значения, в частности, энергетического класса $K \geq 9{,}7$. По ряду этих выбранных значений проводят полиномиальный тренд (нелинейную ПТ-функцию) и выделяется сейсмический цикл, например, третьего порядка, состоящий из пика сейсмической активизации, периода спада сейсмической активизации, периода сейсмического затишья, минимума периода затишья и периода подъема сейсмической активизации. По пикам сейсмического цикла третьего порядка с различными интервалами времени на основе ПТ-функции выделяются пик сейсмической активизации, период спада сейсмической активизации, период сейсмического затишья, минимум периода затишья и периода подъема сейсмической активизации, которые составляют сейсмический цикл второго порядка. Аналогичным образом по пикам сейсмического цикла второго порядка с различными интервалами времени на основе ПТ-функции выделяются пик сейсмической активизации, период спада сейсмической активизации, период сейсмического затишья, минимум периода затишья и периода подъема сейсмической активизации, которые составляют сейсмический цикл первого порядка.
- по ходу проявления землетрясений определяется изменение градиента энергетического класса, сейсмического момента и магнитуды во времени;
- по ходу проявления землетрясений поэтапно составляется серия графиков кумулятивной сейсмической энергии. Одновременно на каждом графике кумулятивной сейсмической энергии определяется линейный тренд, проводятся через верхний и нижний пределы флуктуации кумулятивной сейсмической энергии верхняя и нижняя линии графика соответсвенно, параллельные линии тренда. Угловой коэффициент уравнения линейного тренда в отдельно взятом интервале времени выражает скорость высвобождения сейсмической энергии. Измеряется интервал от конечной точки графика кумулятивной сейсмической энергии горизонтально до его нижней линии и определяется вероятная продолжительность затишья.

Изучение активных структур Тянь-Шаня показало, что область внутриконтинентального горообразования состоит из иерархии активных блоков и разломов [2]. Тянь-Шань в целом, ограниченный с юга плитой Тарим, областью горообразования Памир, а с севера - Казахским щитом и Туранской плитой, является блоком первого порядка.

Иерархия активных блоков и разломов, очевидно, обусловливает иерархию сейсмических циклов.

На рис. 1 приведена последовательность проявления землетрясений Тянь-Шаня за январь 2012 г.- январь 2013 г. В январе 2012 г. проявился период сейсмического затишья. 5 февраля 2012 г. наступила сейсмическая активизация, произошло землетрясение с *K*=12,3, 30 мая – землетрясение с *K*=13,9. При этом поэтапно отмечались циклы третьего порядка и их пики (табл.1). Длительность этих циклов составляла 9-72 суток.

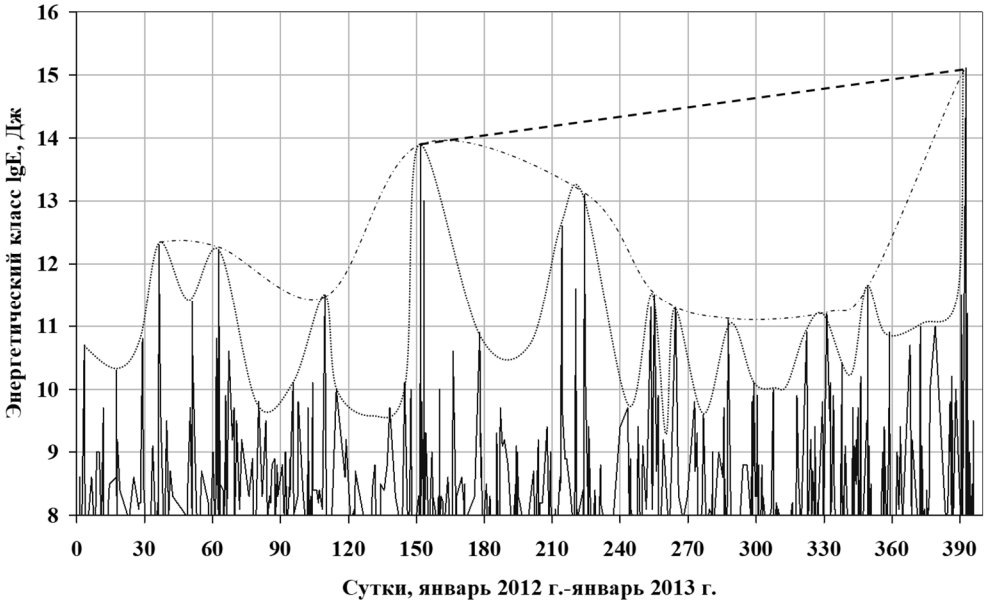


Рисунок 1 – Последовательность проявления землетрясений Тянь-Шаня на территории Кыргызстана с 1 января 2012 г. по 28 января 2013 г. с *K*≥8. Точечной линией обозначены периоды активизации и затишья третьего порядка, пунктирной линией с точками - периоды активизации и затишья второго порядка, пунктирной линией - периоды активизации и затишья первого порядка, выделенные на основе нелинейной ПТ-функции

Таблица 1 - Пики сейсмической активизации циклов третьего порядка

№ п.п.	год	месяц	число	Время, сутки	Энергетический класс lgE, Дж
1	2012	2	5	36,298	12,3
2	2012	3	2	62,569	12,2
3	2012	4	18	109,616	11,6
4	2012	5	30	151,889	13,9
5	2012	8	11	224,398	13,1
6	2012	9	12	255,244	11,5
7	2012	9	21	264,423	11,3
8	2012	10	14	287,687	11,1
9	2012	11	28	331,229	11,2
10	2012	12	16	349,437	11,6
11	2013	1	28	392,694	15,1

Они проявились с 21 сентября 2012 г. по 28 ноября 2012 г. в период сейсмического затишья, а с 16 декабря 2012 г. - в период сейсмической активизации. По этим пикам выделялся цикл второго порядка. Длительность сейсмического цикла второго порядка составляла около 240 суток. Пики цикла второго порядка отмечались 30 мая 2012 г. *K*=13,9 и 28 января 2013 г., когда произошло землетрясение Каркыра-Сарыжаз *K*=15,1, и по ним выделялся цикл первого порядка. Цикл первого порядка начался с землетрясения Нура 5

октября 2008 г, K=14.8, φ=39.616º, λ=73,666º [1]. Длительность сейсмического цикла первого порядка составляла около 4.5 год.

Траектория кинематики цикла 2 порядка показана на графике зависимости градиента энергетического класса от самого энергетического класса (рис. 2). Она описывает своеобразную «петлю». Градиент энергетического класса в начале цикла имел отрицательные значения, после периода сейсмического затишья приобретает положительные значения и с наступлением сейсмической активизации величина градиента резко растет и проявляется главный толчок землетрясения Каркыра-Сарыджаз.

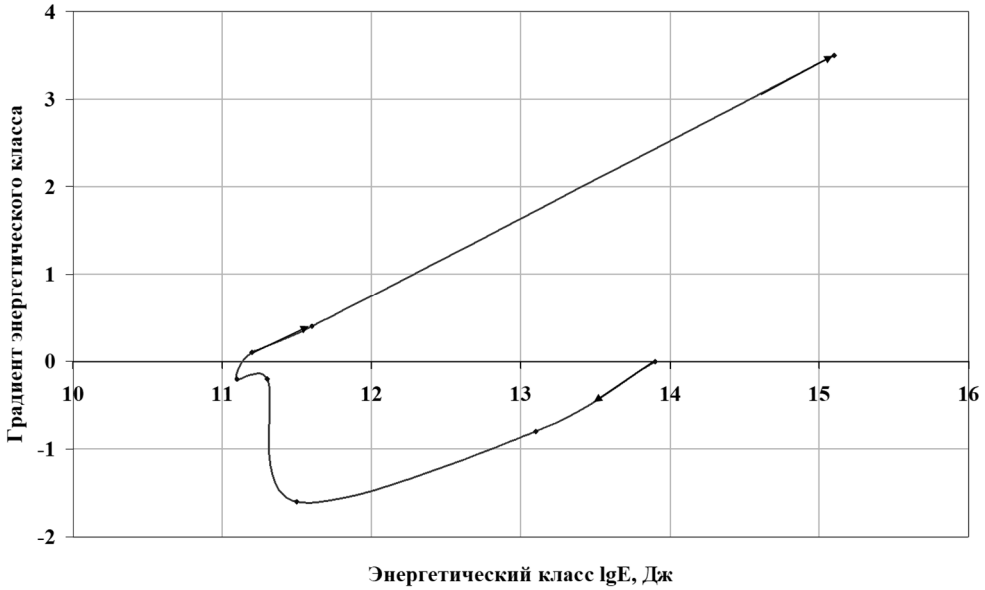


Рисунок 2 – Траектория кинематики цикла второго порядка с 30 мая 2012 г. по 28 января 2013г.

Последовательность энергетического класса землетрясений в цикле второго порядка (рис. 3) выражается нелинейным полиномом (1):

$$\lg E = 2E-06t^3 - 0.005t^2 + 0.0108t + 13.9, \quad R^2 = 0.98 \tag{1}$$

где t – время, lgE (Дж) – энергетический класс.

Формула (1) состоит из четырех составляющих – функции сейсмических процессов:
$f1=2E\text{-}06t^3$, $f2=-0.005t^2$, $f3=0.0108t$, $f4=13.9$.

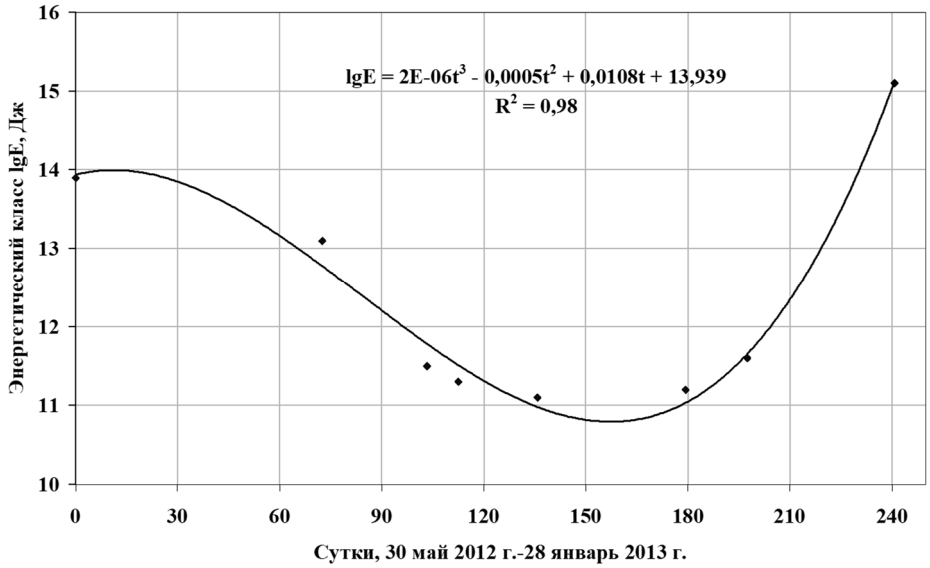


Рисунок 3 – График изменения энергетического класса землетрясений цикла второго порядка с 30 мая 2012 г. по 28 января 2013 г.

Графики этих функций приведены на рис. 4. Функция *f1* резко возрастет во времени, функция *f2* - резко спускается, функция *f3* постепенно растет, функция *f4* постоянная.

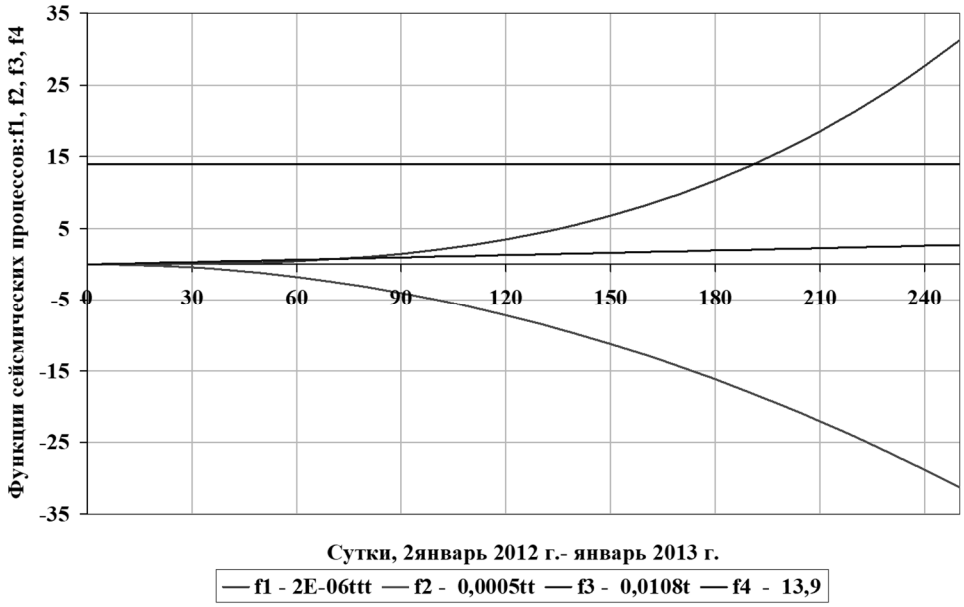


Рисунок 4 – Графики функций сейсмических процессов цикла второго порядка с 30 мая 2012 г. по 28 января 2013 г.

Цикл третьего порядка перед главным толчком *K*=15,1 выделяется землетрясениями (табл.2):

Таблица 2 – Землетрясения, проявленные в цикле третьего порядка за 16.12.2012-28.01.2013

№ п.п.	год	месяц	число	время	Энергетический класс lgE, Дж	Широта, градус	Долгота, градус
1	2012	12	16	349,4372	11,6	40,03333	77,85
2	2012	12	25	358,9649	10,9	39,65	74,76667
3	2013	1	3	367,9236	10,7	39,68333	73,88333
4	2013	1	8	372,4497	11,0	39,38333	71,91667
5	2013	1	15	379,0381	11,0	43,36667	80,95
6	2013	1	26	379,0381	11,5	39,88333	77,25
7	2013	1	28	379,0381	15,1	42,58333	79,68333

Эти землетрясения представляют собой своеобразные «далекие форшоки» в пределах Тянь-Шаня.

На рисунке 5 приведен график изменения энергетического класса землетрясений данного цикла третьего порядка, который выражается эмпирической формулой-полиномом (2):

$$\lg E = 3E-06t^5 - 0.0003t^4 + 0.0121t^3 - 0.1664t^2 + 0.6934t + 11.6, \quad R^2 = 0.99 \qquad (2)$$

где t – время, lgE (Дж) – энергетический класс.

Формула (2) состоит из шести составляющих – функции сейсмических процессов. При этом первая, третья, пятая функции растут во времени, а вторая и четвертая функции спадают.

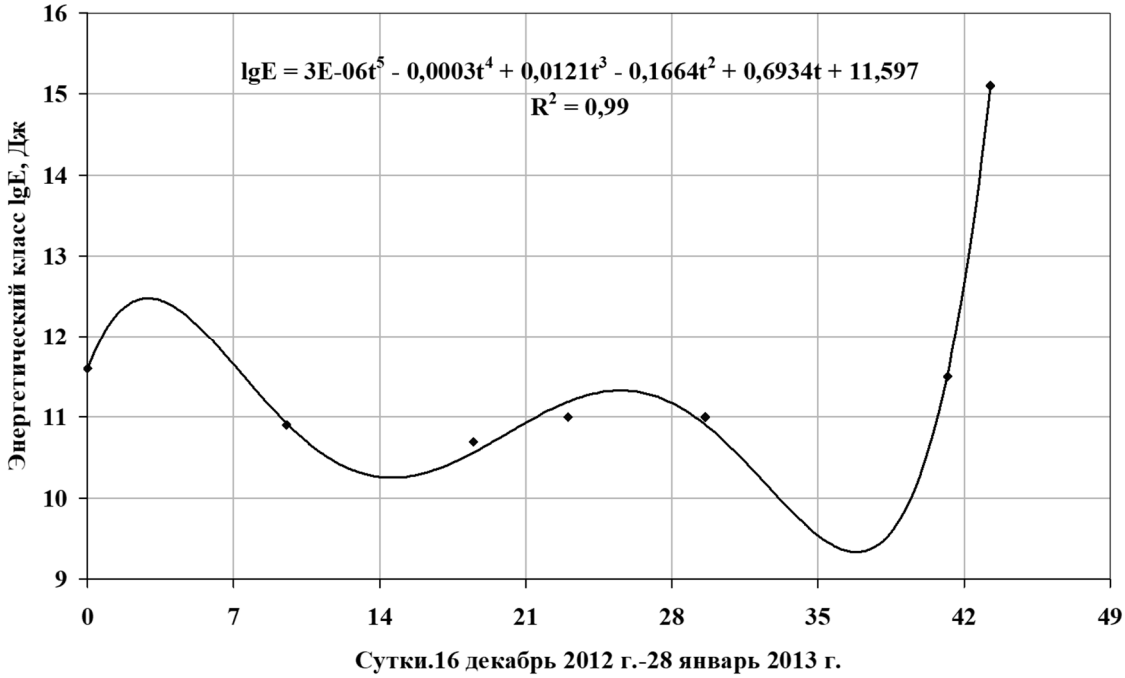


Рисунок 5 – График изменения энергетического класса землетрясений цикла третьего порядка с 16 декабря 2012 г. по 28 января 2013 г.

Кумулятивная сейсмическая энергия, высвобожденная при землетрясениях Тянь-Шаня на территории Кыргызстана и прилегающих районов с 1 января 2012 г. до 16 декабря 2012 г. (рис. 6), имеет линейный тренд:

$$Ек = (0{,}0044t - 0.1336)xE + 14, \text{Дж} \quad (3)$$

где *Ек* – кумулятивная сейсмическая энергия (Дж), *t* –время (сутки), коэффициент $0{,}0044x10^{14}$ имеет размерность Дж/сутки, представляет собой скорость высвобождения сейсмической энергии. График кумулятивной сейсмической энергии неровный, ступенчатый, выражает сейсмические циклы.

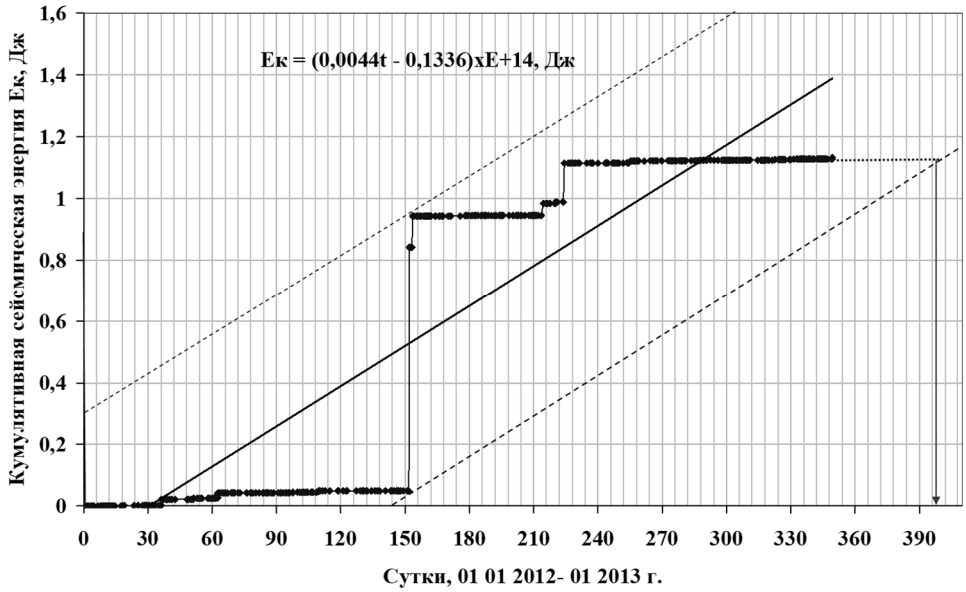


Рисунок 6 – Кумулятивная сейсмическая энергия, высвобожденная при землетрясениях Тянь-Шаня на территории Кыргызстана и прилегающих районов с 1 января 2012 г. по 16 декабря 2012 г. Тренд графика обозначен сплошной линией, нижняя и верхняя линии графика обозначены пунктирными линиями, точечной линией обозначена вероятная

продолжительность сейсмического затишья, вертикальной стрелкой обозначено вероятное время активизации

Интервал времени от конечной точки графика по горизонтали до точки нижней линии (точечная линия) представляет собой вероятную продолжительность периода затишья, после которой наступит сейсмическая активизация - около 396 суток. На самом же деле главный толчок произошел на 393-и сутки (28.01.2013 г.). Разница энергии между верхней и нижней линиями составляет около $9 \cdot 10^{13}$Дж. Энергетический класс ожидаемого землетрясения с учетом пика K=14.6 (землетрясение Нура) в начале цикла первого порядка составляет около K=15.

В последовательности проявления землетрясений в области внутриконтинентального горообразования Тянь-Шаня, состоящая из иерархии активных блоков и разломов, выделяется иерархия сейсмических циклов. Сейсмические циклы выделяются полиномиальным нелинейным трендом - ПТ функцией. Поэтапные проявления сейсмических циклов, например третьего, второго, первого порядков, достоверно описывают ход сейсмических процессов. Длительность циклов одного и того же порядка различна. Длительность циклов третьего порядка составляет 9-72 суток, длительность цикла второго прядка - 240 суток, длительность цикла первого порядка около - 4.5 лет.

Литература

1. Омуралиев М., Омуралиева А. Средне- и краткосрочная сейсмическая опасность Тянь-Шаня и иерархия динамики сейсмических процессов (на территории Кыргызстана и приграничных районов соседних стран). Бишкек: ТриадаПринт. 2016. 116 с.
2. Omuraliev M., Omuralieva A. Late Cenozoic tectonics of the Tien Shan, Central Asia. Бишкек: Илим. 2004. 166 p.

УДК 550.34

МОНИТОРИНГ СКОРОСТЕЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН, ЖЕСТКОСТИ СРЕДЫ, СБРОСА НАПРЯЖЕНИЙ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ ЗА ЯНВАРЬ-ФЕВРАЛЬ 2013 ГОДА

Мамбетсадыкова А.А., Омуралиев М.
akuly55@mail.ru, mederbek@mail.ru
Институт сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики,
г. Бишкек, Кыргызская Республика

Результаты исследований могут быть основой для разработки методики слежения за динамикой активных разломов, генерирующих землетрясения, по мере проявления сейсмических событий.

Ключевые слова: активный разлом, динамика разломов, мониторинг.

В Северном Тянь-Шане формируются активные разломы Кунгейского, Заилийского, Терскейского, Кыргызского, Суусамыртооского и Таласского активных поднятий, разделенные впадинами. Исходными материалами исследований являются ежемесячные карточки землетрясений (в квадрате φ=41,5-43,5º, λ=72-80º) по данным сетей KNET и KRNET цифровых сейсмических станций, а также сейсмостанций Казахстана за январь и февраль 2013 г. в период сейсмической активизации до и после землетрясения Каркыра-Сарыджаз (K=15,1, 28 января 2013 г., φ=42,59º, λ=79,68º).

В сейсмологии принят набор параметров разлома, обеспечивающий наилучшее согласие с сейсмологическими и геодезическими данными [1 - 5]: сейсмические волны очага землетрясения, длина, глубина, простирание, скорость распространения разрыва, жесткость среды, средний разрыв смещения, сейсмический момент, скорость массовой частицы, сброс напряжения, эффективное тектоническое напряжение, распределения азимута, угла оси сжатия и типа деформации в очагах.

На основании формулы Гутенберга- Рихтера [1]:

$$\lg E = 11.8 + 1.5 \qquad (1)$$

где E – сейсмическая энергия (эрг), M – магнитуда (локальная), и формулы Канамори [2] определяем величины сейсмического момента и моментной магнитуды:

$$Mw = \lg(Mo/1.5) - 10.7, \qquad (2)$$

где Mo – сейсмический момент (дин·см), Mw – моментная магнитуда.

Составляя годографы сейсмических волн очага землетрясения, находим скорость поперечных сейсмических волн Vs (км/сек) и жесткость (модуль сдвига $\mu=\rho \cdot Vs^2$, дин/см^2 при ρ=2,7 г/см3,) среды. Находим величину сброса напряжений σ по формуле Касахары [3]:

$$E/Mo = \sigma/2\mu. \qquad (3)$$

Оцениваем длину l_i разлома [4]:

$$\lg l_i = 0.244K_i - 2.266 \qquad (4)$$

где $K_i = lgE$ (Дж) – энергетический класс, l_i – длина (км). На основании формулы Аки [5] определяем величину подвижки U по разлому:

$$Mo = \mu UA, \qquad (5)$$

где Mo – сейсмический момент (дин·см), μ – жесткость (дин/см^2), A – площадь разлома равная l_i * l_i /2. На основании данных длины разлома l_i и скорости поперечной сейсмической волны Vs находим время разрушения t:

$$t = l_i / 0.9Vs. \qquad (6)$$

Определяем величину скорости частиц ú грунта в очаге и вблизи по формуле Касахары [4]:

$$u' = (\sigma / \mu)Vs. \qquad (7)$$

Распределение эпицентров землетрясений с $K \geq 6$ (в квадрате φ=41,5-43,5º, λ=72-80º) за ноябрь 2012 г. – февраль 2013 г. приведено на рис. 1. Отмечались дальние форшоки сначала (26.01.2013 в 7 час) в активном разломе Восточно-Кунгейского поднятия, затем (27.01.2013 в 01 час) в активном разломе Восточно-Терскейского поднятия, после снова (27.01.2013 в 15 час) в активном разломе Восточно-Кунгейского поднятия, далее произошел главный толчок (28.01.2013 в 16 час) в зоне Предтерскейского активного разлома. Главный толчок сопровождался близкими и дальними афтершоками.

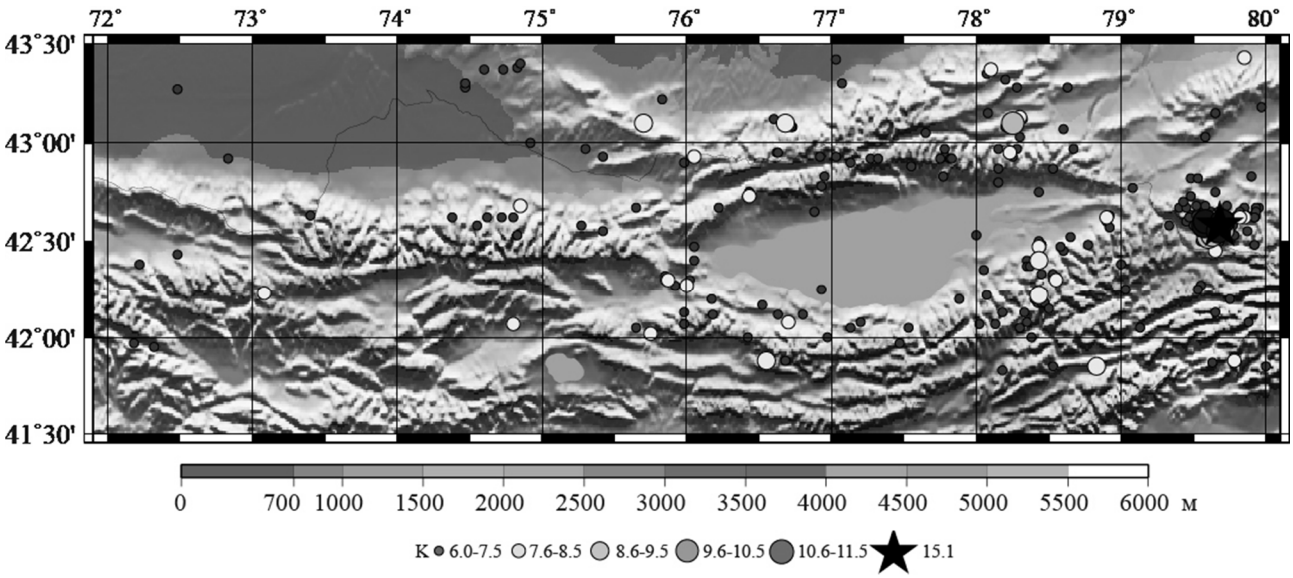


Рисунок 1 – Распределение эпицентров землетрясений ($K \geq 6$) в квадрате φ=41,5-43,5º, λ=72-80º за ноябрь 2012 г. – февраль 2013 г. Звездочкой обозначен эпицентр землетрясения Каркыра-Сарыджаз (28.01.2013, K=15,1)

Вариации значений скоростей волн продольных *Vp*, поперечных *Vs* и величины *Vp/Vs* приведены на рисунках 2-4. В очаге главного толчка *Vp*=5.86 км/сек, *Vs*=3.51 км/сек, *Vp/Vs*=1.67. В связи с этим можно сказать, что в очаге проявились флюиды [6]. После главного толчка наблюдались высокие и низкие скорости сейсмических волн, отражающие частые смены условий высоких давлений и насыщения флюидами.

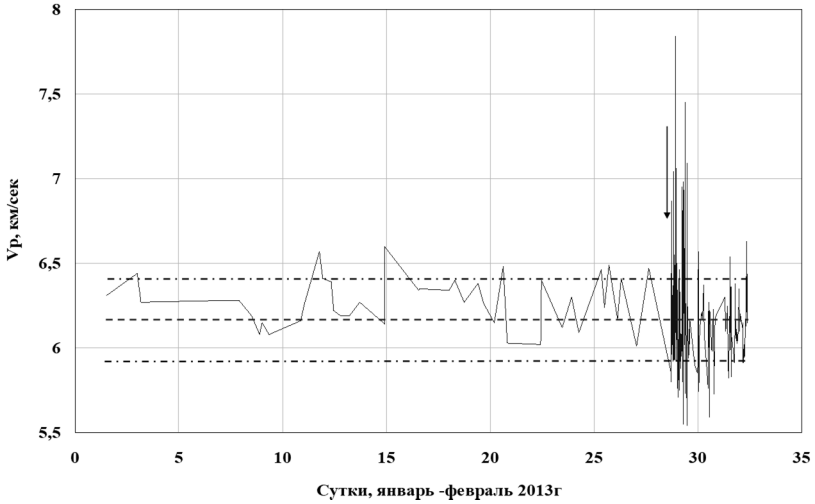


Рисунок 2 – Вариации значений скорости продольных сейсмических волн *Vp* очагов активных разломов в квадрате: φ=41°50′- 43°30′, λ=72°00′-80°00 за январь-февраль 2013 г. Горизонтальной штриховой линией обозначено среднее значение (C=6,15 км/сек). Штриховой линией с точкой обозначено значение ($C+S$, $C-S$) с учетом стандартного отклонения (S=0,25). Стрелкой обозначен момент главного толчка

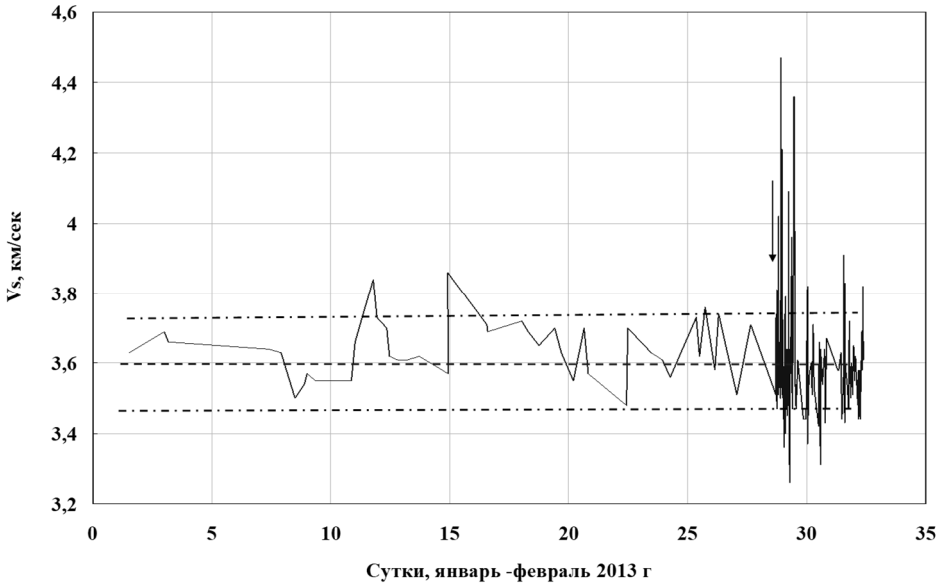


Рисунок 3 – Вариации значений скорости поперечных сейсмических волн *Vs* очагов активных разломов в квадрате: φ=41°50′-43°30′, λ=72°00′-80°00 за январь-февраль 2013 г. Горизонтальной штрихпунктирной линией обозначено среднее значение (*C*=3,59 км/сек). Штрихпунктирной линией с точкой обозначены значения (*C*+*S, C*-*S*) с учетом стандартного отклонения (*S*=0,12). Стрелкой обозначен момент главного толчка

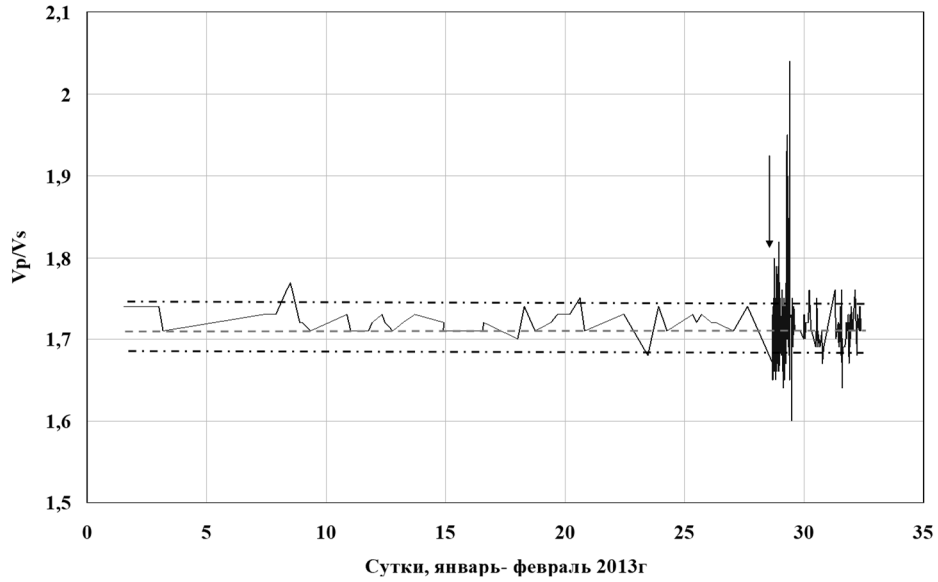
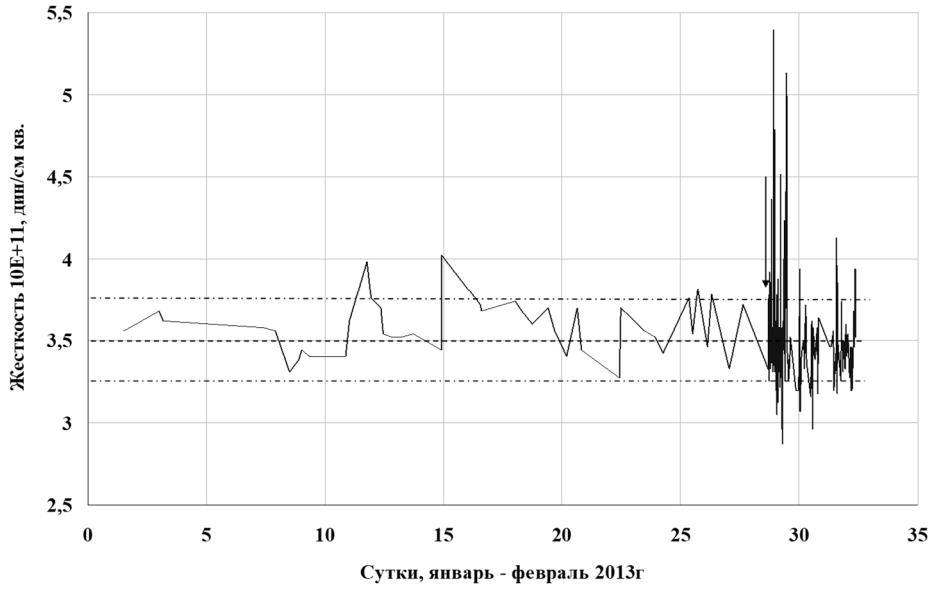
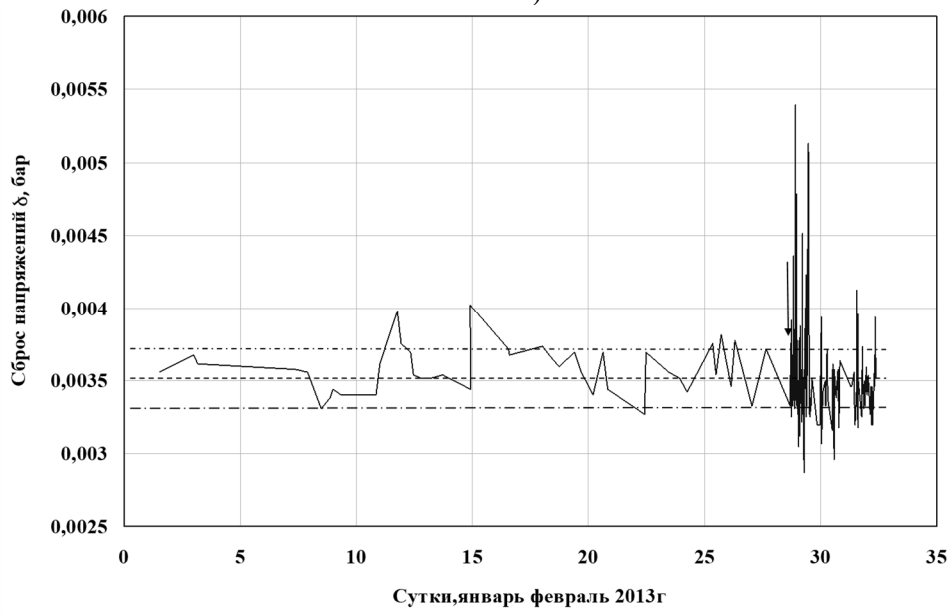


Рисунок 4 – Вариации значений *Vp/Vs* очагов активных разломов в квадрате: φ=41°50′- 43°30′, λ=72°00′-80°00 за январь-февраль 2013 г. Горизонтальной штрихпунктирной линией обозначено среднее значение (*C*=1,71). Штрихпунктирной линией с точкой обозначены значения (*C*+*S, C*-*S*) с учетом стандартного отклонения (*S*=0,03). Стрелкой обозначен момент главного толчка

Аналогично изменяются значения жесткости среды и величины сброса напряжений в очагах землетрясений активных разломов (рис. 5) Значения жесткости среды очагов изменяются от $2{,}86\cdot10^{11}$дин/см^2 до $5{,}39\cdot10^{11}$дин/см^2, а значения сброса напряжений изменяются от 0,003 бар до 0,005 бар.



а)



б)

Рисунок 5 – Вариации величин жесткости (а) и сброса напряжений (б) в очагах активных разломов в квадрате: φ=41°50′-43°30′, λ=72°00′-80°00 за январь-февраль 2013 г. Горизонтальной штрихпунктирной линией обозначено среднее значение (*C*). Штрихпунктирной линией с точкой обозначены значения (*C*+*S, C*-*S*) с учетом стандартного отклонения (*S*). Стрелкой обозначен момент главного толчка

Пространственное распределение скоростей *Vp, Vs, Vp/Vs* сейсмических волн очагов землетрясений приведено на рис. 6. Выделяются относительно высокоскоростные и низкоскоростные неоднородности. При этом системы субширотных активных разломов разделяются на сегменты. Землетрясение Каркыра-Сарыджаз проявилось на границе высокоскоростного и низкоскоростного сегментов.

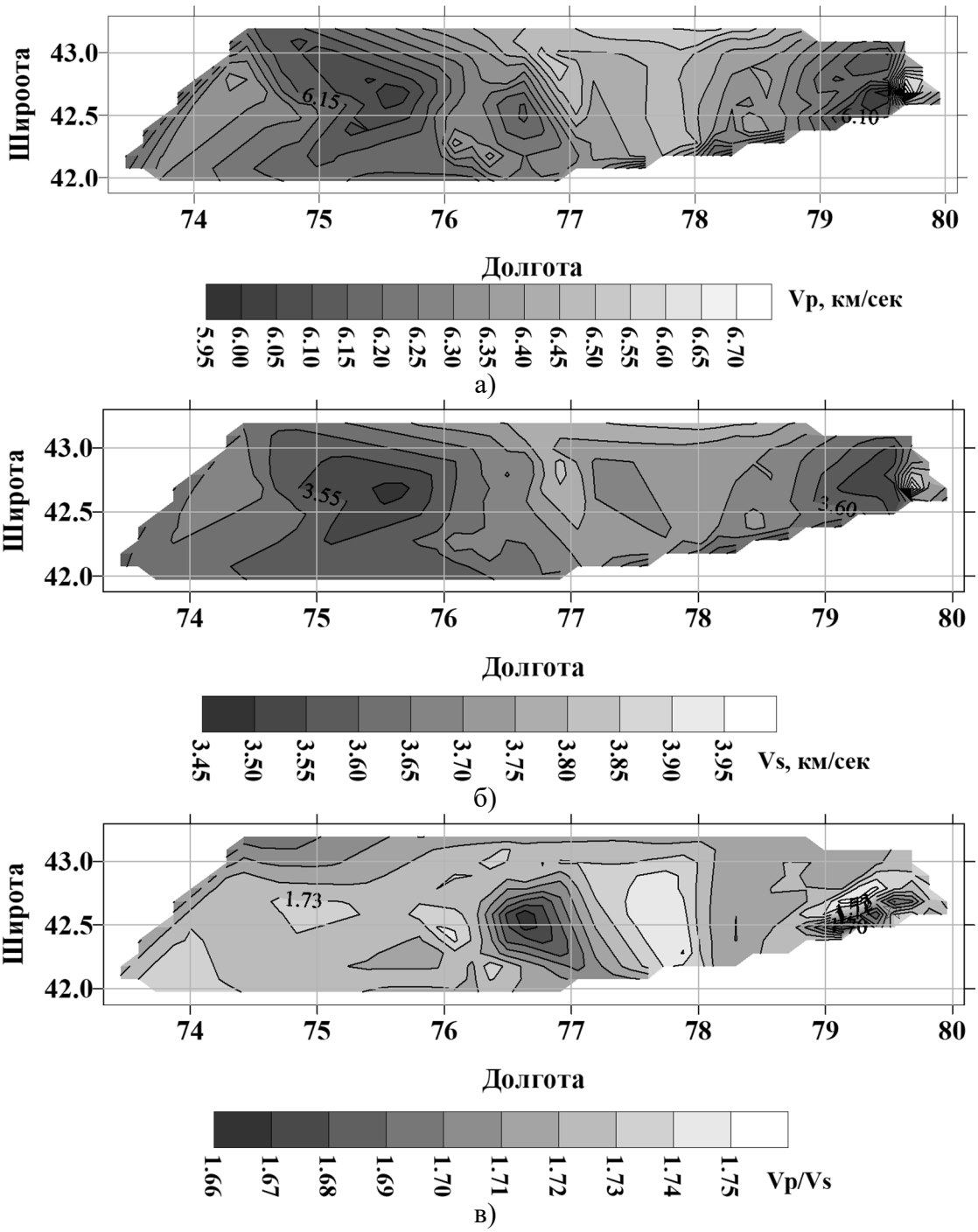
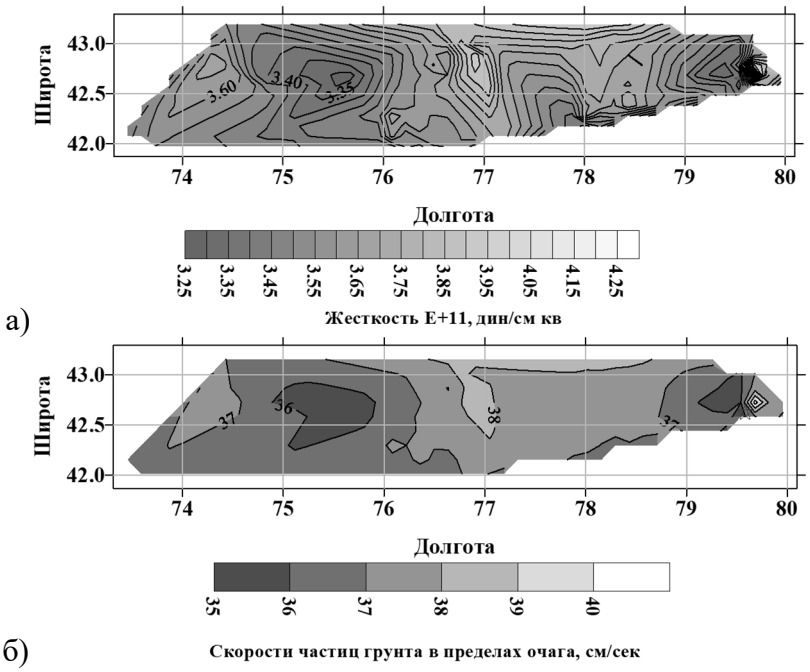


Рисунок 6 – Пространственное распределение скоростей *Vp* (а), *Vs* (б), *Vp/Vs* (в) сейсмических волн очагов землетрясений активных разломов в пределах Кунгейского, Заилийского, Терскейского, Кыргызского, Суусамыртооского и Таласского активных поднятий (в квадрате φ=41,5-43,5º, λ=72-80º). Звездочкой обозначен эпицентр землетрясения Каркыра-Сарыджаз (*K*=15,1, 28.01.2013 г.)

В распределении в пространстве жесткости (дин/см^2) и скорости частиц (см/сек) в очагах землетрясений за январь – февраль 2013 г. выделяются сегменты активных разломов (рис. 7). Так, в пределах долгот λ=74-74.5º, 76,5-77.5º, 78-78.8º и восточнее 79,7º наблюдаются относительно высокие значения жесткости и скорости частиц грунтов, а между ними отмечаются сравнительно низкие их значения.

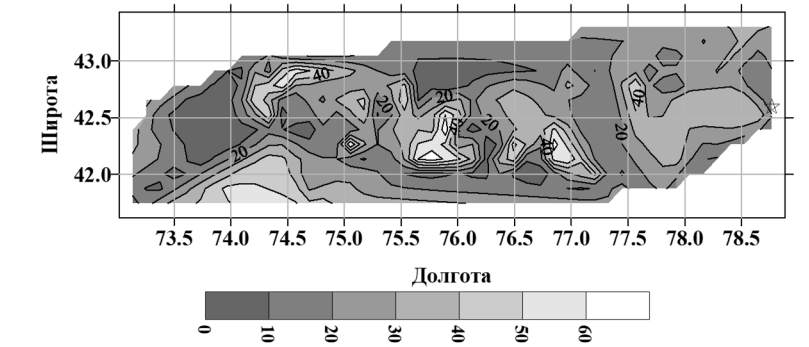


а)

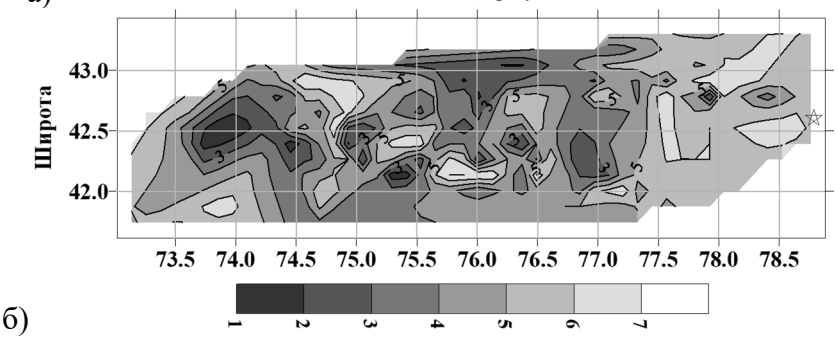
б)

Рисунок 7 - Пространственное распределение жесткости (а), скорости частиц (б) в пределах очагов землетрясений активных разломов Кунгейского, Заилийского, Терскейского, Кыргызского, Суусамыртооского и Таласского активных поднятий (в квадрате φ=41,5-43,5º, λ=72-80º). Звездочкой обозначен эпицентр землетрясения Каркыра-Сарыджаз (K=15,1, 28.01.2013 г.)

В сегментах активных разломов отмечены различные значения угла оси сжатия (рис. 8а) и виды деформации (рис. 8б): сдвиг, сброс, сдвиго-сброс, надвиг, сдвиго-надвиг, взброс по крутой плоскости или сдвиг по пологой плоскости, взброс.



а)



б)

Рисунок 8 – Пространственное распределение угла оси сжатия (а), видов деформации (б) очагов землетрясений (по данным ИС НАН КР) активных разломов Кунгейского, Заилийского, Терскейского, Кыргызского, Суусамыртооского и Таласского активных поднятий (в квадрате φ=41,5-43,5º, λ=72-80º). Звездочкой обозначен эпицентр землетрясения Каркыра-Сарыджаз (K=15,1, 28.01.2013 г.)

Заключение. Результаты изучения скоростей сейсмических волн, жесткости, сброса напряжения, скорости частиц грунта, видов деформации, угла оси сжатия очагов землетрясений активных разломов Северного Тянь-Шаня (в квадрате φ=41,5-43,5º, λ=72-80º) могут быть основой для разработки методики слежения за динамикой активных разломов, генерирующих землетрясения, по мере проявления сейсмических событий.

Литература

1. Gutenberg B., Richter C.F. Earthquakes magnitude, intensity, energy and acceleration (second paper) // Bull. Seismol. Soc. Am. 1956a. V. 46. Pp. 105-145.
2. Kanamori H. The energy release in great earthquakes // J. Geophys. Res. 1977. V. 82. Pp. 2981-2987.
3. Касахара К. Механика землетрясений. М.: Мир. 1985. 264 с.
4. Соболев К.А., Завьялов А.Д. О концентрационном критерии сейсмогенных разрывов // ДАН СССР. 1980. Т. 252. № 1. С. 69-71.
5. Aki K. Generation and Propagation of G Waves from the Niigata Earthquake of June 16, 1964. Part 2. Estimation of earthquake moment, released energy, and stress-strain drop from the G wave spectrum // Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo. 1966b. 44. Pp. 73-88.
6. Nakajima J., Matsuzawa T., Hasegawa A., Zhao D. Three-dimensional structure of VP, VS and VP/VS beneath northeastern Japan: Implications for arc magmatism and fluids // Journal of Geophysical Research. 2001. V. 106. Pp.21843-21857.

УДК 550.34

СЕЙСМИЧНОСТЬ ЧИЛИКО-КЕМИНСКОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ ЗА 2013-2018 ГГ

Мураталиева Ж.З., Омуралиева А.М.
zhazgul0404@mail.ru, omuraika@mail.ru
Институт сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики,
г. Бишкек, Кыргызская Республика

Отмечены иерархия сейсмических циклов и векторы сейсмической активизации в проявлении землетрясений Кемино-Чиликской активной зоны Тянь-Шаня за 2013-2018 гг.

Ключевые слова: повторяемость землетрясений, сейсмический цикл, кумулятивная сейсмическая энергия, вектор активизации, скорость миграции.

Кемино-Чиликская активная зона находится между Заилийским и Кунгейским устойчивыми поднятиями, разделенными Кеминской и Чиликской впадинами [1]. Эти поднятия дивергентные, впадины конвергентные. Заилийкое поднятие ограничено с севера Предзаилийским разломом южного падения, а с юга ограничено Северо Кемино-Чиликским разломом северного азимута падения. Кунгейское поднятие ограничено с севера Южно-Кеминским разломом южного падения, а с юга ограничено Западно-Кунгейским и Восточно-Кунгейским разломами с северным азимутом падения. В пределах данной зоны проявились катастрофические землетрясения как Чиликское (1889, M=8.3, K=18.5, H=40 км) и Кеминское (1911, M=8.2, K=17.8, H=25 км).

Исходным материалом исследования являются каталоги землетрясений с $K \geq 5$ Института сейсмологии НАН КР. по данным цифровых сейсмических станций за 2013-2018 гг. в квадрате φ=42.33-43.33º, λ=76.5-79.5º. Пространственное распределение эпицентров землетрясений приведено на рисунке 1.

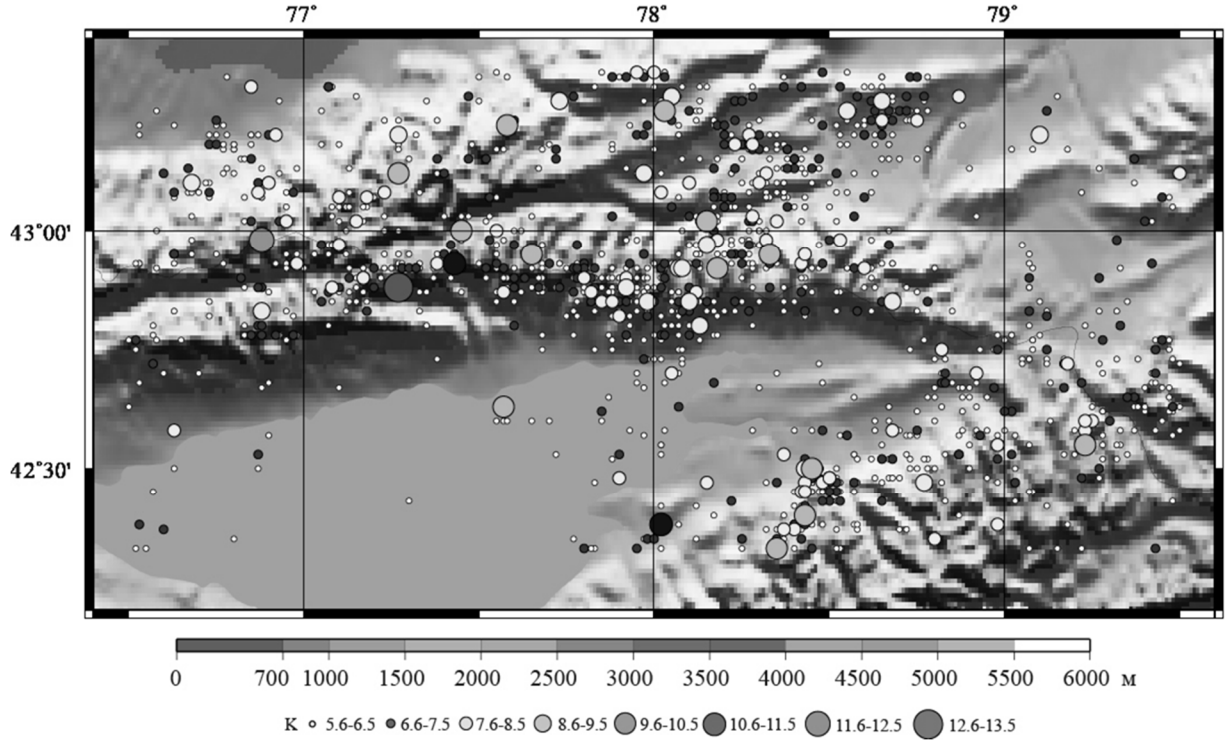


Рисунок 1 – Пространственное распределение эпицентров землетрясений ($K \geq 5$) в пределах Кемино-Чиликской зоны за 2013-2018 гг.

Повторяемость землетрясений отражена на графике (рис. 2) и в соответствии законом Гутенберга - Рихтера выражается формулой:

$$\lg N = -0.4519 \lg E + 4.7647 \quad R^2 = 0.97 \tag{1}$$

где N – средняя годовая частота, E – сейсмическая энергия (Дж), R^2 – достоверность аппроксимации. Время повторения T землетрясения на основании формулы (1) выражается формулой:

$$\lg T = 0.4519 \lg E - 4.7647 \quad R^2 = 0.97 \tag{2}$$

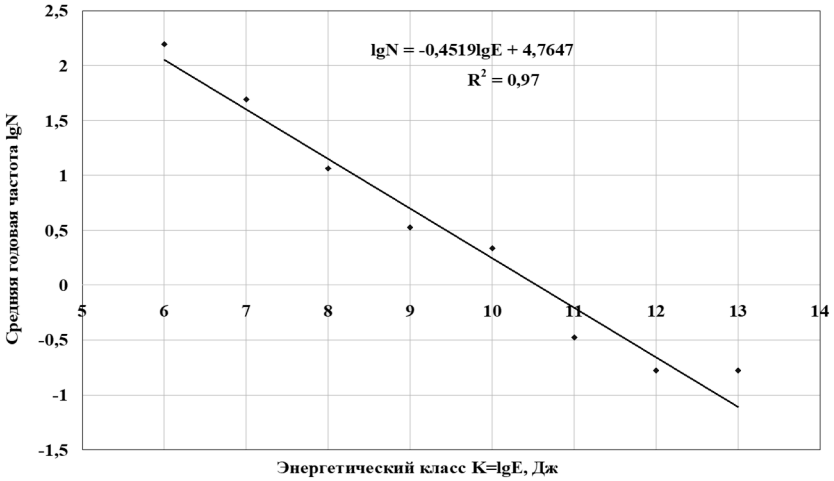


Рисунок 2 – График повторяемости землетрясений (K≥6) Кемино-Чиликской зоны за 2013-2018 гг.

В последовательности проявления землетрясений Кемино-Чиликской зоны за 2013-2018 гг. выделяются иерархии сейсмических циклов, например, третьего, второго, первого порядков с характерными периодами сейсмической активизации, спада активизации и периода затишья (рис. 3). Энергетические классы землетрясений цикла третьего порядка K>6, второго порядка K≥8, первого порядка K≥8.7.

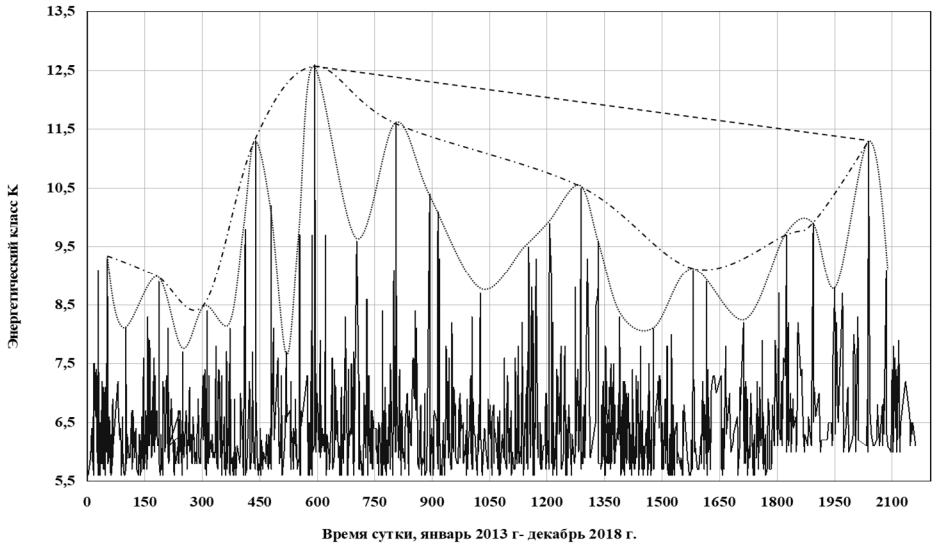


Рисунок 3 – Последовательность проявления землетрясений с K≥6 Кемино-Чиликской зоны за 2013-2018 гг. Точечной линией обозначены периоды активизации и затишья третьего порядка, пунктирной линией с точками - периоды активизации и затишья второго порядка, пунктирной линией - периоды активизации и затишья первого порядка, выделенные нелинейными полиномами

Пики сейсмических циклов третьего и второго порядков приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 - Пики сейсмической активизации циклов третьего порядка

№ п.п.	год	месяц	число	Время, сутки	Энергетический класс *lgE*, Дж	Координаты	
						φ^o	λ^o
1	2013	2	22	53.216	9.3	42.4	78.43
2	2013	7	5	186.87	8.9	42.88	77.92
3	2013	11	8	312.086	8.4	42.87	77.87
4	2014	3	16	440.23	11.3	42.38	78.02
5	2014	8	15	592.904	12.6	42.88	77.07
6	2015	3	15	804.584	11.6	42.98	76.88
7	2016	7	12	1288.293	10.5	43.0	77.45
8	2017	5	30	1580.236	9.1	42.92	78.08
9	2018	4	8	1893.675	9.9	42.95	78.33
10	2018	8	31	2038.514	11.3	42.93	77.0

Таблица 2 – Пики сейсмической активизации циклов второго порядка

№ п.п.	год	месяц	число	Время, сутки	Энергетический класс *lgE*, Дж	Координаты	
						φ^o	λ^o
5	2014	8	15	592.904	12.6	42.88	77.07
10	2018	8	31	2038.514	11.3	42.93	77.0

Длительность циклов третьего порядка составляет 125-483 суток, а длительность циклов второго порядка составляет около 1445 суток

Вариация градиента переходов энергетических классов *(lgE*, Дж) от предыдущего к последующему приведена на рис. 4. Величина градиента изменяется от -4.8 до 6.5, стандартное отклонение составляет - 1,13. На графике отмечается своеобразная «пульсация» высвобождения сейсмической энергии.

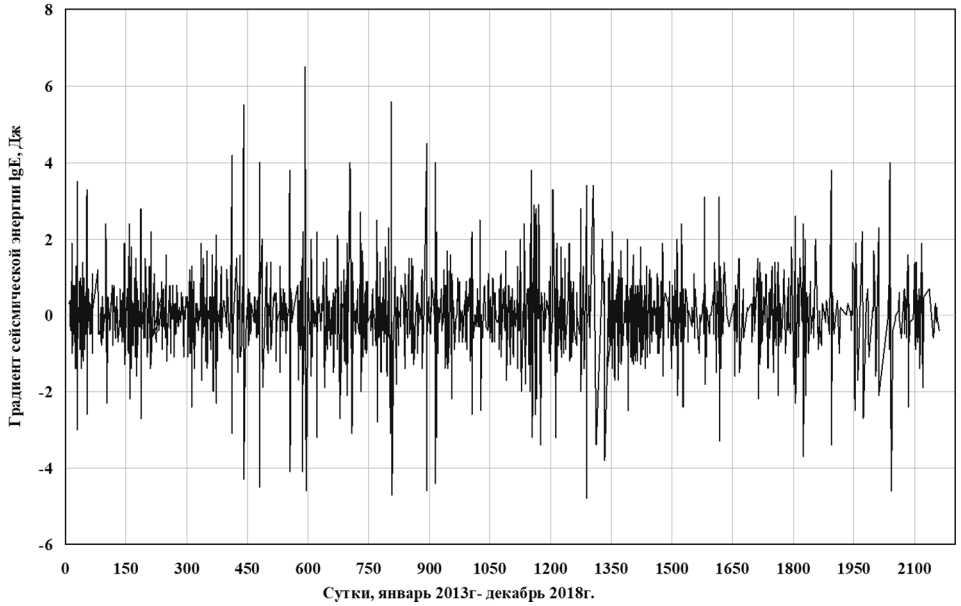


Рисунок 4 – Вариация значений градиента энергетических классов в последовательности проявления землетрясений Кемино-Чиликской активной зоны за 2013-2018 гг.

График кумулятивной сейсмической энергии (с минимума периода затишья 06 09 2013 г.), с чередованием сейсмических циклов. Изменение сейсмической энергии выражается эмпирической формулой [3] (рис. 5):

$$Ек = (0.0267t + 7.4304) \cdot 10^{11}, \text{Дж} \quad (3)$$

где $Ек$ – кумулятивная сейсмическая энергия (Дж), t – время (сутки), коэффициент $0{,}0267*10^{11}$ имеет единицы измерения Дж/сутки и представляет собой скорость высвобождения сейсмической энергии. На основании графика кумулятивной сейсмической энергии можно отметить, что период сейсмического затишья завершится, вероятно, в первой половине 2019г.

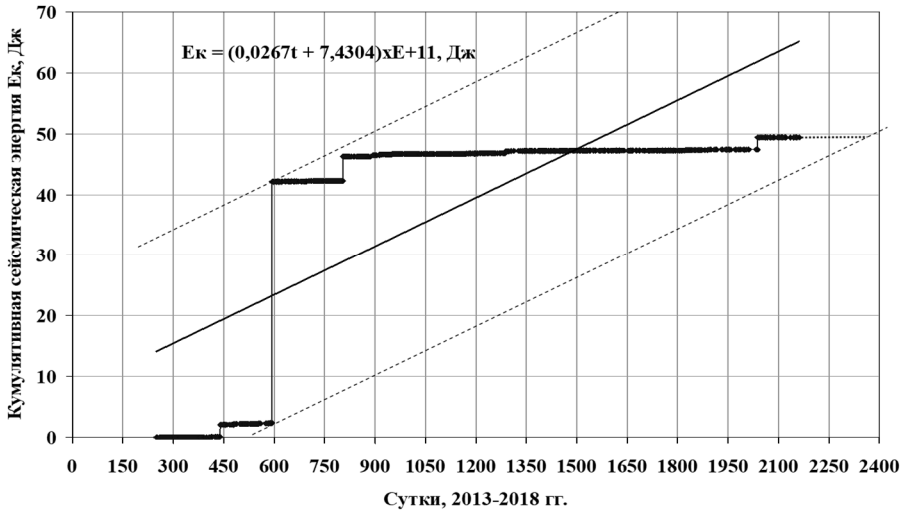


Рисунок 5 – Кумулятивная сейсмическая энергия, высвобожденная при землетрясениях с энергетическим классом $K \geq 6$ в Кемино-Чиликской активной зоне Тянь-Шаня с 06.09.2013 г. по декабрь 2018 г. Сплошной линией обозначен тренд, пунктирными линиями обозначены нижняя и верхняя границы флуктуации значений кумулятивной сейсмической энергии, горизонтальной точечной линией обозначен вероятный интервал времени затишья, после которого наступит возможная активизация

На распределении землетрясений вдоль Кемино-Чиликской зоны и во времени отмечается проявление векторов [1] сейсмической активизации (рис. 6).

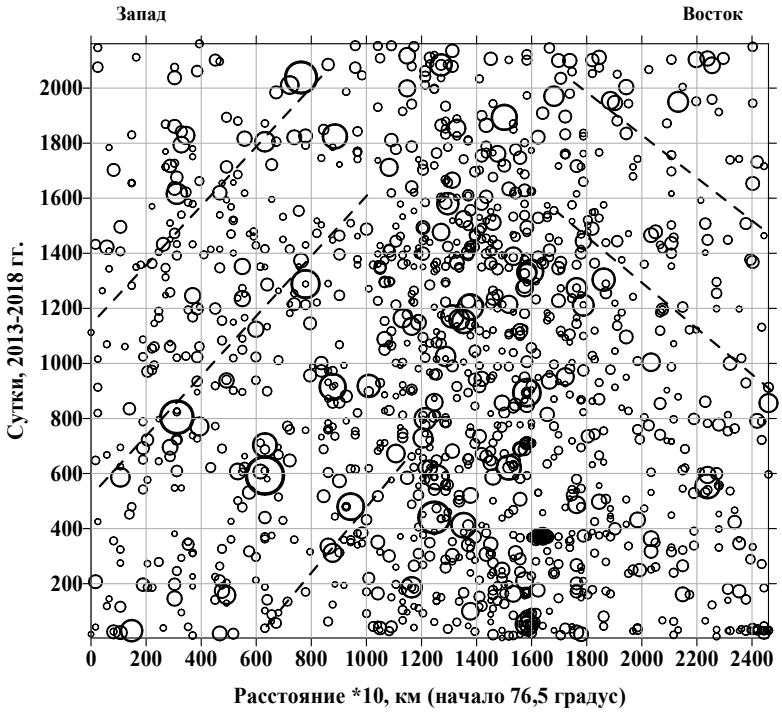


Рисунок 6 – Векторы сейсмической активизации вдоль Кемино-Чиликской зоны за 2013-2018гг. Масштаб расстояния (км) по долготе увеличен в десять раз

Векторы сейсмической активизации в восточном сегменте зоны направлены с востока на запад, и скорость миграции составляет около 0,12 км/сутки. Векторы сейсмической активизации в западном сегменте зоны направлены с запада на восток, и скорость миграции составляет около 0,08 км/сутки. При этом отмечается концентрация землетрясений в полосе 78-78.4º.

Векторы сейсмической активизации поперек Заилийского и Кунгейского поднятий, в том числе Кемино-Чиликской зоны, в районе между долготами 76.5-77.5º за 2013-2018 гг. приведены на рис. 7. Векторы направлены с севера (от зоны Предзаилийского активного разлома) на юг, и скорость миграции составляет около 0,05 км/сутки. При этом наблюдается концентрация землетрясений в полосе 42,8º-43º между Заилийским и Кунгейским устойчивыми поднятиями.

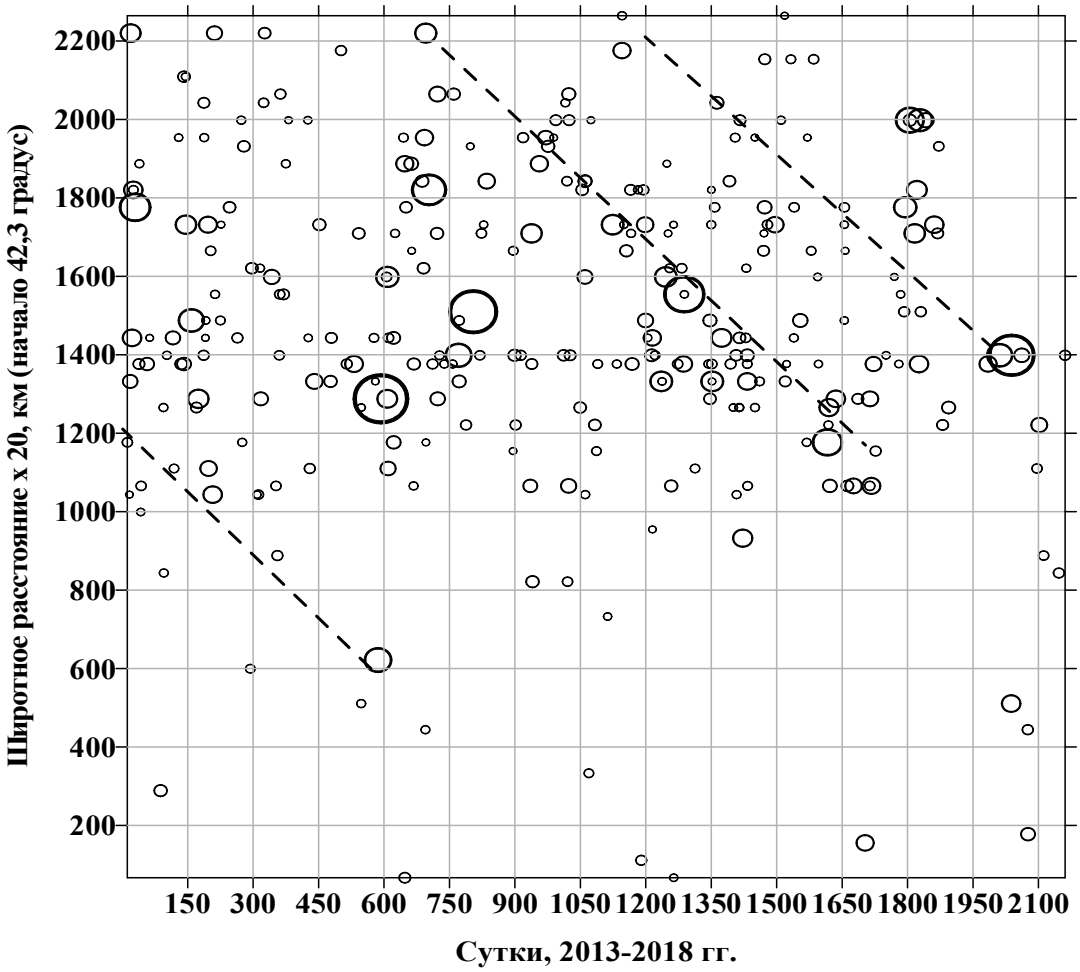


Рисунок 7 – Векторы сейсмической активизации поперек Кемино-Чиликской зоны в районе между долготами 76.5-77.5º за 2013-2018 гг. Масштаб расстояния (км) по широте увеличен в 20 раз

Заключение. На основе изучения последовательность проявления землетрясений Кемино-Чиликской зоны Тянь-Шаня за 2013-2018 гг. отмечена иерархия сейсмических циклов. Определена повторяемость землетрясения, которая выражена формулой:

$$\lg N = -0.4519 \lg E + 4.7647 \quad R^2 = 0.97,$$

где N – средняя годовая частота, E – сейсмическая энергия (Дж), R^2- достоверность аппроксимации, а также время повторения T (год) землетрясения:

$$\lg T = 0.4519 \lg E - 4.7647 \quad R^2 = 0.97.$$

Кумулятивная сейсмическая энергия выражается эмпирической формулой:

$$Ек = (0.0267t + 7.4304) \cdot 10^{11}, Дж ,$$

где *Ек* – кумулятивная сейсмическая энергия (Дж), *t* - время (сутки), коэффициент $0{,}0267*10^{11}$ имеет единицу измерения Дж/сутки, и представляет собой скорость высвобождения сейсмической энергии.

Отмечены векторы сейсмической активизации вдоль и поперек Кемино-Чиликской активной зоны. Скорость миграции их составляет около 0,08 км/сутки с запада на восток, 0,12 км/сутки - с востока на запад и 0,05 км/сутки - с севера на юг.

Литература

1. Абдрахматов К.Е., Омуралиева А., Омуралиев М., Калысова Ж. Динамическая сегментация, секторизация и сейсмичность активных структур Кыргызского поднятия на сочленении Тянь-Шаня и Казахского щита // Вестник ИС НАН КР. 2015. № 2(6). С. 11-34.
2. Gutenberg B., Richter C.F. Frequency of earthquakes in California // Bull. Seismol. Soc. Am., 1944. 34. P. 185-188.
3. Касахара К. Механика землетрясений. М.: Мир. 1985. 264 с.

УДК 550.34

ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧНОСТИ И СЕЙСМОТЕКТОНИКИ РАЙОНОВ АКТИВНОЙ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (НА ПРИМЕРЕ УКРАИНСКОГО ПРЕДКАРПАТЬЯ)

Олийнык Г.И., Назаревич Л.Е.
nazarevych.L@gmail.com
Карпатское отделение Института геофизики им. С.И. Субботина
Национальной академии наук Украины, г. Львов, Украина

Исследована современная сейсмическая активизация основных районов добычи полезных ископаемых (нефть, газ, озокерит, калийные соли и пр.) Украинского Предкарпатья – Долины (1974-76 гг.), Надворной (1999-2013 гг.) и Бориславa (2014-2018 гг.). Сейсмичность Предкарпатья связана с геодинамикой тектонических структур Предкарпатского прогиба – зоны сочленения юго-западного края Восточно-Европейской платформы с Карпатской горной системой. В этих районах фиксируются в основном небольшие землетрясения (с M=0,8-2,5), изредка с M=2,5-3,6 и с макросейсмическим эффектом до 3-6 баллов. Нами исследованы по сейсмологическим данным ориентации и направления вспаривания разрывов в очагах некоторых местных землетрясений, оценены величины этих разрывов. По результатам совместного с геолого-геофизическими данными анализа сейсмичности установлено, что большинство очагов землетрясений тяготеют к поперечным разломам антикарпатского (северо-восточного) простирания (в зонах их пересечения с Предкарпатским глубинным разломом), которые пересекают или ограничивают нефтеносные структуры, часть – к имеющимся здесь разноглубинным надвигам и складкам. Учитывая длительную (начиная с 19 века) активную добычу здесь нефти и газоконденсата (районы городов Борислав, Долина, Надворная), калийных солей (города Калуш и Стебник), местная сейсмичность является, очевидно, частично наведенной (техногенно спровоцированной).

Ключевые слова: сейсмичность, сейсмотектоника, разлом, техногенная сейсмичность, нефтегазоносный район, Украинское Предкарпатье.

Введение. В последнее время участились сейсмические события как природного, так и техногенного характера на территориях, где ранее активно разрабатывались полезные ископаемые. Причиной повышенного внимания к проблеме сейсмичности таких территорий стало увеличение числа и силы землетрясений на них, в то время, как раньше они часто являлись асейсмичными, или на них происходили единичные землетрясения. Катастрофические землетрясения в районе Газлийського газового месторождения (Средняя Азия) в 1976 и 1984 гг. с магнитудой *M* 6,8 и 7,3 соответственно, а также Нефтегорское землетрясение 1995 г. с *M*=7,2 (о. Сахалин) и другие привели к активизации изучения влияния добычи углеводородов на сейсмичность. Подобные процессы в последние десятилетия отмечаются также на территории Восточного Предкавказья и Южного Предуралья [1, 2], на месторождении Гронинген в Голландии, на нефтяных полях штатов Оклахома, Техас и др. в США.

Сейсмичность Предкарпатья (общая характеристика). Сейсмическая активность в нефтегазоносных районах зафиксирована и в Украинском Предкарпатье. Здесь в 1976 г. в районе нефтепромыслов г. Долины произошло ряд ощутимых (с *I*=5-6 баллов по шкале *MSK*-64) землетрясений. Здесь следует отметить, что эпицентры этих землетрясений находились в районах месторождений с интенсивной, начиная с 1950 года, добычей нефти, пик добычи был в 1960-1965 гг. Проведенный нами совместный анализ тектоники и локализации очагов Долинских землетрясений показал, что эти очаги расположены в зоне влияния пересечения

субмеридионального Предкарпатского и диагонального Турянского разломов. Направления разрывов, которые определялись по анализу макросейсмических полей этих землетрясений, имеют ориентацию, в плане совпадающую с направлением Предкарпатского разлома. После серии землетрясений 1974-1976 гг. в этой зоне на определенный период установилось сейсмическое затишье. Но в 1983 г. здесь зафиксировано повышение сейсмической активности (землетрясения небольшой силы – K=7,6-8,6) к северо-западу от предыдущих очаговых зон.

В районе газового месторождения Лопушна (Покутско-Буковинские Карпаты) в первые полгода эксплуатации (1986 г.), вероятно, из-за тектонических движений, вышли из строя из-за повреждения (срез и смятие обсадных колонн) несколько скважин [3], в последнии годы зафиксирован ряд землетрясений в районе городов Борислав и Надворная в Предкарпатье [4, 5].

По данным ряда ученых (в частности, Н.Николаев, 1995 г.) причиной таких землетрясений стала активная добыча углеводородов в зонах концентрации напряжений. Такие землетрясения возникают тогда, когда разработка месторождений происходит без учета наличия тектонических напряжений, она приводит к их изменениям во времени и в пространстве, в значительной степени из-за изменений гидродинамического режима глубинных флюидов, что может служить спусковым механизмом для возникновения индуцированной сейсмичности.

Подобные процессы резкой активизации местной сейсмичности наблюдаются сегодня также в Надворнянском и Бориславском нефтегазоносных районах Предкарпатья (рис. 1), что привлекло к ним наше внимание [4, 5]. Ниже представлены полученные к настоящему времени, в том числе новые результаты исследований особенностей сейсмотектонического процесса в данных районах.



Рисунок 1 – Карта-схема карпатской сейсмологической сети Украины [6] (на картооснове Google): маленькие кружки – сейсмические станции; овалы – районы современной сейсмичности (слева направо) – район Борислава, Долины, Надворной

На территории Украинского Предкарпатья уже более 150-ти лет происходит активное освоение залежей углеводородов. Здесь еще с середины 19-го века в районе городов Борислава и Долины, а позже и в районе города Надворной добывают нефть. В 80-е годы XX века в районе Надворной были открыты и начали эксплуатироваться новые месторождения. И с 1996

г. здесь наблюдается проявление и последующее повышение сейсмической активности (см. рис. 2), хотя раньше землетрясения здесь не фиксировались ни макросейсмически, ни инструментально, невзирая на наличие с 1960-х годов в радиусе 50-100 км 4-х сейсмических станций (рис. 1).

Детальные инструментальные сейсмические наблюдения в Карпатском регионе Украины ведутся с 1961 года. С увеличением в последующие десятилетия количества сейсмических станций в Карпатах, Закарпатье и Предкарпатье (сейчас здесь работает 20 сейсмических станций [6]) стало возможным значительно точнее локализовать очаги землетрясений (определять их координаты и глубины). Используется современная цифровая аппаратура с применением новых методик гипоцентрии [7], и тем самым дешифрируют тектонически активные структуры литосферы региона. Именно слабые сейсмические события, являются следствием активных деформационных процессов (как естественных, так и провоцируемых). Они несут важную информацию о расположении областей горных массивов, подвергшихся геодинамическому влиянию, и изменению напряженно-деформированного состояния этих горных массивов во времени. Пространственный анализ локализации очагов землетрясений дает возможность трассировать активные в настоящее время разломы.

Сейсмичность Бориславского района. Бориславская сейсмоактивная зона занимает среднюю часть территории Бориславского нефтепромыслового района, который тянется от западной части Предкарпатского прогиба (от границы с Польшей) до реки Стрый. Геоморфологически район расположен на стыке Украинских Карпат (Внешних (Скибовых) Карпат) и Предкарпатской волнистой возвышенности, захватывая часть обоих этих геоморфологических единиц. Уникальность этого района в том, что здесь ведется длительная (начиная с 1810 г.) активная добыча нефти, газа и озокерита в промышленных масштабах. Для него характерно наличие рядом неглубоких (1-3 км) и глубоких месторождений нефти (Соколовецкое, 5700-5800 м). Основным структурным элементом фундамента здесь является Попельский структурный выступ, а также блок между Раточинским и Стрыйским поперечными разломами (Оривское поднятие). Характерной особенностью строения земной коры района является наличие многочисленных складок-надвигов, к которым приурочены залежи углеводородов (например, Бориславская складка первого яруса структур и надвинутая складка второго яруса структур Бориславско-Покутской зоны Предкарпатского прогиба. Складки разбиты рядом с тектоническими нарушениями различной амплитуды на отдельные тектонические блоки. В первом ярусе структур – это Попельский, Бориславский и Помиркивський блоки, во втором – Бориславский и Попельский тектонические блоки [8, 9].

Зона Борислава в сейсмическом отношении была спокойной до 2014 г., а в течении 2014-18 гг. здесь произошло 38 землетрясений небольшой силы (M=0,8-2,9). Пространственная локализация эпицентров землетрясений на тектонической карте [9] обнаружила некоторые особенности сейсмотектоники района. Так, цепочка землетрясений северо-восточного направления на север от Борислава трассирует линию Раточинского разлома, далее на север прослеживается еще одно сейсмоактивное тектоническое нарушение. По результатам дешифрирования космических снимков и геолого-геофизических данных (А. Кудряшов, А. Мычак) Раточинский линеамент является региональной субвертикальной зоной деструкции земной коры (по Р. Бембелю) с признаками растяжения. На режим растяжения земной коры указывает также положительный знак параметра крипекс (Cr) исследованных нами землетрясений, который хорошо характеризует напряженное состояние очаговых зон, обусловленное локальной геодинамикой.

По данным о пространственном расположении гипоцентров землетрясений построена объемная модель сейсмической активности Бориславского тектонического блока и выделено 2 уровня активности зоны Раточинского разлома: 1-й – глубины H=1-2 км, 2-й – H=5-6 км [10]. Это указывает на сложный характер распределения тектонических напряжений на границах геологических структур и частично связано с перераспределением гидродинамического давления при нефтегазодобыче на уже механически ослабленные геологические структуры.

По волновой картине *P*-волн и методике И. Горбуновой построены азимутальные годографы некоторых землетрясений и найдены направления разрывов в их очагах, которые лежат в пределах *Az*=355÷17º. Эти данные могут свидетельствовать либо об активности оперяющих Раточинский разлом разрывных нарушений, либо о смещении по наклонным плоскостям надвигов. Упомянутый выше положительный крипекс *Cr* местных землетрясений указывает на наличие режима растяжения в их очаговых зонах, что может указывать на сбросовый или сбросо-сдвиговый механизмы землетрясений. Два землетрясения 22.08.2016 г. и 29(30).09.2017 г. с магнитудой *M*=2,3 и 2,9 соответственно имели сейсмическое влияние на территорию калийного рудника №2 в Стебнике. Первое, возможно, было триггером события (вероятно, горного удара или обвала одной из камер шахтного поля), который зафиксировала горная служба в одной из недействующих сейчас шахт г. Стебник. Спектр *P*-волны землетрясения 22.08.2017 3-ступенчатый, что свидетельствует о сложном характере разрыва и трех структурно-иерархических уровнях разрушения в очаге, основная (нижняя – крипексная) частота среза спектра *P* волны f_0 для различных станций составляет 0,4-0,8 Гц (в среднем 0,65 Гц). Этой частоте соответствует длина разрыва в очаге (по построенным нами корреляционным формулам из [10]) порядка 3 км, в то время, как по нашим средним корреляционными зависимостями для региона средняя длина разрыва для землетрясений такого класса/магнитуды составляет порядка 0,7 км. Второе землетрясение с *M*-2,9, по нашим данным, было следствием сейсмогравитацийного смещения – провала на калийном руднике г. Стебник в 21.46 по Гринвичу (в 00.46 30.09.2017 г.). Обвал произошел здесь в зоне предварительного разрушения целиков выработок шахты и огромная масса пород упала на водное «зеркало», которое образовалось при попадании туда грунтовых вод и закачанных рассолов. Этот удар о воду погасил высокочастотные колебания, поэтому сейсмограмма оказалась зашумлена низкой частотой. Амплитудный спектр этого землетрясения также имеет характерную ступенчатую форму с низкой частотой среза спектра *P* волны. При этом заметное снижение крутизны роста спектра к низким частотам указывает на уменьшение сброшенных напряжений при переходе от низших масштабно-иерархических уровней разрывообразования к высшим.

Сейсмичность Надворнянской зоны. Анализируя сейсмическую активность Надворнянского района, отметим, что первые единичные землетрясения с магнитудой *M*=1-2,5 были здесь зафиксированы, начиная с 1996 года. Причем интересно развитие сейсмической активизации во времени: сначала 2 слабых (*K* порядка 6 и 7) события в 1996 и 1997 гг., затем – серия из более сильных (*K*>8) событий в 1999, 2001, 2002, 2004, 2006 и 2007 гг., к которой в 2004 г. подключились более слабые (*K*=7÷7,9) и в 2005 г. – еще более слабые (*K*=6÷6,9) землетрясения (по 3-4 в год), которыми к 2013 году эта активизация затухала.

Надворнянский сейсмоактивный узел расположен в пределах Бориславско-Покутской зоны Предкарпатского прогиба (рис. 1). Местный тектонический узел, образованный пересечением Предкарпатского и ортогонального Шопурско-Надворнянско-Монастырецкого разломов, относится к трем крупнейшим узлам в Предкарпатье и отображается зоной активных дифференцированных новейших и голоценовых движений, изученных, в частности, по динамике эволюции грунтовых покровов [11].

Комплексный анализ локализации очагов землетрясений и тектоники района показал, что очаги трех из 10-ти более сильных землетрясений локализуются в юго-восточной части Бориславско-Покутской зоны Предкарпатского прогиба в антиклинальной складке [5, 8, 9]. Остальные очаги землетрясений тяготеют к поперечным разрывным нарушениям, которые разбивают здесь земную кору Бориславско-Покутской зоны на Старуньский, Битковский и Пасичнянский блоки [9]. В исследуемом районе расположены Пнивское, Южно-Гвиздецкое, Пасичнянское, Битков-Бабчинское нефтегазоконденсатные месторождения с интервалами добычи от 2300 до 4400 м. Глубины очагов землетрясений этого района находятся в пределах 2÷2,8 км и 4,7÷6,9 км.

Для детального исследования привязки очагов землетрясений района Надворной к локальным тектоническим структурам был использован геологический профиль Быстрица –

Гвизд [12]. Анализ локализации очагов землетрясений, находящихся в зоне до ±1,5-2 км от линии профиля, показал [5], что эти очаги приурочены к разноглубинным поверхностям надвигов и складок с разной крутизной погружения, т.е. углами падения. Наиболее активным (7 землетрясений) является Дзвиняч-Рунгурский покров внутренней зоны Предкарпатского прогиба: 5 очагов локализуются в области сочленения поверхности этого надвига (его подошвы) с более крутыми поверхностями надвигов отдельных складок, 2 очага находятся примерно на 1 км выше (глубина 4,5-4,8 км) на тех же крутых поверхностях надвигов-складок (рис. 2). Другие 2 очага с глубинами 2,5 и 2,8 км находятся на верхнем этаже сейсмотектонической активности и приурочены к кровле Дзвиняч-Рунгурского покрова – поверхности, по которой на него надвигается Битковский покров. Очаг одного землетрясения с глубиной 1,9 км приурочен к поверхности складки в теле Битковского покрова. Анализ соотношения локализации очагов землетрясений по профилю Быстрица – Гвизд с пространственным расположением месторождений углеводородов и интервалами нефтедобычи показал, что тектонические напряжения, которые вызывают землетрясения, проявляются или выше зоны наличия ловушек углеводородов, или ниже нее. Что касается предполагаемых механизмов землетрясений этого района, то они, очевидно, взбросо-надвигового типа и реализуются в условиях сжатия вкрест Карпат в направлении юго-запад – северо-восток с некоторой тангенциальной составляющей. Об обстановке сжатия говорит также параметр крипекс *(Cr)* местных землетрясений, который имеет выраженные отрицательные (-0,17÷-0,52) значения для ряда землетрясений (2009-2011 гг.), это свидетельствует о «жестком» (высокочастотном) сейсмическом излучении указанных очагов, что характерно для землетрясений взбросо-надвигового типа, происходящих в условиях сжатия.

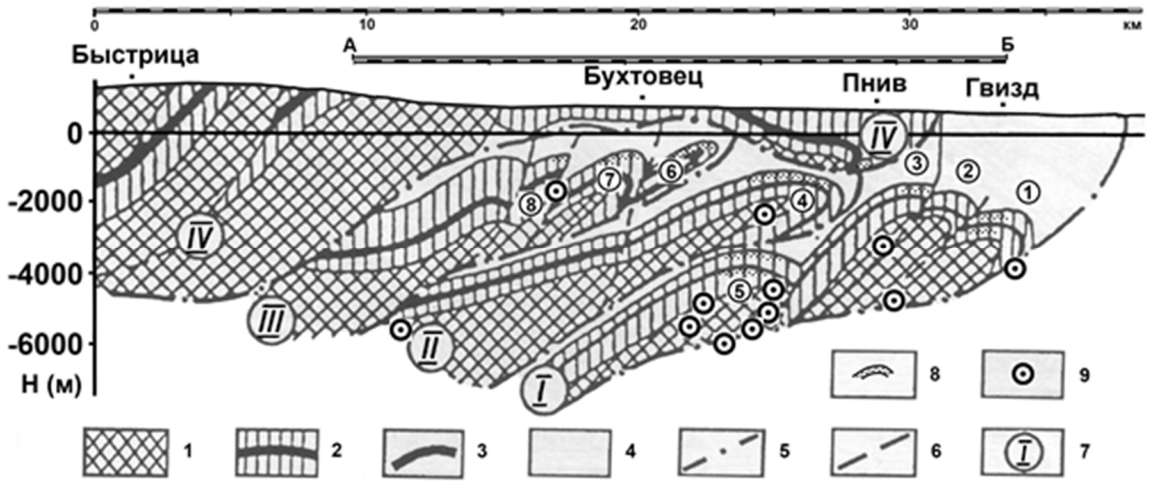


Рисунок 2 – Приуроченность очагов землетрясений Надворнянского нефтегазоносного района (Украинское Предкарпатье) к разломным структурам. Геологический разрез по профилю Быстрица – Гвизд (Крупский, 2001 [12]). Условные обозначения: 1 – меловый флиш; 2 – палеогеновый флиш; 3 – Шешорский горизонт и Быстрицкая свита внутри палеогена; 4 – молассы неогена; 5 – границы покровов; 6 – надвиги; 7 – покровы (I – нижний (Дзвиняч-Рунгурский), II – средний (Битковский), III – верхний (Майданский) (все три – внутренняя зона Предкарпатского прогиба), IV – Скибовый покров Карпат (Береговая скиба)); 8 – залежи углеводородов; 9 – очаги землетрясений, произошедшие на расстоянии до ±2 км от профиля; цифры в кружках – отдельные складки внутренней зоны Предкарпатского прогиба (1 – Гвиздецкая, 2 – Старуньская, 3 – Пнивская, 4 – Глубинная, 5 – Пасичнянская, 6 – Старая Копальня, 7 – Газовая, 8 – Газовая (Бухтовецкая)

Выводы. По данным исследования в настоящее время на территории Украинского Предкарпатья имеются три сейсмически активных района: Борислав, Долина и Надворная

(рис. 1). По энергии землетрясений (M=0,6÷2,4) местная сейсмичность (кроме района Долины (M до 3,5)) небольшая. Очаги землетрясений приурочены к зонам пересечения главного здесь глубинного Предкарпатского разлома с активными линеаментами или разломами ортогонального направления. В зонах этих дизъюнктивных узлов находятся месторождения нефти и газоконденсата, идет добыча углеводородов. Геодинамика Украинского Предкарпатья характеризуется общим сжатием вкрест Карпатской горной системы (в направлении юго-запад – северо-восток), кроме этого конкретные районы имеют локальную геодинамику горст-грабенового («клавишного») типа, сформированную общим сжатием, реологией глубинных горизонтов и местными тектоническими структурами фундамента. Непосредственной причиной активизации местной сейсмичности являются изменения геомеханического и гидродинамического режима разрывных, складчатых и надвиговых структур коры этого района, вызванные комплексом причин, в том числе добычей углеводородов и закачкой воды. Поскольку выявлена определенная связь локальной сейсмичности с интенсивностью процессов нефтедобычи на местных месторождениях как во времени, так и по соотношению между очагами землетрясений и горизонтами нефтедобычи в пространстве, изложенные результаты исследований необходимо учитывать для уменьшения геоэкологического риска для данных территорий.

Литература

1. Керимов И.А., Гайсумов М.Я., Ахматханов Р.С. Сейсмичность и технические аварии на объектах нефтяной промышленности Чеченской республики // Вестник ТГУ. Сер. Естественные и технические науки. 2012. Т. 17. № 3. С. 1026-1030.
2. Нестеренко Ю.М. Влияние добычи углеводородов на геофизические процессы и сейсмичность в нефтегазоносном Южном Предуралье // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2012. № 1. С. 1-21.
3. Шеремета П., Стародуб Ю. и др. Лопушнянское нефтегазовое месторождение в форланде Украинских Карпат // Геолог Украины. 2004. № 1. С. 48-53 (на укр. яз.).
4. Назаревич Л.Е., Назаревич А.В. Особенности сейсмичности Надворнянского нефтегазоносного района в Украинском Предкарпатье // Сборник докладов четвертой молодежной тектонофизической школы-семинара. Т. 1. М. 2015. С. 210-215.
5. Назаревич Л.Е., Назаревич А.В. Сейсмичность и сейсмотектоника Надворнянского нефтегазоносного района (Украинское Предкарпатье) // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. 2015. Т. 90. Вып. 6. С. 17-27.
6. Электронный ресурс: http://seism.lviv.ua
7. Назаревич А.В., Назаревич Л.Е. Расчетные годографы сейсмических волн в гипоцентрии карпатских землетрясений // Вестник КНУ им. Тараса Шевченко. Геология. 2003. № 26-27. С. 98-103 (на укр. яз.).
8. Атлас месторождений нефти и газа Украины. Т. IV. Западный нефтегазоносный регион. Львов: Центр Европы. 1998. 710 с. (на укр. яз.).
9. Тектоническая карта Западного нефтегазоносного региона Украины. М.: УкрГГРИ. 1994.
10. Назаревич Л.Е., Нищименко И.М., Назаревич А.В., Олийнык Г.И. Сейсмичность Бориславского нефтедобывающего района // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Сб. материалов IX Междунар. конф. молодых ученых и студентов (г. Бишкек, 27–28 марта 2017 г.). Бишкек. 2017. С. 134-138.
11. Поливцев А.В. Карта вертикальных голоценовых движений форланда Украинских Карпат // Геодинамика. 2011. № 1(10). С. 58-71 (на укр. яз.).
12. Крупский Ю.З. Геодинамические условия формирования и нефтегазоносность Карпатского и Волыно-Подольского регионов Украины. Киев: УкрГГРИ. 2001. 144 с. (на укр. яз.).

УДК 550.34

ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТЕЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН V_P, V_S И ОТНОШЕНИЯ V_P/V_S ОТ ВЗРЫВОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ КУМТОР ЗА 2017 Г. – 2018 Г.

Омурбек кызы К., Омуралиев М.
kanyshaj.omurbek@bk.ru, mederbek@mail.ru
Институт сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики,
г. Бишкек, Кыргызская Республика

Изучены сейсмические волны от повторных промышленных взрывов на месторождении Кумтор по данным цифровых сейсмических станций.

Ключевые слова: повторные промышленные взрывы, продольные и поперечные волны, скорость сейсмических волн.

Временная изменчивость скоростных свойств литосферы изучена по данным ядерных взрывов на Семипалатинском полигоне, а также крупномасштабного Камбаратинского взрыва, регистрируемых, в частности, сетью сейсмических станций Кыргызстана [1–4]. По данным ядерных взрывов на Семипалатинском полигоне отмечены ритмы 1,3 года, 2 года и 4-6 лет. При изучении Агалатасских взрывов (на южном склоне Киндыктасского хребта), повторно произведенных через сутки и более, анализировалось изменение амплитуд продольных и поперечных волн (*Ap, As, As/Ap*) по направлениям к сейсмическим станциям Ананьево, Боом, Карагай-Булак, Ала-Арча и другие [5, 6]. Отмечено, что графики изменения амплитуд имеют колебательный характер. Выделены определенные гармоники со свойственными периодами, амплитудами и фазами. Изучены сейсмические волны ряда Кумторских взрывов за 2012 г. [7, 8].

Уникальное золоторудное месторождение Кумтор, расположенное на северном склоне Акшийракского хребта, разрабатывается открытым взрывным способом. Сейсмические волны от взрывов записываются цифровыми сейсмическими станциями сети KRNET (Каракол - PRZ, Каджисай – KDJ) и станцией Тарагай – TARG (рис. 1). Количество взрывов в сутки достигает трех.

Сейсмические волны, направленные в сторону станций Каракол -PRZ, Каджисай – KDJ, распространяются через метаморфические породы протерозоя и гранодиориты ордовика, а в сторону станции Тарагай - TARG распространяются через метаморфические пород протерозоя.

На рис. 2 приведена последовательность землетрясений с $K \geq 6$ за январь 2017 г.-декабрь 2018 г.

16 ноября 2017 г. и 14 сентября 2018 г. проявились землетрясения с K=11,6 и 11,5, т.е. через 332 суток северо-западнее карьера комбината. В районе месторождения отмечались в основном землетрясения с K=6.0-6.5.

Исходными данными исследований являются карточки взрывов Института сейсмологии НАН КР за январь 2017 г. – январь 2018 г. Сейсмическая энергия взрывов колеблется от 1.8×10^3 Дж до 10^7 Дж. Магнитуда их составляет m_{pv}=1,1-3,1.

Основными параметрами взрывов являются: скорость сейсмических продольных и поперечных волн, их отношение (*Vp, Vs, Vp/Vs*); максимальные амплитуды и их отношения (*Ap, As, As/Ap*). Скорость сейсмических волн определялась составлением годографов для каждого взрыва. Анализ показал, что годограф состоит из различных отрезков на эпицентральных расстояниях в соответствии с данными сети сейсмических станций: первый отрезок - до 100 км, второй - более 100 км. Эти отрезки на годографах, очевидно, выражают скорость волн в верхнем, нижнем слоях земной коры и верхней мантии.

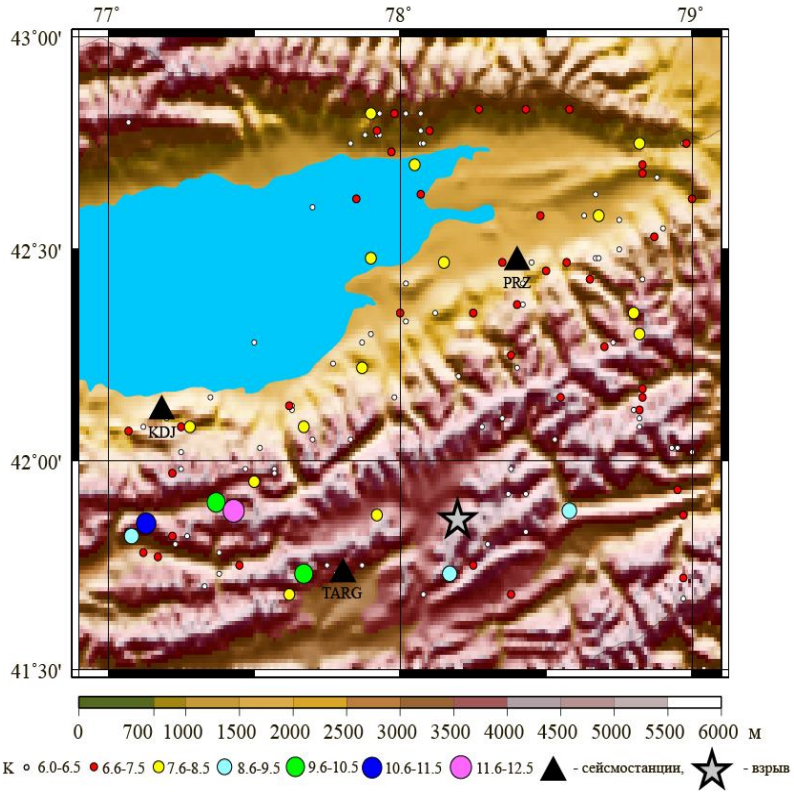


Рисунок 1 – Схема расположения места повторных взрывов и цифровых сейсмических станций, а также эпицентров землетрясений с $K \geq 6$ за январь 2017 г. – декабрь 2018 г. Место промышленного взрыва обозначено звездочкой, цифровые сейсмостанции – треугольниками

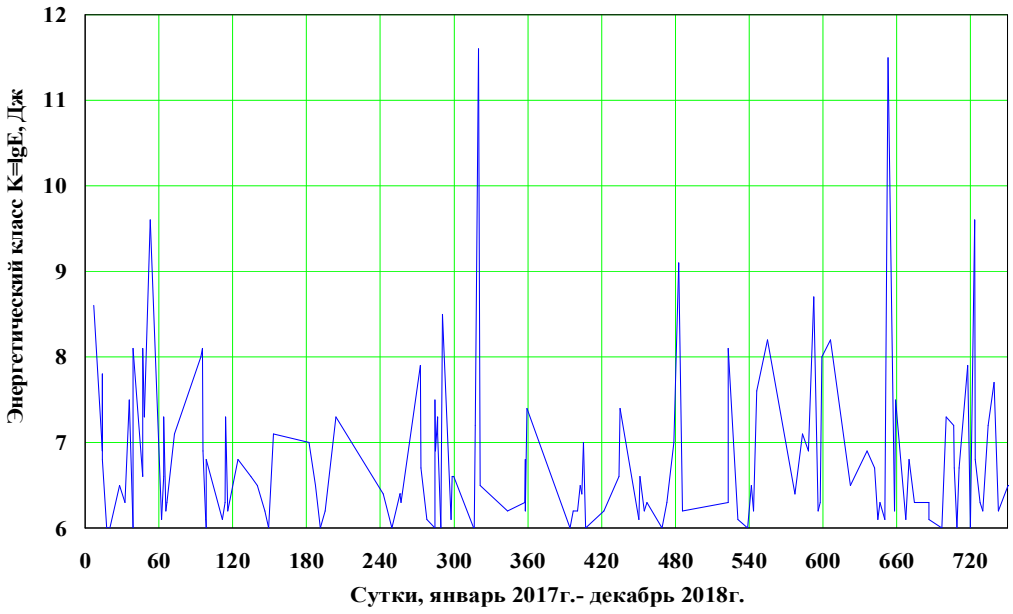


Рисунок 2 – Последовательность землетрясений с $K \geq 6$ за январь 2017 г.–декабрь 2018 г. в районе исследования

Временная вариация значений *Vp, Vs, Vp/Vs* участков земной коры вблизи Кумторских взрывов изучена за январь 2017 г.- январь 2018 г. (рисунки 3-5). В изменении значений *Vp, Vs, Vp/Vs* скоростей во времени выделяются иерархии циклов (ритмов) вариации. Длительность циклов вариации, например, *Vp/Vs* третьего порядка составляет 12-48 суток, второго порядка – 68-95 суток.

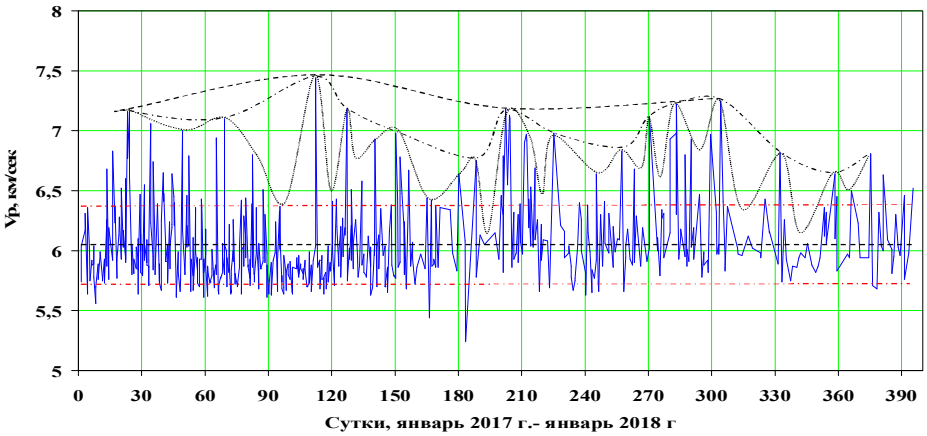


Рисунок 3 – Вариация скорости продольных сейсмических волн *Vp* от взрывов на месторождении Кумтор (январь 2017 г. – январь 2018 г.). Горизонтальной штриховой линией обозначено среднее значение, горизонтальной штрихпунктирной линией – стандартное отклонение. Точечной кривой обозначен цикл (ритмика) вариации третьего порядка, штрихпунктирной кривой – цикл вариации второго порядка, а пунктирной кривой – цикл вариации первого порядка

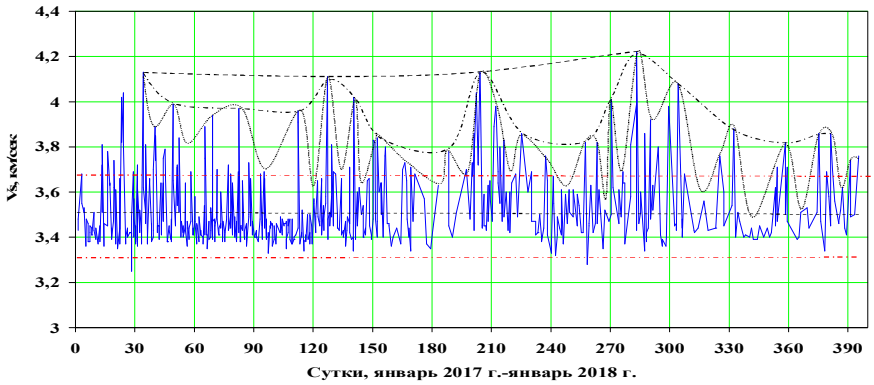


Рисунок 4 – Вариация скорости поперечных сейсмических волн *Vs* от взрывов на месторождении Кумтор (январь 2017 г. – январь 2018 г.). Условные обозначения для линий на графике те же, что на рисунке 3

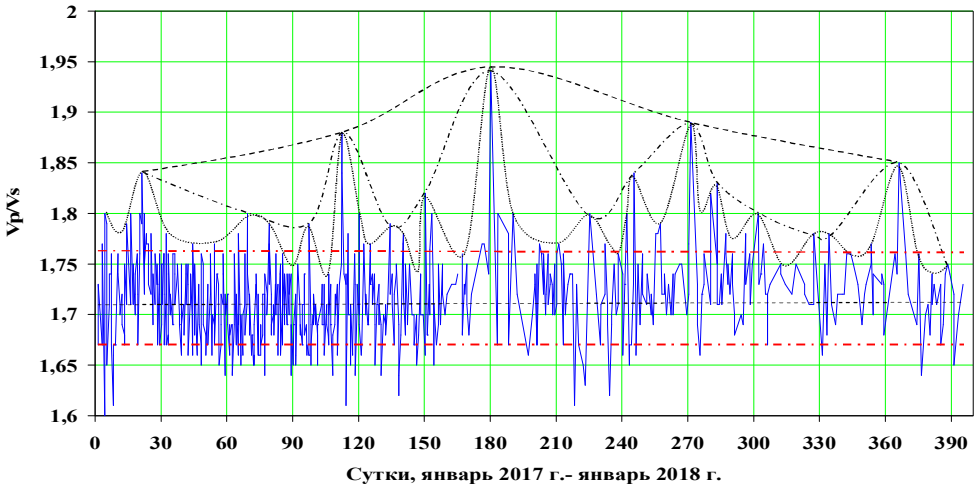


Рисунок 5 – Вариация отношения скоростей продольных и поперечных сейсмических волн *Vp/Vs* от взрывов на месторождении Кумтор (январь 2017 г. – январь 2018 г.). Условные обозначения для линий на графике те же, что на рисунке 3

Вариация величин *Vp* (рис. 3) имеет среднее (*C*) значение 6.04 км/с со стандартным отклонением *S*=0.34, что составляет 5.6 % от среднего значения (таблица 1).

Вариация величин *Vs* (рис. 4) имеет среднее значение 3.5 км/с со стандартным отклонением 0.15, что составляет 4.2 % от среднего.

Величина *Vp/Vs* (рис. 5) изменяется от 1,6 до 1,94, имеет среднее значение 1,72 со стандартным отклонением 0,04, что составляет 2,3 % от среднего значения.

Таблица 1 – Среднее значение (*C*) скоростей сейсмических волн и стандартное отклонение (*S*) их вариации

Значение	*Vp*	*Vs*	*Vp/Vs*
C	6,046	3,516	1,715
S	0,336	0,156	0,042
C+S	6,382	3,674	1,758
C-S	5,705	3,357	1,672

Соотношение величин *Vp, Vs, Vp/Vs* выражает состояние среды [9-13]. А именно, малые значения *Vp, Vs, Vp/Vs* выражают проявление флюидов, малые значения *Vp, Vs*, но большое значение *Vp/Vs* - частичное плавление, большие значения *Vp, Vs* – относительно высокие давления. На рис. 6 показано соотношение *Vp, Vs, Vp/Vs* от взрывов на месторождении Кумтор за январь 2017 г. – январь 2018 г.

Диагональная полоса 1,72±0,04 отмечает стандартные сейсмические волны. Сейсмические волны, отражающие проявления флюидов и частичного плавления, попадают в первый квадрант. В третий квадрант попали сейсмические волны, характеризующие проявления в среде высоких давлений.

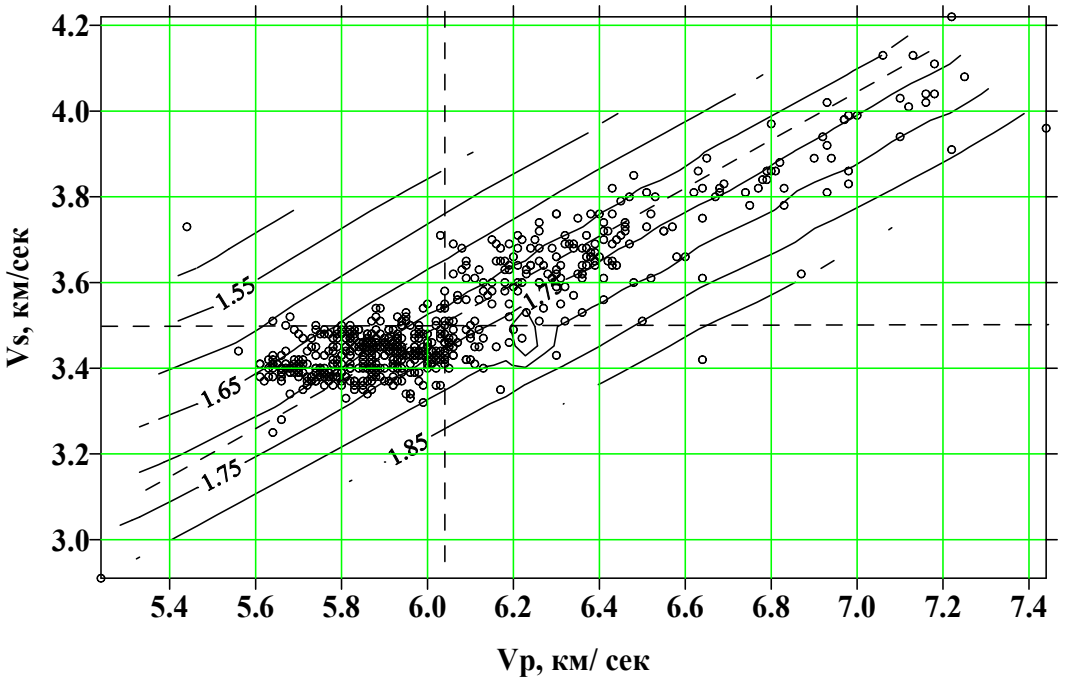


Рисунок 6 – Соотношение между *Vp, Vs, Vp/Vs* от взрывов на месторождении Кумтор.

Значения *Vp/Vs* выражены субпараллельными линиями, где пунктирной линией выделено *Vp/Vs*=1,72. Среднее значение *Vp* обозначено вертикальной штриховой линией. Среднее значение *Vs* обозначено горизонтальной штриховой линией. Кружочками обозначены наблюденные значения *Vp/Vs*

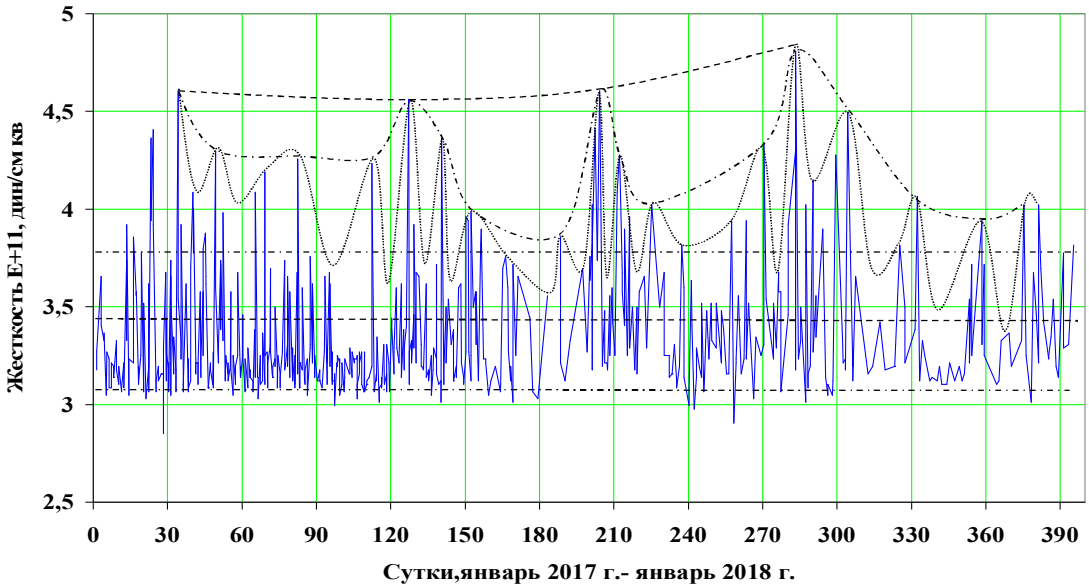


Рисунок 7 – Вариация значений жесткости среды изучаемого района с января 2017 г. по январь 2018 г. Горизонтальной штриховой линией обозначено среднее значение, горизонтальной штрихпунктирной линией – стандартное отклонение. Точечной кривой обозначен цикл (ритмика) вариации третьего порядка, штрихпунктирной кривой - цикл вариации второго порядка, а пунктирной кривой - цикл вариации первого порядка

На основании данных скорости поперечных волн и плотности горных пород оценена жесткость среды земной коры. График вариации значений жесткости приведен на рис. 7 Длительность циклов вариации жесткость третьего порядка составляет 8-45 суток. Длительность циклов второго порядка составляет 77-93 суток. Значения жесткость изменяется в пределах (2.9-4.8) x10^{11} дин/см^2. Среднее значение равно μ=3.4x10^{11} дин/см^2.

Максимальные амплитуды *Ap, As* и их отношение *As/Ap* сейсмических волн от взрывов изучены на каждой станции: Каджисай, Каракол, Тарагай. На их изменении во времени наблюдаются циклы вариации. В таблице 2 приведены среднее значение (*C*), стандартное отклонение (*S*) и величина (*C*+*S*).

Таблица 2 – Среднее значение (*C*), стандартное отклонение (*S*) и величина (*C*+*S*) максимальных амплитуд продольных волн *Ap*, поперечных волн *As* и значений *As/Ap*

Величина	Сейсмические станции								
	Каджисай KDJ			Каракол PRZ			Тарагай TARG		
	Ap	As	As/Ap	Ap	As	As/Ap	Ap	As	As/Ap
C	0,0017	0,0041	6,8814	0,0009	0,0025	7,0963	0,0020	0,0378	45,8028
S	0,0042	0,0070	12,8057	0,0015	0,0029	9,7207	0,0029	0,0595	93,9437
C+S	0,0058	0,0111	19,6871	0,0024	0,0054	16,817	0,0134	0,0973	139,7464

Заключение. Сейсмические волны от повторных промышленных взрывов месторождения Кумтор позволяют проследить динамику среды земной коры Тянь-Шаня. Значения скорости распространения сейсмических продольных и поперечных волн взрывов *Vp, Vs* и отношения *Vp/Vs*, а также жесткости земной коры изменяются во времени. Установлена иерархия циклов вариации *Vp, Vs, Vp/Vs* и жесткости. В этих циклах наблюдаются проявления флюидов, частичного плавления и условий высоких давлений.

Литература

1. Адушкин В.В., Ан В.А., Каазик П.Б., Овчинников В.М. О динамических процессах во внутренних геосферах Земли по временам пробега сейсмических волн // Докл. РАН. 2001. Т. 381. № 6. С. 822-824.
2. Гамбурцева Н.Г., Люкэ Е.И., Николаевский В.Н. и др. Периодические вариации параметров сейсмических волн при просвечивании литосферы мощными взрывами // ДАН СССР. 1982. Т. 266. С. 1349-1353.
3. Гамбурцева Н.Г. Временная изменчивость скоростных свойств среды по данным Семипалатинских ядерных взрывов // Земная кора и верхняя мантия Тянь-Шаня в связи с геодинамикой и сейсмичностью. Бишкек: Илим. 2006. С. 94-104.
4. Омуралиев М., Омуралиева А. Явление скачкообразного изменения строения литосферы во время и после крупномасштабного взрыва. Кыргызпатент. 2011. № 1616.
5. Меджитова З.А. Временные вариации параметров сейсмических волн от промышленных взрывов // Земная кора и верхняя мантия Тянь-Шаня в связи с геодинамикой и сейсмичностью. Бишкек: Илим. 2006. С. 81-87.
6. Омуралиев М. Гармонический анализ параметров сейсмических волн от промышленных взрывов // Земная кора и верхняя мантия Тянь-Шаня в связи с геодинамикой и сейсмичностью. Бишкек: Илим. 2006. С. 88-94.
7. Омуралиева А., Омуралиев М. Кумторские взрывы и изменение состояния среды земной коры и верхней мантии в реальное время // Известия ВУЗов. 2012. № 6. С. 70-77. ISSN 1026-9045.
8. Омуралиев М., Омуралиева А., Омурбек кызы К. Изменение состояния среды земной коры в реальное время вблизи Кумторских взрывов // Вестник Института сейсмологии НАН КР. 2016. № 7. С. 76-86.
9. Nakajima J., Matsuzawa T., Hasegawa A., Zhao D. Three-dimensional structure of *VP, VS* and V_P/V_S beneath northeastern Japan: Implications for arc magmatism and fluids //Journal of Geophysical Research. 2001. V. 106. P. 21843-21857.
10. Omuraliev M., Omuraleva A. Late Cenozoic tectonics of the Tien Shan Kyrgyzstan, Central Asia. Bishkek: Ilim. 2004. 166 p.
11. Омуралиева А., Омуралиев М. Вероятные участки проявления флюидов и частичного плавления в земной коре Центральной части Тянь-Шаня по данным сетей «MANAS" и "KNET" // Современные проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Тез. докл. V Междунар. симп. Т. 2. Бишкек. 2011. С. 73-75.
12. Абдрахматов К.Е., Омуралиев М., Омуралиева А. Распределение флюидов, температуры в зонах Центрального Тянь-Шаня и подготовка сильных землетрясений. Бишкек: Триада принт. 2015. 206 с.
13. Омуралиев М. О роли термо-акустического и массопереносо-акустического эффектов в геологических процессах литосферы // Известия АН Киргизской ССР. 1987. № 5. С. 11-14.

УДК 351/354

ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В КЫРГЫЗСТАНЕ

Садабаева Н.Дж., Айдаралиев Б.Р., Ордобаев Б.С.,
nakujan87@mail.ru
Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

В данной работе говорится об опасных природных процессах природного и техногенного характера в Кыргызской Республике, так как в последние годы в Кыргызстане, как и во всем мире, отмечается увеличение количества и рост интенсивности опасных природных процессов. Причинами этому служат, с одной стороны, антропогенные факторы, с другой – естественные условия.

Ключевые слова: опасные природные процессы, чрезвычайные ситуации, природный, техногенный, катастрофа, горнодобывающие, коммуникационные, рекреационные.

К естественным причинам роста стихийных бедствий, вероятно, следует отнести, в первую очередь, глобальное изменение климата. В нашей стране оно проявляется, прежде всего, в виде роста температуры воздуха и увеличения количества выпадающих атмосферных осадков.

К антропогенным же причинам относятся: рост населения, массовое строительство жилых и производственных зданий и сооружений, освоение новых территорий, в том числе небезопасных с точки зрения природных катаклизмов. Поскольку Кыргызстан горная страна, то равнинных площадей, пригодных для строительства жилья не хватает. Население строит индивидуальные дома в долинах рек вплоть до надпойменных террас (подвергаясь селевой и паводковой опасности), у самых подножий гор и холмов (что чревато обвалами, камнепадами, сходом оползней), в низинах и на болотистых участках (где возможны подтопления и заболачивание).

В горных и особенно высокогорных регионах строятся горнодобывающие, коммуникационные, рекреационные, животноводческие и другие объекты, которые потенциально подвержены опасным природным явлениям, таким как сели и паводки, оползни и лавины, камнепады и обвалы, сильные морозы, метели и снегопады. В низкогорных, предгорных и равнинных районах основные опасные и неблагоприятные природные явления – это засухи, пыльные бури, суховеи, зной, а также наводнения, подтопление земель, засоление, заиление, заболачивание территорий.

Вся территория, как горная, так и долинная части, подвергаются порой воздействию штормовых ветров, сильных ливней, гроз, молний, туманов, гололеда, почвенной эрозии, просадочности грунтов, природных пожаров, нашествию саранчи, эпизоотиям, эпитофитиям.

Сельскому хозяйству серьёзный вред приносят поздние весенние и ранние осенние заморозки, а также градобой, засухи и другие опасные и неблагоприятные атмосферные явления.

Кроме того, вся территория республики в высокой степени подвержена тектоническим воздействиям. Согласно картам сейсмического районирования большая часть её входит в 9-ти балльную сейсмоопасную зону, значительная территория относится к 8-ми балльной зоне и лишь небольшая равнинная площадь входит в 7-ми балльную зону. Молодая горная страна – Тянь-Шань – характеризуется значительной интенсивностью тектонических процессов – отсюда высокая повторяемость землетрясений на территории Кыргызской Республики. Ежегодно регистрируются сотни слабых толчков в 1-3 балла и несколько средних и сильных – 4-6 и до 8-9-ти баллов. Нередки разрушения зданий и сооружений, и даже человеческие жертвы.

Потепление климата последних лет вызвало усиление таяния ледников и катастрофическое сокращение их площадей и объемов. Вкупе с ростом количества атмосферных осадков это привело к увеличению водности рек – отсюда участившиеся случаи прорывов высокогорных ледниковых озер, паводков и селей, схода лавин и оползней, подтопления низинных участков. Глобальное изменение климата повлекло усиление интенсивности и смену периодичности различных неблагоприятных атмосферных явлений, таких как ливни, штормы, морозы, снегопады, туман, гололед, град, грозы, пыльные бури, засухи и др.

Для обеспечения безопасной жизнедеятельности человека ставится задача противодействия чрезвычайным ситуациям. Она решается путем своевременного прогноза стихийных бедствий, устранения возможности возникновения аварий и катастроф, повышением степени защищенности человека и хозяйственных объектов в случае их наступления. В этой связи требуется активизация и объединение усилий органов государственного управления, научно-исследовательских и производственных учреждений, органов местного самоуправления по дальнейшей разработке, теоретических, методологических, организационных, технологических основ обеспечения безопасности.

Подготовка к реагированию на возможную активизацию неблагоприятных и опасных природных явлений требует проведения комплексных мероприятий, куда входят инженерно-строительная защита объектов, предупредительные и профилактические действия организационного плана, информирование и обучение населения правилам поведения при угрозе возникновения стихийных бедствий и при их наступлении.

На уровне местных сообществ – айыльных округов (сельских управ) разработаны программы по внедрению мероприятий, направленных на снижение риска и уязвимости населения от стихийных бедствий [2]. Данные рекомендации предусматривают создание и реализацию планов действий и готовности с учетом реальных опасностей, оценки собственных возможностей по предупреждению чрезвычайных ситуаций, организацию обучения и информирования, создание систем оповещения, взаимодействия с органами МЧС, включение мероприятий по снижению рисков в планы развития айыльных округов [3]

В заключение хотелось бы отметить высокую актуальность данной проблемы для Кыргызской Республики и необходимость дальнейших серьезных научных исследований в этой области, постоянного повышения количество специалистов и качества их подготовки в области защиты от чрезвычайных ситуаций.

Литература

1. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. 8-е изд. Бишкек: МЧС КР. 2011. 711 с.
2. Абдыкалыков А., Маматов Ж., Бозов К., Ордобаев Б., Кожобаев Д., Кенжетаев К., Матозимов Б., Орозалиев Б. Чрезвычайные ситуации. Природные явления. Правила поведения. Ч. I. Бишкек: Айат. 2009. 72 с.
3. Ордобаев Б., Эгизов И., Иманбеков С. Опасные природные процессы. Учеб. пособие. Бишкек: Изд-во КРСУ. 2011. 48 с.

УДК 556.3

ВЛИЯНИЕ РЕКИ ШУ И ТАСОТКЕЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЧУ-НОВОТРОИЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Тажиев С.Р.
sula_tashiev@mail.ru
Казахский национальный исследовательский технический университет
им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Республика Казахстан
Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина,
г. Алматы, Республика Казахстан

Рассмотрены вопросы взаимосвязи подземных и поверхностных вод и роль речного стока в формировании эксплуатационных запасов Чу-Новотроицкого месторождения, разведанного для организации крупного централизованного водоснабжения. Поверхностные воды являются источником питания аллювиального водоносного горизонта месторождения, река Шу является источником питания данного месторождения. Тасоткельское водохранилище, река Шу являются трансграничными водными объектами Казахстана и Кыргызстана, что в условиях дефицита водных ресурсов региона требует совместного межгосударственного решения вопросов водопотребления.

Ключевые слова: месторождение подземных вод, река, водохранилище, питание подземных вод, взаимосвязь поверхностных и подземных вод.

Тасоткельское водохранилище, река Шу являются трансграничными водными объектами Казахстана и Кыргызстана, что в условиях дефицита водных ресурсов региона, требует совместного межгосударственного решения вопросов водопотребления [1].

Река Шу берет свое начало в северной части горных сооружений Тянь-Шаня и образуется от слияния рек Жуанарык и Кочкорка.

В верхнем и среднем течении реки Шу принимает ряд притоков, стекающих с северных склонов Киргизского Алатау, последним из которых является река Курагата. Ниже места впадения Курагаты река Шу уклоняется к западу, сильно замедляет свое течение, разделяется на рукава, протоки и образует обширные Гуляевские, Камкалинские разливы. Река Шу на всем своем протяжении имеет довольно сложный гидрологический режим. И расходы ее в различных частях долины колеблются в значительных пределах.

До выхода из Боомского ущелья река Шу имеет характер типичной горной реки и несет свои воды в глубоком ущелье со скоростью течения от 3-4 м/с. Ложем реки служат изверженные и метаморфические пароды [2].

Река Шу относится к рекам со смешанным типом питания, поскольку главную роль в образовании стока играют горные снега и ледники, паводок ее приходится на зимне-весенние месяцы. Сложность гидрологического режима реки предопределяет значительные колебания расходов ее в различных частях течения и в различное время года. В верхнем течении максимальные среднемесячные расходы отмечаются в июле-августе, в остальное время года расходы реки распределяются довольно равномерно. В пределах описываемого района воды в реки Шу гораздо меньше, чем в верховьях, что вызвано отбором воды для целей орошения.

В осенне-зимний и весенний периоды, в результате дренирования грунтовых вод рекой и поступления сбросовых поливных вод расход воды в реке Шу резко возрастает, достигая 207 $м^3$ /с, при среднегодовом расходе - 70 $м^3$/с.

Таким образом, питание реки Шу в весенне-осенний промежуток времени происходит за счет снеготалых вод и выпадающих атмосферных осадков, тогда как в меженный период река питается за счет дренирования грунтовых вод.

Поверхностные воды реки Шу сравнительно прозрачные, без запаха, пресные на вкус. В водоносные горизонты поверхностные воды реки Шу фильтруются через хорошо промытые участки, сложенные гравийно-песчаными отложениями. По мере продвижения вниз по потоку, они подвергаются процессу выщелачивания солей из пород, и минерализация грунтовых вод возрастает до 1,0 дм^3/с. Значительная часть годового стока поверхностных вод реки (60%) используется на орошение, что составляет 2 млрд. м^3 в год. Водами реки Шу орошается 45 тыс. га поливной территории Жамбылской области.

Тасоткельское водохранилище — одно из крупнейших водохранилищ Жамбылской области. Вода используется в том числе для полива сельхозугодий Шуского и Мойынкумского районов Жамбылской области.

Плотина построена на реке Шу в Шуйском районе Жамбылской области. Введена в эксплуатацию в 1974 году. Проектная мощность наполнения составляет 620 млн. кубических метров воды. На 2010 год объем, допустимый по техническому состоянию — 426 млн. кубометров, реально используемый объём — на 322 млн. кубометров. Поступление воды 104,3 кубометра в секунду сброс — 80 кубометров воды в секунду.

В 2012—2013 годах к плотине пристроена ГЭС. Мощность — 9,2 МВт, среднегодовая выработка — 45,6 млн. кВт ч. ГЭС введена в эксплуатацию 16 мая 2013 года, стоимость строительства составила 1,35 млрд. тенге.

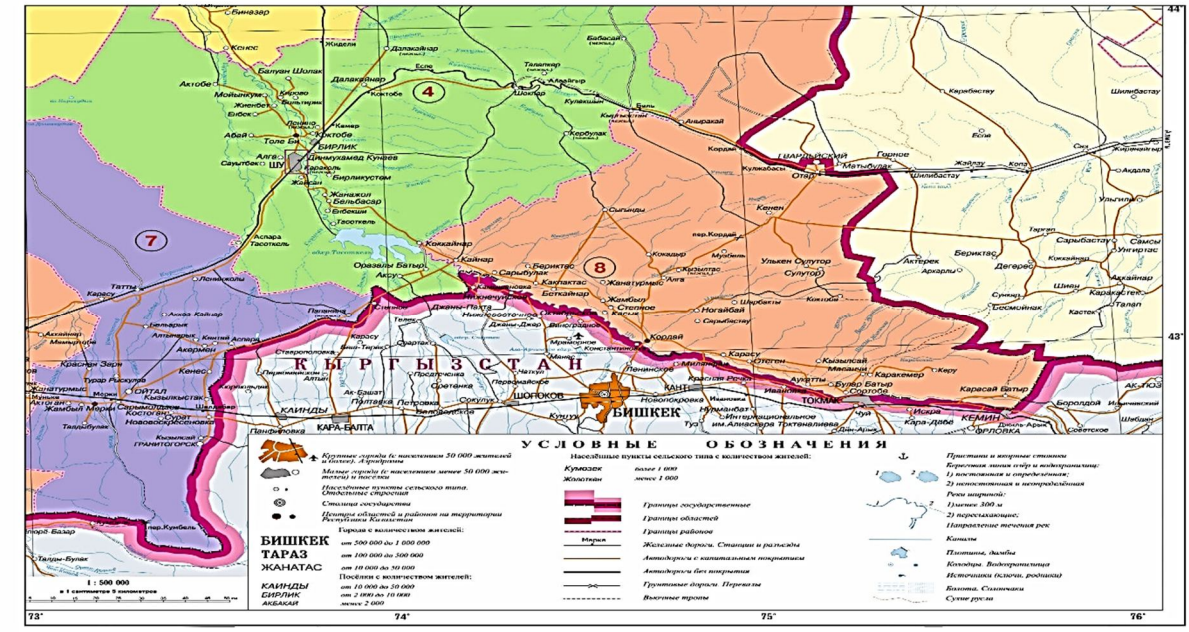


Рисунок 1 — Обзорная карта района работ. Масштаб 1:500 000

Чу-Новотроицкое месторождение подземных вод расположено в пределах Шуйского артезианского бассейна второго порядка, который, в свою очередь, входит в состав Чу-Сырысуского артезианского бассейна второго порядка, на территории Фурмановского бассейна подземных вод третьего порядка [3].

Чу-Новотроицкое месторождение разведано для хозяйственно-питьевого водоснабжения города Шу, районного центра Толе би и Чатыркольского горно-обогатительного комбината.

Чу-Новотроицкое месторождение подземных вод имеет два водозабора: водозабор «Темиржолсу-Шу» и водозабор Чатыркульский.

За период обследования водозаборов во время доразведки с целью переоценки запасов подземных вод Чу-Новотроицкого месторождения в 2015 году установлено, что *Чу-Новторицкий участок* - водозабор «Темиржолсу-Шу» состоит из девяти эксплуатационных скважин глубиной 150-160 м, которые в плане представляют собой площадь, вытянутую с юга

на север вдоль левого берега р. Шу на расстояние 118-3176 м от русла. Расстояние между соседними скважинами составляет 122-898 м. В постоянной работе находится 5 эксплуатационных скважин, четыре резервные. Все девять скважин имеют одинаковую конструкцию и каптируют водоносный комплекс средне-верхнеплиоценовых отложений кеншагырской свиты. На базе подземных вод этого водозабора осуществляется хозяйственно-питьевое водоснабжение населения города. Суммарный среднесуточный водоотбор составляет 825,1 м^3/сут. Разрешение на специальное водопользование оформлено до 2017 г. Качество подземных вод эксплуатируемого водоносного горизонта полностью соответствует требованиям приказа Министра национальной экономики РК №209 от 16 марта 2106 года.

Водозабор Чатыркульский в настоящее время бездействующий. Этот водозабор остается в прежних условиях. Его производительность – 390 дм^3/с. Представляет собой линейный ряд из 6 скважин в 88,1 м от реки, с расстоянием между скважинами 183,9 м и с нагрузкой на одну скважину 65,0 дм^3/с.

Общие гидрогеологические условия определяются геолого-литологическими, геоморфологическими и климатическими факторами. Совокупность этих факторов обусловила различные условия питания, циркуляции и накопления подземных вод на различных участках в пределах района, что позволило выделить два гидрогеологических района, резко отличающихся по условиям питания, циркуляции и накопления подземных вод [4].

A. Район распространения подземных вод зоны открытой трещиноватости палеозойских и интрузивных пород, распространенных за пределами района месторождения, в Чу-Илийских горах, к востоку от месторождения.
B. Район распространения подземных вод в рыхлых аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложениях Шуйской впадины; ресурсы пресных подземных вод значительны.

Подземные воды зоны открытой трещиноватости палеозойских и интрузивных пород малоперспективны для организации крупного централизованного водоснабжения. В связи с этим краткая гидрогеологическая характеристика их приводится ниже при описании каждого комплекса.

Наибольшее практическое значение имеют грунтовые воды второго гидрогеологического района, к которому и приурочено Чу-Новотроицкое месторождение подземных вод.

В целом район характеризуется сравнительно простыми геолого-гидрогеологическими условиями. С учетом гидрогеологических особенностей и стратиграфической принадлежности отложений на описываемой территории выделены следующие водоносные горизонты и комплексы:

1. Водоносный горизонт современных аллювиальных отложений *(aQ_{IV})*.
2. Водоносный горизонт средне-верхнечетвертичных аллювиальных отложений *(aQ_{II-III})*.
3. Водоносный горизонт среднечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений *(apQ_{II})*.
4. Водоносный горизонт нижне-среднечетвертичных аллювиальных отложений *(aQ_{I-II})*.
5. Водоносный горизонт нижнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений *(apQ_{I})*.
6. Водоносный комплекс средне-верхнеплиоценовых отложений кеншагырской свиты *(N_2kn)*.
7. Воды спорадического распространения плиоценовых отложений андасайской свиты *($N_{1-2}an$)*.
8. Подземные воды зоны открытой трещиноватости разновозрастных интрузий кислого и среднего состава *(γ)*.

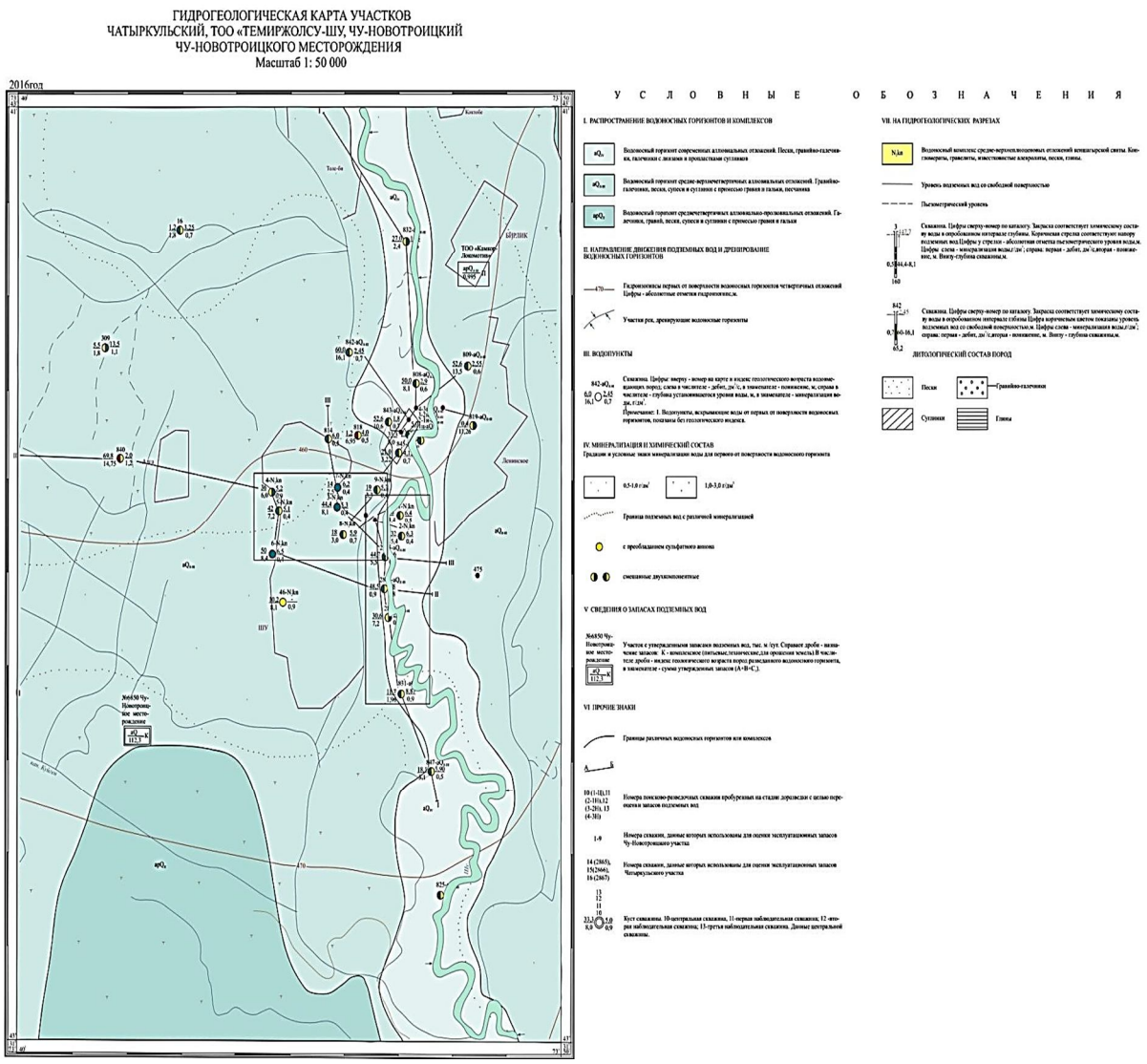


Рисунок 2 – Гидрогеологическая карта участков Чатыркульский, ТОО «Темиржолсу-Шу», Чу-Новотроицкий Чу-Новотроицкого месторождения

Чу-Новотроицкое месторождение подземных вод, расположенное в 1,5-2,0 км северо-восточнее г. Шу, в долине р. Шу, было разведано в 2 этапа: в 1965-1967 гг. и в 1971-1972 гг. для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Шу, районного центра с. Толе би (бывшее Новотроицкое) и Чатыркульского горно-обогатительного комбината. Потребность в воде г. Шу и с. Толе би – 850 л/с (73 тыс.м^3/сут), а Чатыркульского горно-обогатительного комбината - 260 л/с (22.5 тыс. м^3/сут). Участки детальных работ расположены в 2 км друг от друга.

Месторождение приурочено к средне-верхнечетвертичным аллювиальным отложениям долины реке Шу в ее среднем течении. Река Шу здесь имеет постоянный сток с минимальным расходом 14 м^3/с. В районе водозабора аллювиальные гравийно-галечниковые отложения мощностью 46,8-51,3 м залегают на размытой поверхности плотных неогеновых глин, являющихся водоупором. Глубина залегания уровня подземных вод составляет 1-5 м. Водообильность отложений высокая. Дебиты скважин изменяются от 44.7 до 69.7 дм^3/с при понижениях уровня воды на 10.9-16.8 м, а удельные их дебиты колеблются от 4 до 9 дм^3/с.

Основным источником пополнения запасов грунтовых вод аллювиальных отложений являются поверхностные воды р. Шу, имеющие, как установлено опытными и режимными работами, тесную гидравлическую связь с рекой.

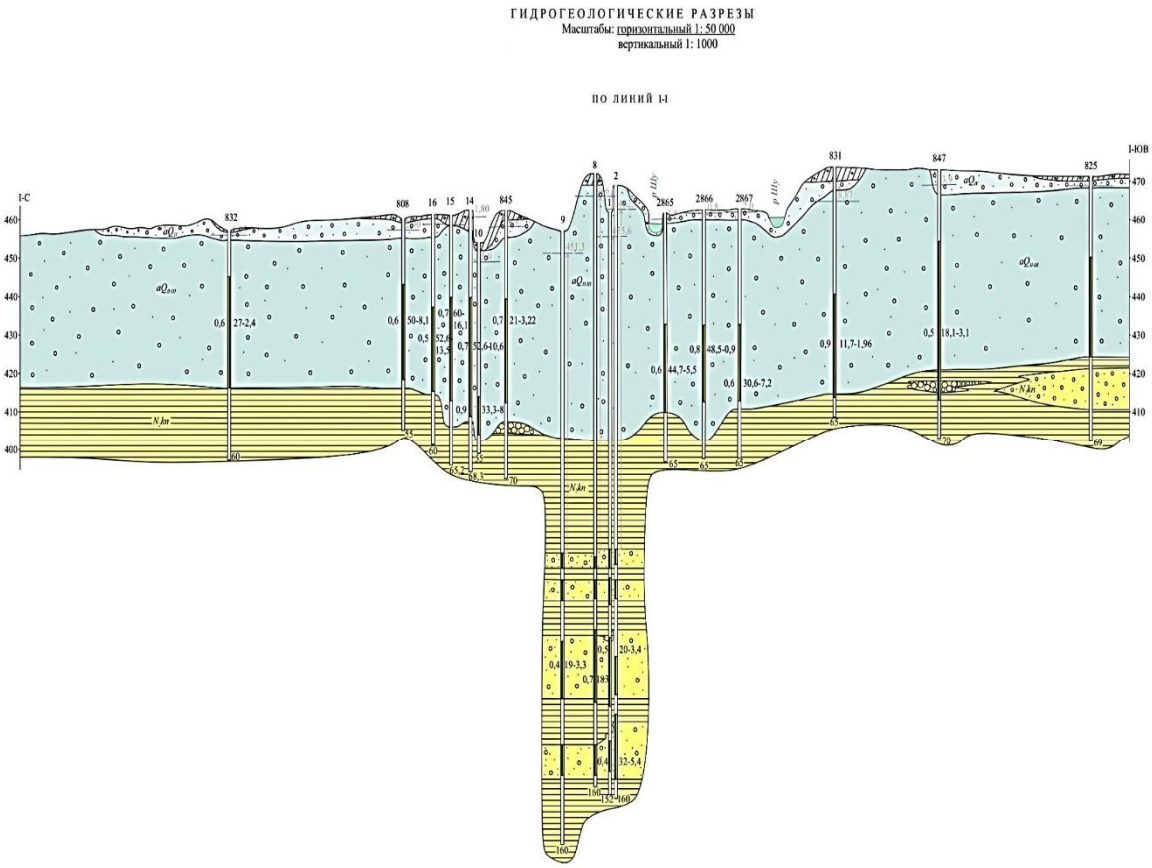


Рисунок 3 – Гидрогеологические разрезы Чу-Новотроицкого месторождения

Коэффициенты фильтрации колеблются в пределах 12-20 м/сут, достигая 100 м/сут. Водоотдача – 0,16-0,18, уровнепроводность – от 3,14х10^3 до 5,74х10^3 м^2/сут, в среднем 4,6х10^3 м^2/сут. Средняя мощность водоносного горизонта – 48,0 м.

Подземные воды пресные, с минерализацией от 0,6 до 0,8 г/дм^3, а в удалении на 4-7 км от разведочного участка минерализация подземных вод повышается до 1-3 г/дм^3. По химическому составу они гидрокарбонатно-сульфатные натриево-кальциевые. По качеству подземные воды соответствуют требованиям ГОСТа “Вода питьевая”.

Месторождение подземных вод (Чу-Новотроицкий участок) эксплуатируется с 1965 года. Современный водоотбор составляет 17,2 тыс. м^3/сут.

Выполненные работы позволяют заключить, что пригодным источником для хозяйственно-питьевого водоснабжения Чатыркульского участка являются подземные воды водоносного горизонта средне-верхнечетвертичных аллювиальных отложений долины реки Шу.

Участок работ характеризуется сравнительно хорошо развитой современной гидрографической сетью. Основной водной артерией района является река Шу. С северо-востока долина реки Шу окаймляется предгорьями Чу-Илийских и Кендыктасских гор с абсолютными отметками в пределах 400-620 метров. С юга к долине примыкает валообразно приподнятый массив Саргоу с абсолютными отметками от 500 до 520 метров, выполненный лессовидными суглинками.

Самые высокие террасы, третья и четвертая, представлены по левобережью реки обширным песчаным массивом Мойынкум, характеризующимся грядовыми и бугристо-грядовыми формами рельефа, которые чередуются с межгрядовыми понижениями и котловинами выдувания.

Средне-верхнечетвертичные отложения в долине Шу представлены достаточно мощными аллювиальными гравийно-галечными образованиями с песчано-глинистым

заполнителем, которые обладают высокой водообильностью и хорошей водоотдачей. Мощность обводненной части этих отложений выдержана по площади и изменяется от 42 до 54,5 метров. Надежными и постоянными источниками формирования подземных вод в междуречье являются: инфильтрация атмосферных осадков и поливных вод, а также фильтрация воды из рек и каналов [5].

В качественном отношении подземные воды на участке Чатыркульский пригодны для использования в целях централизованного водоснабжения, общая минерализация их не превышает 1,0 г/дм^3, вредные компоненты в водах не обнаружены. Эксплуатационный водоносный горизонт по своим химическим, бактериологическим и радиологическим показателям удовлетворяет Санитарным правилам РК, утвержденным приказом Министра национальной экономики РК, № 209 от 16.03.2015 года.

На этом участке пробурены три поисково-разведочные скважины №№ 842, 843, 845, на которых проведены опытные откачки. Опытные работы проводились при стабильном уровне и дебите, которые устанавливались спустя 1,5-2,0 часа после начала откачки.

На 01.12.2016 года утверждены следующие эксплуатационные запасы по участкам месторождения на 27-летний срок эксплуатации в следующих количествах, в тыс. м^3/сутки (таблица 1).

Таблица 1 – Эксплуатационные запасы месторождения на 01.12.2016 г.

Месторождение	Участок	Категория			
		A	B	C_1	B+C_1
Чу-Новотроицкое	Чатыркульский	-	16,848	16,848	33,696
Чу-Новотроицкое	ТОО «Темиржолсу-Шу»	1,73	-	11,63	13,36

Для сравнительного анализа ниже приведены данные за 1973 г. В 1973 г. были утверждены следующие балансовые эксплуатационные запасы подземных вод в аллювиальных отложениях Чу-Новотроицкого месторождения (таблица 2).

Таблица 2 – Эксплуатационные запасы месторождения на 1973 г.

Участки месторождения	Единица	Категория		
		A	B	A+B
Чатыркульский	тыс. м^3/сутки	7,3	41,3	78,6
Чу-Новотроицкий		4,7	19,0	33,7

В результате исследования установлена возможность обеспечения потребностей участков Чатыркульского и ТОО «Темиржолсу-Шу».в хозяйственно-питьевой воде за счет подземных вод средне-верхнечетвертичных аллювиальных отложений, с устройством инфильтрационного типа водозабора участка Чатыркульский и водозабора напорного типа для участка ТОО «Темиржолсу-Шу». В процессе проведенных работ установлено следующее:

1. Водовмещающие породы на участках месторождения представлены гравийно-галечными отложениями с песчано-глинистым заполнителем и песками с включением гравия.
2. Мощность водовмещающих пород водоносного горизонта средне-верхнечетвертичных аллювиальных отложений изменяется от 42,0 м (скв № 808), до 54,5 метров (скв. 843). Эффективная мощность водоносного комплекса средне-верхнеплиоценовых отложений кеншагырской свиты 30-36,5 метров.
3. Питание водоносных горизонтов происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков и поливных вод, а также за счет фильтрации поверхностных вод реки Шу и ирригационных каналов.
4. Водоносные горизонты имеют свободную поверхность с глубины залегания 2-5-6,5 метров.

5. Река Шу имеет сток, минимальный многолетний расход которого составляет 14-15 $м^3$/сек.
6. Водоносный горизонт имеет тесную гидравлическую связь с поверхностными водами реки Шу, следовательно, поверхностные воды можно рассматривать как зону постоянного питания.
7. При таких гидрогеологических условиях наиболее целесообразно организовать на участке Чатыркульский новый водозабор инфильтрационного типа – прямолинейный ряд взаимодействующих скважин, расположенных вдоль реки.
8. Расчетная гидрогеологическая схема для нового водозабора участка Чатыркульский для оценки эксплуатационных запасов принимается как полуограниченный пласт, имеющий с восточной стороны границу с постоянным напором – реку Шу. И расчет эксплуатационных запасов производится гидродинамическим методом по формулам установившегося движения потока.
9. Расчетная гидрогеологическая схема на участке ТОО «Темиржолсу-Шу» – водозабор полуограниченного в плане пласта, с непроницаемой границей на востоке.

Тасоткельское водохранилище, река Шу являются трансграничными водными объектами Казахстана и Кыргызстана, что в условиях дефицита водных ресурсов региона требует совместного межгосударственного решения вопросов водопотребления и водообеспечения населения двух стран, а также проблем с загрязнением поверхностных вод [6].

Литература

1. Материалы семинара: «Трансграничные водные ресурсы – основа региональной стабильности в Центральной Азии». Алматы. 2008.
2. Водный кодекс Республики Казахстан № 481 от 9 июля 2003 г.
3. Джакелов А.К. Формирование подземных вод Чу-Сарысуйского артезианского бассейна, их ресурсы и перспективы использования. Алматы: Гылым. 1993. 240 с.
4. Веселов В.В., Сыдыков Ж.С. Гидрогеология Казахстана. Алматы. 2004. 484 с.
5. Боревский Б.В. Закономерности формирования эксплуатационных запасов месторождений пресных подземных вод // Водные ресурсы. 1985. № 2. С. 162-164.
6. Смоляр В.А., Буров Б.В., Мустафаев С.Т. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Т. XIX. Подземные воды Казахстана: Обеспеченность и использование. Алматы: Гылым. 2012. 402 с.

УДК 625.76

ЗАЩИТА АВТОДОРОГ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ОТ СНЕЖНЫХ ЛАВИН ПУТЕМ ЛЕСОНАСАЖДЕНИЯ

Тиллебаева К.Н.
tillebaeva98@bk.ru
Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

В статье приведена статистика чрезвычайных ситуаций, связанных со сходом снежных лавин. Предложены рекомендации по защите автодорог общего пользования путем лесонасаждения.

Ключевые слова: снежные лавины, защита, автодороги, лесонасаждение.

Кыргызская Республика расположена в зоне интенсивного столкновения двух гигантских литосферных плит планетарного масштаба: Евроазиатской с севера и Индо–Австралийской с юга, которые ответственны за развитие горообразовательных процессов и, соответственно, целого спектра различных природных стихийных бедствий и катастроф.

Территория Кыргызской Республики (198,5 тыс. км^2) и население (5,2 миллионов) подвержены активному воздействию опасных природных процессов, приводящих к бедствиям. Главной особенностью природных условий Кыргызстана является горный рельеф. 94,2 % территории лежит выше 1000 метров над уровнем моря, средняя высота над уровнем моря – 2750 м, а высшая точка республики – пик Победы – 7439 м [1].

Это и определяет активность природных процессов, которые приводят к бедствиям. Из 70 видов распространенных в мире опасных природных явлений, наносящих значительный ущерб населению и хозяйству, более 20 проявляются на территории Кыргызстана.

Опасности гор характеризуются внезапностью возникновения, быстротечностью, изменчивостью, нарастающим эффектом, комплексностью, цикличностью, непредсказуемостью, непреодолимой силой.

Одной из основных опасностей гор являются снежные лавины, они относятся к особо опасным явлениям природы. Лавины – это массы снега, соскальзывающие с наклонной поверхности. Метеорологические факторы, обуславливающие возникновение лавин, везде одни и те же. Это сильные снегопады и метели, оттепели, резкая смена погоды.

На базе данных МЧС Кыргызской Республики мониторинговые и прогностические работы проводятся ежегодно на 772 лавиноопасных участках, преимущественно угрожающих автотранспорту вдоль дорог, а также ряду населенных пунктов, расположенных вблизи лавиноопасных горных склонов.

Наиболее подвержен стихийным бедствиям юг республики. Более 65 % всех катастроф приходится на Джалал-Абадскую и Ошскую области, которые занимают первые и вторые места по количеству ЧС. На третьем месте по количеству ЧС – 16 % находится Чуйская область. Оставшиеся 19 % приходятся на Иссык-Кульскую, Нарынскую и самую спокойную в этом отношении Таласскую области вместе взятые.

По данным отчетов МЧС Кыргызской Республики, в период с 2014 г. по 2018 г. на территории республики было проведено 97 поисково-спасательных работ в лавинах (табл.1).

Средний экономический ущерб по республике от ЧС, обусловленных сходом снежных лавин, составляет в среднем около 2-2,5 миллионов долларов ежегодно [1].

Необходимо каждому четко представлять, что катастрофы и стихийные бедствия, в том числе и снежные лавины, не всегда возможно предотвратить. Они развиваются по пути человечества, использующего природу в своих целях. При этом энергия, освобождающаяся в форме природных и техногенных стихий, может быть частично поглощена окружающей

средой, либо ослаблена или изменена по силе своего негативного воздействия, однако устранить её полностью невозможно.

Таблица 1 – Статистика ЧС, связанных со сходом снежных лавин

Период	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Итого
ЧС, связанные со сходом снежных лавин	13	18	18	23	25	97
Количество пострадавших	4	24	13	20	12	63
Ущерб от ЧС, тыс. долларов США	640,5	1850,0	1618,7	2900,0	2630,4	9639,6

Одним из эффективных инструментов в борьбе с лавинами являются лесные насаждения.

В лесу лавины не образуются – деревья разбивают снежный покров на отдельные участки и давление сползающего по склону снега принимают на себя. Вот почему на крутых залесенных склонах можно часто увидеть изогнутые, как лук, в нижней части стволы деревьев, направленные выпуклой стороной вниз по склону. Это результат длительного, из зимы в зиму, нажима снежной толщи. Такой лес называют саблевидным.

Правда, и здесь бывают исключения, связанные с необычным разнообразием свойств снега. Исключительно сыпучий "дикий" снег, состоящий из мельчайших ледяных иголочек, может в негустом лесу образовать небольшую лавину. Также редчайшим исключением является невероятный по толщине снежный покров, который, как это было в Сванетии, смог перекрыть лес с деревьями семиметровой высоты, в результате чего лавины сходили поверх леса.

В альпийских странах Европы роль и значение леса для защиты от лавин и других стихийных явлений в горах давно осознана; не зря, например, вопросами исследований и защиты от лавин много и успешно занимается Лесная служба Швейцарии.

В Соединенных Штатах вопросами исследований лавин, их прогноза и защиты от обвалов вообще занимается только Лесная служба. И все же, несмотря на понимание роли леса в предотвращении и ослаблении стихийных бедствий в горах, ежегодно число лавинных и селевых катастроф возрастает из-за неправильного ведения лесного хозяйства. Альпийские исследователи подсчитали, что при общем росте катастроф на 10% ежегодно 5% происходят именно по этой причине.

Лес не только спасал человека от лавин, он же подсказал идею снегоудерживающих противолавинных сооружений. Первые такие сооружения в виде частокола из стволов лиственницы, вбитых в склон, были просто подражанием лесу. Но сам этот факт можно отнести к категории черного юмора – чтобы защищаться от лавин, где-то срубили лес и сделали из него столбики, чтобы создать на месте сведенного леса что-то ему подобное!

Сейчас в альпийских странах Европы ведется большая работа по восстановлению лесов, которые в значительно большей степени были уничтожены человеком, а не лавинами. Австрийские лесоводы считают, что верхняя граница леса в Альпах лежит на 300-400 метров ниже естественной в результате их бездумной вырубки. Поэтому все время делаются попытки поднять границу леса, высаживая там саженцы. Это исключительно важное противолавинное мероприятие, так как три четверти лавин возникают выше границы леса.

О масштабах восстановления горных лесов можно судить по таким цифрам: только в Швейцарии за последние 100 лет было высажено 300 миллионов хвойных и лиственных деревьев на площади, превышающей 35 тысяч гектаров. Это огромный труд, так как на крутом склоне почти каждое деревце надо посадить вручную. Тем не менее восстановление леса обходится почти в 10 раз дешевле, чем строительство противолавинных сооружений. Застройка одного гектара снегоудерживающих конструкций обходится в Швейцарии в 500-600 тысяч швейцарских франков в ценах 1970 года, на их содержание ежегодно затрачивается

еще 30-40 тысяч франков, а лес, требуя гораздо меньше затрат на посадку и выращивание, затем может приносить даже доход [2, 3].

Конечно, не от каждой лавины можно избавиться посадкой леса: в том случае, когда зона зарождения лежит выше верхней границы леса, могут помочь только противолавинные сооружения.

Основными задачами озеленения являются защита дорог и их конструктивных элементов от воздействия неблагоприятных погодно-климатических факторов, защита прилегающих к дороге территорий от транспортных загрязнений, создание элементов благоустройства и архитектурно-художественного оформления дороги, а также обеспечения зрительного ориентирования водителей. Все эти три задачи служат единой цели – создание и поддержание благоприятных и комфортных условий для пользователей автомобильных дорог и жителей, прилегающих к дороге территорий.

Все зеленые насаждения на автомобильных дорогах можно подразделить на такие виды: снегозащитные, плодово-ягодные, аллейные и ландшафтно-групповые посадки декоративных деревьев и кустарников, устройство скверов в местах отдыха, создание живых изгородей и газонов, озеленение дорожно-эксплуатационных участков, станций, а также устройство придорожных цветников.

Все виды зеленых насаждений имеют большое значение и включаются в число основных работ при строительстве дорог. Если уличные и аллейные посадки, лицевые скверы и цветники служат культурно-бытовым и санитарно-гигиеническим требованиям труда и жизни работников дорог, украшают дороги, служат воспитательно-показательным примером для колхозного села, то снегозащитные насаждения вдоль дорог имеют производственное значение. Они защищают дорогу от снежных заносов, задерживают движущиеся массы песка возле дорог, сохраняют дорожное полотно или дорожные сооружения от разрушений как почвозащитные насаждения в оврагах, на склонах, на откосах насыпей и выемок и т.д. Кроме того, зеленые насаждения у дорог улучшают природные условия местности и имеют агромелиоративное значение в деле борьбы с засухой.

Рядовые и аллейные посадки создают тень для пешеходов и пассажиров всех видов транспорта, а также защиту от ветров. Деревья на автодорогах служат надежным ориентиром для передвижения в темноте, во время метелей и пр. Посадки деревьев, в зависимости от типа автомобильной дороги, часто разграничивают полотно дороги на основную его полосу для транзитного автотранспорта и на полосу для гужевого транспорта, тракторов и прогона скота.

Посадки деревьев и кустарников, посевы многолетних трав создают также необходимые условия для предохранения и защиты полотна, дороги от размывов, смывов, закрепляют склоны оврагов, расположенных вблизи дорог, предохраняют дороги от влияния оползней. В местах с повышенным залеганием грунтовых вод насаждения, проведенные с учетом требований мелиорации, снижают уровень грунтовых вод, вредно влияющих на прочность полотна дороги.

При проектировании придорожных насаждений необходимо уделять внимание обозначению перекрестков дорог и поворотов. Это обстоятельство имеет большое значение для водителей автомашин. Для этого в местах перекрестков и поворотов производят посадку высоких пирамидальных деревьев, возможно с иной окраской стволов или листьев. Тут высаживают лесные породы и их садовые формы как отдельными деревьями, так и группами.

Для таких мест можно с успехом применить тополь пирамидальный, тополь белый и серебристый, клен краснолистный, березу, из плодовых деревьев – черешню дикую, грушу кипариску, яблоню кандиль-синап, сары-синап (на юге), орех волошский. Маяки из таких насаждений предупреждают водителей и пассажиров об изменениях в направлении дороги или о перекрестках.

По автомобильным дорогам перевозят не только грузы. Из года в год все шире развивается автомобильное пассажирское движение. Так, на ближайшие годы поставлена задача: соединить все райцентры автобусными линиями для перевозки людей. Исходя из этого, все дороги должны быть удобными для движения автобусов и красивыми для

пассажиров. Кроме того, далекий переезд не должен утомлять людей, а наоборот, представлять собой развлечение и отдых. С дороги должны открываться красивые ландшафты: вид на лес, луг, пруд или реку, отдельные красивые постройки или населенные пункты. Для раскрытия таких живописных мест дорога с одной стороны вовсе не обсаживается или посадки местами прерываются. Иногда в таких местах деревья подбирают с высокими штамбами, между которыми остаются пространства, позволяющие просматривать окружающую местность.

Однако и вдоль автомобильных дорог также не рекомендуется устраивать непрерывные зеленые ширмы, которые своим однообразием утомляют пассажиров. Поэтому задача состоит в том, чтобы плановым озеленением внести разнообразие в зеленые насаждения дорог. Нельзя применять стандарты и типовое озеленение для всех станций, путевых будок и др., как это имело место на некоторых дорогах.

Защитная роль лесных насаждений. Следует отметить, что для всей территории Кыргызстана защитные насаждения, особенно по видам природных катастроф, не разрабатывались. А по некоторым видам созданных лесных культур результаты снимаются только сейчас. Так как для изучения роста, развития насаждений их влияния на окружающую среду, устойчивость к различным катастрофам требуется иногда очень много времени. Есть информация о породном составе, о структуре лесных насаждений, которые наиболее эффективно выполняют защитные функции при той или иной природной катастрофе [3, 4].

Противооползневая – развитая корневая система способствует улучшению структуры почв, более равномерному распределению влаги в ней, переводя поверхностный сток во внутрипочвенный, укреплению склонов корнями деревьев и кустарников.

Противоселевая – в снижении скорости и силы смыва почвы, грязекаменных потоков; в ослаблении скорости и силы падения дождевых, градовых осадков; в более медленном таянии снега. Осадки, выпадающие над лесом в виде дождей и снегопадов, в значительной мере испаряются обратно в атмосферу, увеличивая влагооборот.

Против обвалов и осыпей – корневая система способствует улучшению структуры почв, укреплению склонов, снижению уровня поверхностного стока. Более ценными в этом отношении считаются насаждения лиственных пород, поскольку они меньше страдают от механических повреждений и могут восстанавливаться порослью.

Снижение уровня грунтовых вод (биодренаж) – в перехватывании корнями фильтрационных и грунтовых вод и расходовании их на транспирацию. Этот процесс ощутимо уменьшает соленакопление в активном слое почвы.

Лавинный спуск может быть предотвращен лесами. Лес в зоне зарождения лавины препятствует ее возникновению:

- насаждениями удерживается снежная масса и прерывается развитие лавин на начальных этапах их образования, более медленно тает снег;
- ветви деревьев поддерживают снежный покров и служат как бы якорем потенциальной лавины из снежной доски;
- метелевый перенос в лесу невелик;
- кроны деревьев задерживают снег, откуда он высвобождается постепенно, образуя на грунте устойчивый покров;
- лесной полог смягчает изменчивость энергообмена с поверхностью снега; при этом наблюдается тенденция к более равномерному распределению температуры в толще снега и к увеличению ее устойчивости.

Примеры облесения склонов. Облесение склонов в противолавинных целях производилось в бывшем СССР. Имеется опыт лесопосадочных работ для защиты дорог от лавин.

- В 1971 г. были созданы насаждения на железных дорогах Сахалина, которые уже к 1978 г. позволили защитить 8 км пути. Лесопосадки защитили 6 лавиноопасных участков.
- В 1955-1957 гг. – опасный лавиносбор на Чаткальском хребте: были установлены щиты с интервалом 18-20 м, угол склона 35 градусов. На склоне росли отдельно стоящие

деревья арчи (Juniperus) с небольшими группами кустарников. Уже через 12 лет весь склон зарос естественным лесом. Стена леса 3,5-4,5 м высотой. Сход лавин прекратился.

Преимущества облесения склонов по сравнению с другими методами. Преимущества облесения склонов:

- не требуют больших финансовых затрат;
- не требуется специальная техника;
- повышается лесопокрытая площадь;
- снижается CO2;
- могут обеспечить в полной мере безопасность;
- не оказывают негативного воздействия на почвенный и травяной покров, при этом снижается ветровая и водная эрозия склонов.

Недостатки:

- посадка на сложных участках;
- лесные пожары;
- животные, насекомые, болезни.

Недостатки других методов:

- деформируются и по истечении некоторого времени перестают удерживать снег;
- есть опасность смещения под давлением опирающего на них снега;
- требуют круглосуточных наблюдений (при обстрелах);
- большие финансовые затраты.

Эффект защиты лесами от схода снежных лавин:

- увеличение лесопокрытой площади;
- снижение CO2;
- увеличение количества выпадения осадков (дождь);
- снижение ветровой и водной эрозии;
- увеличение эстетического воздействия на население;
- получение лесных ресурсов.

Сложности облесения в горах.

- Террасирование возможно при углах горных склонов до 40 градусов.
- Между террасами остаются крутые длинные склоны, которые сами способствуют соскальзыванию снега.
- Образуются растягивающие зоны вдоль краев террас, ведущие к появлению разрывов с образованием снежных оползней.
- Возникает опасность смещения террас под давлением напирающего на них снега.
- Подготовка и обработка почвы.
- Доставка посадочного материала.
- Посадка может производится на склонах, имеющих достаточный почвенный покров

Существует несколько видов посадки саженцев (террасирование, площадками, ямочный, куртинами). Каждый из методов лимитирован определенными факторами (например, градус склона, климат).

Арчовые леса в Кыргызстане представлены довольно широко (они занимают более 40% всей лесопокрытой площади): могут произрастать в жестких климатических условиях – недостаточное увлажнение, неравномерное распределение годовых осадков, высокий температурный фон; в условиях частых засух. Отличаются разнообразием жизненных форм.

Характерной чертой климата района расположения арчевых лесов является большая засушливость и континентальность.

Почвы. Почвы под арчевыми лесами относят к группе горно-лесных почв: коричневые, коричнево-бурые, лесные оторфованные и лугово-лесные.

Одно- или двудомное дерево высотой до 16-18 м и 1 м в диаметре, в более жестких условиях принимающее стланиковую форму. Кора коричневато-серая, крона плотная, темно-

зеленая, у древовидной формы чаще ширококонусовидная. Нижние, распластанные по земле ветви, нередко укореняются, образуя таким образом отводковые экземпляры.

Может быть использована для облесения горных склонов, в сухих областях юга.

Ель. Ель имеет широкую экологическую амплитуду. Она может произрастать как на богатых, так и на бедных почвах, на закрытых тенистых и на сильно инсолированых склонах среднего и верхнего пояса. Еловые леса имеют большое значение как источник лесной продукции, так и с точки зрения исполнения ими экологических функций – регуляция климата, сток вод, формирование и укрепление почвенного покрова. Климат. Климатические условия пояса распространения еловых лесов благоприятны для роста и развития ели. Годовое количество осадков колеблется от 600-850 мм. К почвам ель не требовательна, она встречается на глубоких, хорошо гумусированных почвах, и на мелких, хорошо растет на почвах с различными подстилающими породами: известняки, граниты.

Описание вида: мощное стройное дерево высотой 35-40 м, диаметр ствола до 1 м, с узкой конусовидной, островершинной, иногда почти цилиндрической кроной, опускающейся до земли, образованной свисающими ветвями. Побеги кремовые, иногда почти белые, слабо блестящие, листовые подушки слабо выступающие, голые, иногда редкоопушенные, в верхней части более густо охвоенные, чем боковые ветви. Почки яйцевидные до шарообразных, светло-красно-коричневые или беловатые от смолистых выпотов, почечные чешуйки притупленные, невытянутые. Хвоя светло-зеленая или бледно-голубоватая, четырехгранная, жесткая и острая, постепенно конечная или с округленной вершиной, 2-4 см длины, 1-4 мм ширины, с верхней стороны имеет по 2-3, с нижней по 3-4 ясно заметные устичные линии. Иглы серповидно изогнуты, сидят вокруг всего побега и отходят почти под прямым углом.

Сосна. Сосны зимостойкие растения, отлично переносят низкую влажность воздуха. Большинство видов дерева устойчивы к экологическим загрязнениям. Хорошо возобновляется на лесосеках и пожарищах, как основной лесообразователь широко используется в лесокультурой практике во всех климатических зонах. На севере ареала поднимается на высоту до 1 000 м над уровнем моря, на юге до 1 200—2 500 м над уровнем моря. Для посадки лучше всего выбирать песчаный и супесчаный грунт, если же вы высаживаете растение на тяжелых почвах (таких как суглинки и глина), понадобится дополнительный дренаж участка. Для этой цели подойдет керамзит, песок и осколки битого кирпича. Желательно, чтобы дренажный слой в посадочной яме был как минимум 20 см. Для сосны черной и веймутовой необходим щелочной или нейтральный по кислотности грунт. Избавиться от лишней кислотности можно с помощью извести – достаточно добавить около 300 г извести в посадочную яму, а затем перемешать ее с грунтом.

Дерево достигает высоты 30 м и более и диаметром ствола до 1 м. Сосна является быстрорастущей породой. К почвенному плодородию нетребовательна, светолюбива. Корневая система развивается в соответствии с характером и структурой почвы, в основном поверхностная, с сильно развитыми боковыми корнями. Полив. Практически всем видам сосны дополнительный полив не нужен, это исключительно засухоустойчивое растение, да и опавшая хвоя под деревом способствует удержанию влаги. Исключение — сосна румелийская. Это влаголюбивое дерево, за сезон его необходимо 2-3 раза обязательно полить (примерно 15-20 л на одно растение). Еще понадобится дополнительный осенний полив (после окончания листопада) недавно посаженным саженцам. Влажная почва меньше промерзает, поэтому риск обгорания хвои весной (а такое возможно, крона у сосен просыпается рано, и из-за промерзшей почвы корни растения не дают достаточного количества влаги) будет значительно меньше. Подкормка. Подкормка необходима молодым саженцам в первые два года после их посадки. Для этого в подствольный круг дерева хотя бы раз в год вносят минеральные удобрения (примерно 40 г/кв. м). В дальнейшем для нормального развития сосне будет хватать органических удобрений, накопленных в хвойной подстилке под ней.

Выводы. Учитывая важность сохранения окружающей среды, экономика направлена на использование технологий, минимизирующих или исключающих негативное воздействие

на окружающую среду и рациональное использование имеющихся ресурсов, при этом обеспечивающее устойчивое развитие. Одной из технологий традиционно считается использование лесных насаждений, выполняющих мелиоративные функции для эффективного использования земельных ресурсов и снижения рисков стихийных бедствий.

Реализация проектов с применением лесомелиоративных, агро-лесомелиоративных технологий может стать эффективным инструментом не только по снижению рисков бедствий природного характера, но и перспективным источником получения доходов местным сообществом.

Защитные лесные насаждения могут быть использованы как инструмент по предотвращению, снижению рисков возникновения и (или) смягчения последствий стихийных бедствий, в том числе одних из наиболее распространенных в Кыргызстане – оползней, селей, обвалов, осыпей, лавин, эрозии (экзогенные геологические явления), высокого уровня грунтовых вод (гидрогеологические опасные явления).

В данной работе установлено, что лесонасаждения являются альтернативой к структурным методам по снижению лавинной опасности и улучшают экологическую ситуацию.

Литература

1. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. Бишкек. 2018.
2. Анисимов М.И. Снег и снежные обвалы. М.: Изд-во АН СССР. 1958. 99 с.
3. Максимов Н.В. Лавиноопасные районы Киргизии. Фрунзе: Кыргызстан. 1975. 92 с.
4. Тушинский Г.К. Защита автомобильных дорог от лавин. М.: Автотрансиздат. 1960. 151 с.
5. Тушинский Г.К. Изучение снежного покрова и ледников в школе. Пособие для учителей. М.: Просвещение. 1972. 173 с.

УДК 551

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ЧЕХЛАХ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА

Тулемисова Ж.С.[1], Буслов М.М.[2]
ztulemissova@gmail.com
[1]Казахстанско-Британский технический университет, г. Алматы, Республика Казахстан
[2]Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Российская Федерация

В статье рассматриваются данные изучения минерального состава рассеянного органического вещества в породах каменноугольно-пермского разреза юго-западной части Шу-Сарысуйского бассейна и перспективного нефтематеринского комплекса пород мезозой-кайнозойского чехла Илийского бассейна. В процессе изучения чехольного комплекса осадочных бассейнов были отобраны образцы горных пород, дающие представление о вещественном составе пород. В дальнейшем проведены термический и рентгеноструктурный анализы этих образцов. Установлено: 1) упаковка ОВ в глинистых минералах происходит в межсеточных пространствах их слоистых структур или по оборванным связям плоскостей кремнекислородного каркаса монтмориллонитов и членов этого ряда минералов; 2) концентрирование $C_{орг}$ в известняках протекает в микропорах, а также в трещинах и сколах мономинеральных форм $CaCO_3$; 3) фоновое содержание рассеянного органического вещества (РОВ) в каменноугольно-пермском разрезе распределено равномерно в пределах 0,1-0,5%; 4) в терригенных породах, в составе которых преобладают полевые шпаты и глинистые минералы, содержание РОВ достигает 2%; 5) полученные данные будут использованы для коррекции прогнозных ресурсов юго-западной части Шу-Сарысуйского и Илийского бассейнов.

Ключевые слова: осадочный бассейн, минеральный состав, рассеянное органическое вещество, термический и рентгеноструктурный анализ, терригенные и карбонатные породы.

В пределах Южного Казахстана расположены Шу-Сарысуйский, Илийский, Балхашский и Алакольский нефтегазоносные бассейны, прогнозные перспективы которых на углеводородное сырье и газ до конца не выяснены. На площадях этих бассейнов разрабатывается ряд средних и мелких газовых и газоконденсатных месторождений (Амангельды, Придорожное, Малдыбай, и др.) [1–5]. В этой связи было проведено изучение вещественного состава типовых образцов, составляющих основной объем стратиграфического разреза мезозой-кайнозойских пород Илийской впадины и каменноугольно-пермского разреза юго-западной части Шу-Сарысуйского бассейна.

Для изучения вещественного состава типовых образцов, составляющих основной объем стратиграфического разреза мезозой-кайнозойских пород Илийской впадины были отобраны и проанализированны образцы наиболее характерных типов пород. Термический и рентгенодифрактометрический анализы показали наличие в образцах кремнистых образований – преимущественно кварца (10-60%) и присутствие в некоторых породах редко встречаемых в подобных ассоциациях формирований, типа ломонтита из группы цеолитов и тремолита. Состав образцов определялся путем дифференцирования его термохимических показаний по принадлежностям их к каким-либо минеральным образованиям. Глинистые минералы диагностировались по сериям эндотермических реакций, связанных с дегидратацией (50-250ºС) и с дегидроксилизацией (300-700ºС) по термогравиметрии обезвоживания образцов в названных пределах температур. Была выявлена группа таких минералов как монтмориллонит, мусковит, ассоциация смешаннослойных минералов (ССМ),

гидрослюда, хлорит.

Кварц по степени распространенности и по содержанию его в породах изучаемых площадей является главным минералом. Количество его дисперсной части, представленной в образцах, колеблется в пределах 10-60%. С понижением карбонатной составляющей пробы содержание кварца растет, наличие его в пробах особенно заметно в образцах SK-10 – 50%, SK-12 – 50% и SK-25 – 60%.

Монтмориллонит в представленных образцах обнаружен по реакциям выхода в атмосферу двух форм воды – молекулярной (H_2O) и межслоевой (OH), удаление которых при термической деструкции вызывает в разных интервалах температур неодинаковые по интенсивности эндотермические эффекты. Согласно результатам термического обезвоживания системы и анализу стехиометрических данных монтмориллонита, содержание его в породах колеблется в пределах 0-18,9%. В образцах с Чарынского каньона (SK-06-08, 10, 12) наблюдается тенденция понижения количества этого минерала от 18,9 до 8,3%, а в оставшейся части пород указанное включение обнаружено лишь в образцах SK-18 – 10% и SK-25 – 7,5%.

ССМ в породах установлены в ряде образцов. Кристаллическая решетка данного образования обычно включает в себя фрагменты структур монтмориллонита и иллита, и при нагревании ведет себя как механическая смесь из соответствующих минералов. Была отработана методика, позволившая выявить содержание ССМ из весовых значений, полученных путем дегидратации (50-300ºC) монтмориллонитовых, иллитовых слоев структуры и обезвоживания (300-600ºC) кремнекислородного каркаса только монтмориллонитового слоя.

Мусковит и хлорит, выявленные в образцах SK-25, SK-29 и SK-30, содержат в своей структуре около 8,5% воды, которая в условиях непрерывно возрастающей температуры (от 100 до 1000ºC) удаляется в основном плавно. Только в некоторых пределах температур выход гидроксилов из системы может носить более резкий характер. Такой интервал приходится на промежуток 450-550ºC. В пределах этих температур в указанных пробах (в порядке роста нумерации) были выявлены следующие потери веса 0,2; 0,6 и 0,5%, означающих присутствие в них соответственно 2,4; 7,1 и 5,9% мусковита. Хлорит в образцах SK-24 ÷ SK-30 снижает свой вес на 0,4; 0,3; 0,4 и 0,4%. Такие потери массы при нагревании соответствуют 3,3; 2,5; 3,3 и 3,3% содержанию хлорита в пробах.

Каолинит в качестве примеси в составе породы обнаружен лишь в образце SK-10. Этот водный силикат диагностировался по эндотермической реакции, вызванной выходом из структуры при 400-620ºC конституционной воды.

Гётит в качестве примеси встречен в образце SK-25 (1,6%), а как самостоятельная компонента пробы с заметным значением массы (3,7 и 5,8%) обнаружен в пробах SK-10 и SK-24.

Содержание кальцита в пробах варьирует в пределах 14,1-66,5%, только в образцах SK-24 и SK-25 его количество опущено до 0,5%. Диагностировался по эндотермическому эффекту, фиксируемому DTA-кривой в интервале ~ 600-700ºC. Количество кальцита в пробах в большинстве случаев колеблется в пределах 20-30%.

Доломит в изучаемых породах явно не проявляет своих термохимических признаков при нагревании, однако присутствие его ощущается при расчетах содержания кальцита в пробе SK-30, согласно потери веса при этих реакциях, количество кристаллического образования $CaMg(CO_3)_2$ в пробе составляет 13,8%.

Органическое вещество (ОВ) обнаружено во многих из представленных пород. Термическим и рентгенодифрактометрическим анализами установлено, что различные включения диагностируется по характерному для органики признаку – интенсивному окислению CO до уровня CO_2 и выносу летучего продукта сгорания в атмосферу. Формирование CO_2 и выброс его из системы вызывает формирование мощного потока тепла, который в виде серий экзотермических проявлений легко фиксируется DTA-кривой. В нашем случае образцы регистрируют на своих кривых только два слабо выраженных термических

эффекта, связанных с выгоранием в пробах весьма малого количества (0,3-0,5%) органического включения ($C_{орг}$). Из имеющегося количества $C_{орг}$ в породах, разграничения их по генетическим принадлежностям свелось к выделению субколлоидального типа. Подобный вид рассеянного ОВ, связан с формированием жидких УВ. В глинистых и карбонатных минералах присутствует ОВ, при этом частицы $CO_{орг}$ упакованы в микропорах карбонатно-глинистого агрегата, часть из которой включена в межслоевое пространство минералов. Подобные формирования в благоприятных геохимических обстановках обычно служат акцепторами ОВ.

В верхнепалеозойском разрезе Шу-Сарысуйского бассейна выделяются три толщи: лагунная – терригенно-соленосная толща фамена-нижнего турне, толщиной до 800 метров; терригенно-карбонатная – морская, мелководная, местами угленосная, нижнего карбона – 500-2000 метров; аллювиально-озерная, преимущественно красноцветная, среднего карбона – перми, до 2,5 километров. В основании нижней перми залегает соленосная толща до 500 метров [2, 6-9].

В процессе изучения каменноугольно-пермского разреза Шу-Сарысуйской впадины были отобраны образцы горных пород по двум литолого-стратиграфическим разрезам. Первый разрез, протяженностью 5,5 км, расположен в предгорьях хр. Малый Каратау, по логу Кызылсай (10 км южнее озера Биликоль). Второй разрез, протяженностью 35 км, является продолжением предыдущего и находится на траверзе – северное обрамление оз. Биликоль (район Аксайского ГОКа) и далее на северо-запад по направлению пос. Акколь и р. Талас.

По первому разрезу были определены и выяснены количественные соотношения минералов окислов и гидроокислов кремния, силикатов.

Кварц и его модификации в изучаемом разрезе являются наиболее распространенными, присутствие его обнаружено во всех, представленных к анализу образцах. Содержание в пробах колеблется от 5% до 98%, таблицы 1-2. Кварц относится к термически аморфным образованиям, поскольку в испытываемом интервале температур его присутствие можно определить лишь по незначительному проявлению на DTA-кривой (дифференциальный термический анализ), в области 500°С. В качестве сравнения, породы, содержащие в себе кварца свыше 80%, развивают при нагревании такой же слабый по интенсивности эндотермический эффект, как и в случае термической диссоциации двух процентной кальцитовой пробы.

Амфибол, как силикат, включающий в свою структуру гидроксильную воду (2,9%), обычно дает при нагревании (400-650°С) весьма слабо выраженное эндотермическое проявление, связанное выходом в атмосферу группы ОН. Нагревание образца К-13-6,1 в указанном промежутке температур, также приводит к потерям гидроксила и вызывает искривление DTA- и DTG-линий (дифференциальный термогравиметрический анализ), отвечающей обезвоживанию системы. В этом случае термогравиметрическая кривая фиксирует 0,8% потери веса, из которой половина – результат дегидроксилизации гидрослюды, а остальная часть (Δm=0.4%) приходится на выход в атмосферу кристаллической воды амфибола. Содержание этого гидросиликата в пробе в соответствии с количеством потерянной им воды составляет 13,8%.

Термически инертные минералы (ТИМ) – природные образования, которые трудно поддаются термической диагностике. В нашем случае это аморфные формирования диоксида кремния и полевых шпатов (плагиоклазы, ортоклаз и др.). Количественное содержание их в пробах обычно определяется по остаточному принципу. Так, суммарное содержание плагиоклаза (~ 43%), выявленное рентгеновским анализом, близко к результатам термических определений слабо информативных ТИМ, выявление которых осуществлялось методом исключения из состава проб термически диагностируемых минералов.

Смешанно-слоистые минералы (ССМ), хлорит и гидрослюда термическим анализом обнаружены в ряде проб. ССМ выявлен в образце К-13-1, который дал в пределах 20-230°С, 230-460°С и 460-600°С эндотермические реакции, связанные с разложением его структуры. Существование процессов деструкции ССМ в этих интервалах температур свидетельствует о

наличии на сопряженных отрезках дифференциальной термогравиметрической кривой слабых провалов линии. На это же указывает развитие на TG-кривой двух ступеней изменения массы, вызванное дегидратацией системы (Δm=0,65% H_2O) и выбросом в атмосферу гидроксильной воды (0,2%+0,5). Потеря веса образца при этих реакциях в сумме составила 13,5%, что с учетом стехиометрий ССМ соответствует 7,7% этого включения в породе.

Хлорит в породах, из-за малого содержания его в пробе, вычислялся по остаточному принципу. В промежутке 720-815°С минерал теряет вес 0,15% (OH), что с учетом его стехиометрической формулы составляет 1,25% массы образца. Структура хлорита (образец К-13-4) имеет межкристаллические дефекты, что вызывает избыток молекулярной воды, что приводит к уменьшению энергии связи ОН-групп. Суммарная потеря веса при обезвоживании данного минерала в процессе его нагревания составляет 0,6% (H_2O)+0,3% (OH)=0,9%, что соответствует содержанию хлорита в указанной пробе, равному 3,9%.

Гидрослюда в пределах 60-100°С теряет 0,4% веса (H_2O), а в промежутке 400-630°С выносит еще 0,4% своей массы (OH). Согласно стехиометрии гидрослюд эти потери веса соответствуют присутствию в пробе ~ 5% данного минерала.

В породах широко развит кальцит, в ассоциации с ним встречается родохрозит (менее 2%). Содержание кальцита в образцах (в 8 случаях из 12) меняется в пределах 58-95%. Карбонаты отличаются совершенством кристаллического строения, о чем свидетельствуют высокая температура диссоциации $CaCO_3$, предельная скорость выброса в атмосферу.

Гипс обнаружен лишь в образце К-13-6,1. Присутствие его в пробе отметили все три кривые, отразившие своими искривлениями в пределах 80-280°С процессы удаления в атмосферу двух разно связанных форм H_2O. Первая фаза дегидратации этого сульфата протекает до образования полугидрата (150°С) с потерей веса в 0,2%. Второй этап обезвоживания снижает массу образца также на 0,2%, после которой кристаллическая решетка обезвоженного продукта перестраивается в решетку ангидрита. Таким образом, количество гипса в составе указанной пробы, согласно значениям выделенной воды при нагревании, составляет 1,4%.

Органическое вещество (ОВ), по данным DTA-определений и по термогравиметрическим показаниям анализа, присутствует в малых количествах практически во всех образцах представленных пород. Как термически активное вещество, оно в пределах ~ 250-500°С всегда генерирует тепловую энергию, которая фиксируется на DTA-кривой в виде двух ступенчатых изгибов экзотермической направленности [12, 13]. Это свойство рассматриваемого соединения является главным индикатором ОВ, позволившим проводить его диагностику.

По второму разрезу изучение вещественного состава пород сопоставлялись с описаниями термического поведения минеральных проб, изложенных в справочных источниках и накопленных в банке данных в лаборатории, проводившей эти исследования. Интерпретация дифференциальных термических и термогравиметрических кривых показала наличие в них кремнистых, полевошпатовых (альбит, ортоклаз и др.), глинистых (монтмориллонит, гидрослюды) и карбонатных (кальцит, реже доломит) минералов с примесями в некоторых образцах оксидов железа и гидратированных разностей других соединений. Среди названных образований в некоторых образцах обнаружен гипс, тремолит и стильпномелан.

Гидрослюды, широко распространены в породах изучаемого разреза. Как производные слюд, они теснейшим образом ассоциируются между собой и практически всегда обнаруживаются совместно. Гидрослюды включают в себя обе формы гидратов – молекулярную воду (H_2O) и конституционную – группа ОН. Первым характерным термическим признаком наличия в образце данного образования является формирование на термогравиметрической кривой ступени потери веса, вызванного выбросом в атмосферу молекулярной воды в низкотемпературной (60-200°С) стадии деструкции системы. Обезвоживание гидрослюды протекает в сопровождении эндотермического эффекта, который оставляет на DTA-кривой пик в области 120°С.

Степень преобразованности гидрослюд, которая меняется по разрезу в пределах от 1,25% (К-14-25-а) до ~10% (К-14-1-а). Резкий перепад содержания гидрослюды в пробах (в пределах профиля) отмечен лишь на границе отбора двух образцов К-14-1-а и К-14-1-б. Здесь разница масс гидрослюды достигает 10%. Структура иллита по кристаллическому строению наиболее близка к монтмориллониту. Молекулярная вода, обнаруженная в составе глинистых минералов, представлена в двух качествах. Одна из них, характеризующаяся менее прочной связью с частицами глин, относится к сорбционному типу. Другая вода, локализующаяся в более глубоких уровнях структурной конструкции иллита и монтмориллонита, относится к межслоевой воде. По функциональным качествам и устойчивости к разрывам связей внутри системы молекулы H_2O подобной принадлежности покидают систему при более высоких температурах, 150-500°С.

Монтмориллонит в составе пород изучаемого разреза является не самым распространенным минералом. В своей структуре он содержит в себе две формы воды – молекулярную (H_2O) и межслоевую (OH), удаление которых при разложении структуры вызывают в разных интервалах температур неодинаковые, по мощностям, эндотермические эффекты. По этим термическим критериям и проводилась диагностика названного минерала, а по термогравиметрии его дегидратации и высокотемпературной диссоциации подсчитывалось количество данного образования. Термогравиметрические показания термического анализа регистрируют наличие воды в изучаемых монтмориллонитах в тех объемах, которые соответствуют содержаниям этих минералов в выше указанных пробах.

ОВ при динамическом нагревании дает термохимические параметры, во многом отличающиеся от термических характеристик минералов, образующих вместе с ним единый комплекс $CO_{орг}$+неорганические соединения. Свойство данного соединения реагировать на прирост температуры в окрестностях 200ºС является важным диагностическим фактором при определении малых содержаний ОВ в пробах [12]. Эта особенность термического поведения органического вещества в среде атмосферного кислорода позволила проконтролировать его содержание в испытываемых образцах даже в самых ничтожно малых долях – 0,1-0,2%.

В подавляющем большинстве образцы включают в себя органическое соединение. Термогравиметрические показания прибора зафиксировали вариацию этого вещества в пределах от 0,1% до 1,6% (C_1v-s). При сопоставлении указанных показателей с данными минерального содержания соответствующих проб следует, что малое (0,1-0,2%) количество органического оксида углерода трудно связать с составом искомого образца. Только начиная с величины 0,3% ($CO_{орг}$) прослеживается некая зависимость концентрации ОВ с качеством минерального наполнения образца. В первом приближении установлено, что с привнесением в кремнисто-карбонатную породу минералов слоистых силикатов увеличивается вероятность заселения там органического углерода и его содержание.

Все термохимические параметры и поведение при нагревании ОВ соответствуют классическим типам природного аналога [10–13]. Приведенные данные, касающиеся термической деструкции анализируемого продукта, указывают на наличие в составе изучаемого вещества компонентов ароматического свойства, которые могут быть приняты как признаки принадлежности его к углеводородному типу ОВ. В песчаниках верхней перми присутствуют 0,85% $CO_{орг}$. Динамическое нагревание указанных образцов оставляет на DTA-кривой в промежутке 330-520°С слабо выраженный экзотермический эффект, сопровождаемый окислением в системе органического углерода до уровня CO_2. Конфигурация экзотермического эффекта (одиночный пик) на кривой DTA и значимая температура его проявления (380°С) свидетельствуют в пользу углистого источника органики.

О термическом поведении известняков нижнего карбона в интервале 190-420°С свидетельствует наличие на DTA-кривой искомого образца слабо развитых экзотермически направленных экстремумов, вершины которых обращены к температурам в 310 и 400°С. Это эффекты, вызванные термическим превращением органического оксида углерода в диоксид (CO_2). Малое количество ОВ в изучаемой пробе (5%) предопределило образование на DTA-кривой только слабо развитых пиков, а на TG и DTG-линиях вызвало формирование лишь

нивелированных проявлений. Минеральный состав рассматриваемого образца, в котором обнаружено 52,7% кальцита, 33,1% доломита, 3,1% гидрослюды и ~10% кварца вполне приемлем для формирования, развития и аккумуляции в такой среде органического вещества. Глинистые минералы в составах изученных пород представлены монтмориллонитами, хлоритами, каолинитами, слюдами и их гидратированными разностями. Концентрация их в образцах невысокая. Более значимые содержания (5-15%) дает монтмориллонит. В большинстве проб гидрослюда составляет не более 5%.

Следует отметить, что контрольные рентгенометрические определения состава пород указали на более высокие концентрации в них каолинита, чем это наблюдалось по данным термического анализа. Подобный разброс количественного содержания одного и того же минерала по результатам двух методически независимых анализов связан не столько с методикой измерения, сколько фактором частичного обезвоживания структуры указанного объекта. Каолиниты имеют неупорядоченное кристаллическое строение [13]. В связи с этим реальное содержание указанного минерала в пробах соответствует промежуточным значениям, которые регистрируют термоаналитические и рентгеноструктурные измерения, т.е. количество каолинита в изучаемых системах несколько выше данных, полученных термическим анализом. Отмечены характерные дифракционные рефлексы, позволяющие провести идентификацию присутствующих фаз. В основании каменноугольного разреза – переслаивающиеся карбонатные песчаники и известняки, в составе которых преобладают кальцит, кварц, иногда доломит, слюда и полевые шпаты. В остальной части (C_1s) разреза, сложенного известняками, содержание кальцита достигает 96%, а кварца – 48%. Известковистые песчаники (C_1s) содержат примеси плагиоклаза и ортоклаза. Состав песчаников в интервале образца ($C_{2\text{-}3}$) изменяется незначительно. Основными компонентами являются кальцит, кварц, иногда доломит и ортоклаз. Содержание глинистых минералов (слюда и хлорит) не более 2-3 %. В органогенном известняке ($C_1v\text{-}s$) содержание кальцита достигает 96 %, примесь – кварц. Состав красноцветных и серых алевролитов ($C_{2\text{-}3}$) отличается резкими колебаниями состава и содержания компонентов: кальцита – от 3 до 75 %, кварца – от 12 до 37 %, доломита – до 72 %. Красноцветные песчаники (возраст C_3) содержат примесь гематита. В отдельных образцах обнаружены примеси слюды, хлорита.

Термический и рентгенодифрактометрический анализы показали наличие в образцах кремнистых образований – преимущественно кварца (10-60%) и присутствие в некоторых породах редко встречаемых в подобных ассоциациях формирований типа ломонтита из группы цеолитов и тремолита. Состав образцов определялся путем дифференцирования его термохимических показаний по принадлежностям их к каким-либо минеральным образованиям. Глинистые минералы диагностировались по сериям эндотермических реакций, связанных с дегидратацией (50-250ºС) и с дегидроксилизацией (300-700ºС) по термогравиметрии обезвоживания образцов в названных пределах температур. Была выявлена группа таких минералов, как монтмориллонит, мусковит, ассоциация ССМ, гидрослюда, хлорит.

ОВ обнаружено во многих породах разреза. Термическим и рентгеноструктурным анализами установлено, что различные включения диагностируется по характерному для органики признаку – интенсивному окислению СО до уровня CO_2 и выносу летучего продукта сгорания в атмосферу. Формирование CO_2 и выброс его из системы вызывает формирование мощного потока тепла, который в виде серий экзотермических проявлений легко фиксируется DTA-кривой. В нашем случае образцы регистрируют на своих кривых только два слабо выраженных термических эффекта, связанных с выгоранием в пробах весьма малого количества (0,3-0,5%) $C_{орг}$. Из имеющегося количества $C_{орг}$ в породах, разграничения их по генетическим принадлежностям свелось к выделению субколлоидального типа. Подобный вид рассеянного ОВ связан с формированием жидких УВ.

В глинистых и карбонатных минералах присутствует ОВ, при этом частицы $CO_{орг}$ упакованы в микропорах карбонатно-глинистого агрегата, часть из которой включена в межслоевое пространство минералов. Подобные формирования в благоприятных

геохимических обстановках обычно служат акцепторами ОВ.

Главные выводы: 1) локализация РОВ в составе кварц-полевошпатовых образований основана на законах физической и ионной сорбции. В связи с этим соединение с поверхностью кристалла SiO_2 осуществляется главным образом посредством подстилающихся пленок, выполненных из минералов слоистых силикатов; 2) упаковка ОВ в глинистых минералах происходит в межсеточных пространствах их слоистых структур или по оборванным связям плоскостей кремнекислородного каркаса монтмориллонитов и членов этого ряда минералов; 3) накопление $C_{орг}$ в известняках происходит в микропорах, а также в трещинах и сколах мономинеральных форм $CaCO_3$; 4) фоновое содержание РОВ в каменноугольно-пермском разрезе плавно меняется в пределах 0,1-0,5%; 5) в терригенных породах, в составе которых преобладают полевые шпаты и глинистые минералы, содержание РОВ достигает 2%; 6) полученные данные будут использованы при коррекции прогнозных ресурсов юго-западной части Шу-Сарысуйского бассейна; 7) полученные данные будут использованы при оценке прогнозного УВ-потенциала Илийской впадины.

Работа выполнена при финансовой поддержке бюджетной программы целевого финансирования МОН РК BR05236800 по теме № 208 от 19 марта 2018 года.

Литература

1. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. В 3-х т. Алматы. 2002. Т. 1. Глубинное строение и геодинамика. 224 с.; Т. 3. Нефть и газ. 272 с.
2. Геология и металлогения Каратау / Под ред. А.А. Абдулина. Алма-Ата: Наука КазССР. 1986. Т. 1. Геология. 240 с.; Т. 2. Металлогения. 248 с.
3. Атлас литолого-палеогеографических, структурных, палинспастических и геоэкологических карт Центральной Евразии. Алматы: ЮГГЕО. 2002. 38 ил.
4. Месторождения нефти и газа Казахстана. Справочник / Воцалевский Э.С., Булекбаев З.Е., Искужиев Б.А. и др. Алматы. 1999. 326 с.
5. Карта прогноза нефтегазоносности Казахстана. М 1:2500000 / Ред.: С.Ж. Даукеев, А.А. Абдулин, Х.А. Беспаев, Э.С. Воцалевский; М-во энергетики и минеральных ресурсов РК; Ин-т геологических наук им. К.И. Сатпаева МО и НАН РК. Алматы. 2000.
6. Korobkin V.V., Buslov M.M. Tectonics and geodynamics of the western Central Asian Fold Belt (Kazakhstan Paleozoides) Reference: RGG574 Journal title: «Russian Geology and Geophysics», New York. 2011. V. 50, № 12. P. 1585-1603.
7. Парагульгов Т.Х., Парагульгов Х.Х., Фазылов Е.М., Шабалина Л.В. Торгайско-Сырдарьинский регион – эволюция глубинного строения и проблемы минерагении // Известия национальной академии наук Республики Казахстан. Серия. геол. и техн. наук. Алматы. 2013. № 2. С. 8-19.
8. Cook H.E., Buvtishkin V.M., Gatovsky V.A. et al. Carbonate platform evolution, Upper Paleozoic, Southern Kazakhstan USSR: a surface analog for the supergiant Tengiz oil field, Western Kazakhstan // Amer. Ass. of Petroleum Geologists Bulletin, vol. 75, 1991, p. 1408-1409.
9. Тулемисова Ж.С., Коробкин В.В. Особенности геодинамической эволюции главных нефтегазоносных бассейнов Казахстана в палеозое // Вестник Казахстанско-Британского технического университета. Алматы. 2017. Вып. 4 (43). ISSN 1998-6688. С.52–61.
10. Иванова В.П. и др. Термический анализ минералов и горных пород. Л. 1974. 398 с.
11. Grim R.E. Clay mineralogy. Me GRAW-HILL SERIES IN GEOLOJI. NEW YORK – LONDON – TORONTO, 1953, 450 p.
12. Саматов И.Б., Слюсарев А.П., Мылтыкбаева Л.А., Насиров Р. Состав и кинетика термической деструкции асфальтено-смоло-парафиновых отложений по результатам дифференциального термического анализа // Геология, география и глобальная энергия. Астраханский ун-т. 2008. № 2 (29). С. 6-9.
13. Клубова Т., Королев Ю., Розникова А. и др. Поровое пространство и органическое вещество коллекторов и покрышек / АН СССР. М.: Наука. 1986. 96 с.
14. Саматов И.Б., Слюсарев А.П., Султангалиев Г.О. Насиров Р. Определение каолинита в осадочных нефтяных породах Прикаспийского региона методами ЭПР-спектроскопии, рентгеновской дифрактометрии и термического анализа // Геология, география и глобальная энергия. Астраханский ун-т. 2009. № 3 (34). С. 100-104.

УДК 351.861:004

ИССЛЕДОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Турсунбаева А.К.
kylychbekova1302@mail.ru
Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

В данной работе рассмотрены информационные технологии, которые применяются в Кыргызской Республике в данный момент для оповещения населения при возможном возникновении ЧС. Предоставлены усовершенствованные системы информационных технологий.

Ключевые слова: МЧС, ЕИУС, ЦУКС, ГСГЗ, чрезвычайная ситуация.

Внедрение новых информационных технологий, которые способствуют лучшему мониторингу и более быстрому реагированию на любые чрезвычайные ситуации, имеет большое значение для работы МЧС. За последнее десятилетие МЧС реализовало несколько проектов, которые значительно сократили время реагирования и уменьшили вероятность возникновения инцидентов различного типа. Ряд документов регламентирует процесс внедрения и использования информационных технологий в деятельности государственных органов и органов местного самоуправления.

Для решения задач по обеспечению комплексной безопасности, защиты населения и территорий республики от ЧС, Правительство КР возложило на МЧС КР вопросы по созданию и функционированию единой информационно-управляющей системы в чрезвычайных и кризисных ситуациях в Кыргызской Республике, органом постоянного управления которого является МЧС КР.

Единая информационно-управляющая система предназначена для автоматизации деятельности органов управления Государственной системы Гражданской защиты:

- повышение оперативности, надежности, обоснованности и качества принятия управленческих решений по вопросам Гражданской защиты на основе интеграции информационных ресурсов;
- широкой и всесторонней автоматизации процессов управления силами и средствами ГСГЗ;
- доведения управленческих решений и сигналов раннего оповещения до органов управления и населения о чрезвычайных и кризисных ситуациях.

Единая информационно-управляющая система - это организационно-техническое объединение сил связи и оповещений, сетей вещания, каналов общего пользования и ведомственных сетей связи, обеспечивающее реализацию основных задач системы.

Задачей единой информационно-управляющей системы является:

- обеспечение тесного взаимодействия республиканских органов исполнительной власти, местных государственных администраций, органов местного самоуправления и организаций в осуществлении деятельности в чрезвычайных и кризисных ситуациях.

Руководство единой информационно-управляющей системой на территории областей, районов, городов и аильных округов осуществляется главами местных государственных администраций, руководителями органов местного самоуправления, являющихся по должности начальниками Гражданской защиты территорий. Руководители единой информационно-управляющей системы всех уровней несут ответственность за качественную организацию управления деятельности ГСГЗ и осуществление мероприятий Гражданской защиты на соответствующих территориях, в отраслях и на объектах. Органами повседневного управления единой информационно- управляющей системы являются:

– **на республиканском уровне** – Центр управления в кризисных ситуациях Министерства чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики;

–**на территориальных уровнях** – Центры управления в кризисных ситуациях областных управлений МЧС КР и соответствующие диспетчерские службы.

Деятельность органов управления единой информационной системы управления в зависимости от ситуации осуществляется в 29 стационарных или подвижных центрах управления, оснащенных современными информационно-телекоммуникационными средствами контроля, оповещения и жизнеобеспечения, которые находятся в состоянии постоянной готовности к использованию. Центр управления в кризисных ситуациях МЧС КР, созданный на основе инновационных информационных технологий, обеспечивает решение следующих задач:

1) в области предупреждения чрезвычайных ситуаций:

– своевременный анализ, мониторинг и моделирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

– мониторинг и краткосрочное прогнозирование сейсмической обстановки, объектов токсичных и радиоактивных отходов, трансграничных водных ресурсов, в том числе трансграничного характера и прорывов высокогорных озер;

– создание объединенных банков данных об опасных природных процессах, о чрезвычайных и кризисных ситуациях для дальнейшего обобщения и прогнозирования развития событий;

2) **в области оперативного реагирования и ликвидаций последствий чрезвычайных ситуаций:**

– сбор оперативной информации об угрозе или факте возникновения чрезвычайной ситуации по любым видам связи;

– анализ всей поступающей информации, определение ее достоверности или масштабов чрезвычайной ситуации;

– совместно с соответствующими подразделениями определение расчета сил и средств, необходимых для реагирования и их оповещения;

– оперативное планирование и управление операциями по ликвидации чрезвычайных ситуаций;

– организация межведомственного взаимодействия на национальном и региональных уровнях, координация действий оперативных групп министерств[1].

В рамках совместного проекта МЧС КР и Всемирного Банка на сегодняшний день реализованы следующие основные направления ЕИУС в КР:

- совершенствование системы ЦУКС;
- создание Общегосударственной комплексной системы информирования и оповещения населения (ОКСИОН);
- создание Единой государственной дежурно-диспетчерской службы 112 (ЕГДДС).

Система ОКСИОН предназначена для своевременного оповещения и оперативного информирования граждан об угрозе и о возникновении чрезвычайных ситуациях за счет использования современных технических средств и технологий.

Единая государственная дежурно-диспетчерская система 112, предназначенная для приема от населения информации о всех видах ЧС по единому номеру «112» и вызова экстренных оперативных служб[1], [2].

Благодаря этой системе каждый житель страны, попавший в чрезвычайную или кризисную ситуацию сможет позвать на помощь, набрав номер «112». При этом диспетчеры Центра управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) будут направлять каждый вызов по соответствующим службам оперативного реагирования министерств и ведомств (101, 102, 103, а также службы спасения), контролировать ход прибытия сил к месту происшествия и проведения соответствующих мероприятий по оказанию помощи пострадавшим[4].

Система состоит из нескольких компонентов. Центр управления в кризисных ситуациях отвечает за общую координацию и управление в условиях чрезвычайных и кризисных ситуаций. Кроме этого, Общегосударственная комплексная система

информирования и оповещения населения (ОКСИОН) призвана оповещать население через запуск сирен, радио и телевидение. Единая дежурно-диспетчерская служба обеспечивает связь и коммуникацию между населением и гражданами, нуждающимися в экстренной помощи через единый номер 112 [3]. В таблице 1 показано количество звонков, поступивших в систему 112 за 2018 год.

Таблица 1

Общие вызовы		**Ложные вызовы**		**Подтвержденные вызовы**		**101**		**102**		**103**		**Госадмин/ мэрия**		**Консультации**	
Ош	Бишкек	Ош	Бишкек	Ош	Бишкек	Ош	Бишкек	Ош	Бишкек	Ош	Бишкек	Ош	Бишкек	Ош	Бишкек
1782606	1227573	759087	494609	21000	19229	279	286	1131	1315	1719	2100	664	1718	16540	13220
3010179		**1253696**		**40229**		**1565**		**2446**		**3891**		**2382**		**29760**	

Система информирования актуальна в связи с ежегодным ростом техногенных и природных рисков, которые возрастают при модернизации старого оборудования и введение нового.

Системы оповещения нуждаются в постоянном усовершенствовании и контроле, поскольку они отвечают за безопасность жизнедеятельности населения.

Литература

1. Постановление Правительства КР от 3 января 2011 года № 1 “Об утверждении Положения о единой информационно-управляющей системе в чрезвычайных и кризисных ситуациях в КР”.
2. Постановление Правительства КР от 25 августа 2011 года № 506 “О Центре Управления в кризисных ситуациях при Министерстве чрезвычайных ситуаций КР”.
3. Постановление Правительства КР от 11 апреля 2017 года № 209 “Об утверждении Программы создания и развития общегосударственной комлексной системы информарирования и оповещения населения”.
4. Электронный ресурс: http://diesel/elcat/kg/index/php?showtopic=88040786&page=1

УДК 502.173:553.411+574(575.23)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НА ЗОЛОТОРУДНОМ КОМБИНАТЕ «КУМТОР»

Шергазиева Н.
Shergazieva_n@mail.ru
Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

В статье дается описание последствий экологических изменений вследствие производства промышленных отходов на золоторудном комбинате «Кумтор».

Ключевые слова: золоторудный комбинат, хвостохранилище, прорывоопасные озера, экология, ледники, техногенный, радиоактивные руды, катастрофа.

Рудник «Кумтор» расположен в горном массиве Ак-Шийрак в районе ледников Лысый, Давыдова, Сары-Тор, в верховьях рек Кумтор и Арабель бассейна реки Нарын и озера Петрова. В связи с разработкой месторождения в хозяйственный оборот вовлекается значительная территория в высокогорной зоне, что сопровождается активным воздействием на геологическую среду. В настоящее время одними из наиболее значимых угроз являются: вероятность прорыва озера Петрова, геокриогенные опасные процессы, вызванные горнодобывающей деятельностью (нарушение равновесия в многолетнемерзлых, сезонно-талых грунтах), деградация ледников (разрушение, запыление, загрязнение талых вод), состояние дамбы хвостохранилища.

Разрабатывающей компанией проводится мониторинг опасных процессов и объектов с привлечением различных научно-исследовательских и проектных организаций, о чем было доложено на встрече представителей компании с рабочей группой МЧС. Вопросы безопасности объектов рассматривались также на заседаниях Научно-технического совета при МВК Кыргызской Республики. Работы по исследованию и мониторингу состояния объектов в районе рудника Кумтор должны быть продолжены. Руководству Кумтора в соответствии с Законом "О Гражданской защите" рекомендовано создание локальной системы оповещения населения и персонала об угрозе чрезвычайной ситуации, организация взаимодействия с территориальными органами исполнительной власти и МЧС на случай угрозы или возникновения чрезвычайной ситуации [1].

Перевалочная база «КОК» находится в черте г. Балыкчы, в 1500 м от берега оз. Иссык-Куль. Перевалочная база, как вспомогательный объект «КОК», предназначена для кратковременного хранения химических реагентов: цианистого натрия, каустической соды, кальцинированной соды, а также нефтепродуктов. Результаты мониторинга окружающей среды в пределах территории базы удовлетворяют санитарным нормам. Однако существует вероятность подверженности территории базы селевым потокам, в результате чего возможен вынос химических реагентов на западную часть города и прилегающую акваторию оз. Иссык-Куль. Для обеспечения безопасности хранения опасных веществ необходимо скорейшее решение вопроса строительства селезащитной дамбы непосредственно для защиты территории, где находится перевалочная база «КОК».

Как показала экологическая катастрофа в с. Барскоон 20.05.98 г., особое внимание должно быть уделено безопасной транспортировке сильно действующих ядовитых веществ, применяющихся для технологических целей переработки золота по маршруту от перевалочной базы к месторождению Кумтор [2,3].

Хвостохранилища и отвалы. На территории области хвостохранилища и отвалы добычи и обогащения радиоактивных руд, находящиеся в ведении МЧС КР, расположены в районе пгт. Каджи-Сай Тонского района.

Кумтор производит несколько видов загрязнения, ухудшение экологии и опасность, которая имеет различные последствия как в пространстве, так и во времени. Два доклада, опубликованные один за другим, - первый доклад Межправительственной комиссии (30 января 2012) и второй - американского геохимика-гидролога Роберта Морана (31 января 2012), указывают на экологические проблемы, появившиеся вследствие деятельности Кумтора. Доклад Р. Морана является совершенно удручающим. Одновременно существуют сильные структурные загрязнения и загрязнение, которое способствует экологическому риску, его можно охарактеризовать как «событие». Наконец, добыча золота на Кумторе увеличивает нагрузку на водные ресурсы, загрязняя их, что имеет санитарные, социальные и даже геополитические последствия [4].

Структурное загрязнение. Это загрязнение является постоянным и существенным, оно может быть одновременно атмосферным, гидравлическим и минеральным. Горнорудная добыча загрязняет вокруг почву и воду, распространяя опасные отложения или непосредственно химические вещества. Р. Моран выявил высокие концентрации урана, мышьяка, алюминия, никеля, цинка, хлорида, сульфата, нитрата, аммония, цианидов и загрязнений, вызванных взрывчатыми веществами, топливом, маслами или антифризом [5]. Но самое главное загрязнение касается воды. В самом деле, вся система водоснабжения вблизи Кумтора (Нарын, озеро Петрова, реки Кумтор) серьезно загрязнены в основном тяжелыми металлами. По эффекту сообщающихся сосудов, к загрязнению присоединились знаменитый Иссык-Куль и Сырдарья в Узбекистане. Кроме того, Centerra Gold использует 4 380 000 000 литров воды в год и ее деятельность усугубляет уничтожение ледников [6] в связи с глобальным потеплением. Наконец, условия хранения использованных химических веществ: одна часть, что невообразимо, хранится на склонах ледника, другая - на уровне сейсмической зоны.

Прежде всего, воздействие на здоровье, которое потребует реального исследования на месте. Количество рыбы и ее качество, как представляется, значительно сократилось, в то время как прием в пищу рыбы, выросшей в загрязненной воде, влечет за собой серьезные заболевания. Структурное загрязнение имеет прочное и глубокое воздействие, которое не всегда становится сразу очевидным, но последствия драматичны и долгосрочны. Вода озера Иссык-Куль, которая является естественным, экономическим и «долговременным» богатством (рыба и туристические ресурсы) обречена быть положенной на алтарь золотого тельца. Тем не менее, разумное развитие туризма будет более выгодным непосредственно для местного населения, чем добыча золота, чья экономическая выгода (финансирование школ, больниц, микрокредитная деятельность), похоже, больше связаны со стратегией коммуникации, чем с настоящей благотворительностью. Кроме того, несчастный случай, такой как в 1998 году, может иметь очень серьезные последствия на многих уровнях [7].

Наконец, двойное негативное влияние деятельности Centerra Gold на водные ресурсы Кыргызстана и региона (очень большой объем добычи, высокое загрязнение) неизбежно приведет к обострению геополитической напряженности в Центральной Азии, в частности, между Кыргызстаном и Узбекистаном. Не вдаваясь в подробности, распределение воды в Центральной Азии на основе соглашений между расположенными выше по течению рек странами (Таджикистан, Кыргызстан) и странами низовья (Казахстан, Узбекистан), основанных на обмене воды, на энергетические ресурсы. Если качество и (или) количество воды, идущей из Кыргызстана в Узбекистан, снизится, это повлечет за собой дополнительную напряженность в уже существующем раздоре между двумя странами (приграничное узбекское население, пограничные спорные вопросы). Это может также способствовать ухудшению добрососедских отношений с Казахстаном, который, может быть, еще более зависимым от воды, приходящей из Кыргызстана, чем Узбекистан. Вода является основным стратегическим вопросом для всего региона, чрезмерное загрязнение или уменьшение подачи в конечном итоге будет иметь негативные дипломатические последствия.

Литература

1. Закон КР «О гражданской защите», № 54 от 24 мая 2018 года.
2. NORLEND. «Золоторудное месторождение Кумтор : извергает токсичные вещества с высоты», Pacific Environment и ресурсный центр, сентябрь 2000 г., стр.1 -2 http://www.ciel.org/ifccasekyrgyzstan.html
3. Selon le président et « chief executive officer », Stephen Lang, Kumtor représenterait même 20 à 25 % du PIB du pays http://www.kumtor.kg/en/news/english-stephen-lang-ceo-and-president-centerra-gold/
4. Index mundi. Accueil>Diagrammes Historiques de Données par Année http://www.indexmundi.com/g/g.aspx?c=kg&v=94&l=fr
5. MORAN R. «Золоторудное предприятие КумторГолд, Кыргызстан: Комментарии по воде, окружающей среде и связанные с ними вопросы: Сентябрь 2011», Голден, Колорадо, США, 2012, с. 1-2.
6. THANAEL, «Золото и Кумтор», Взгляд на восток, 01/04/2002 http://www.regard-est.com/home/breve_contenu.php?id=636
7. http://prizmablog.com/2012/05/15/creating-paper-parks-or-biodiversity-value-in-kyrgyzstan/

УДК 550.343+550.38

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ОТ ВАРИАЦИИ РАССТОЯНИЙ ДО ЛУНЫ И СОЛНЦА (ПО ДАННЫМ КАТАЛОГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТАДЖИКИСТАНА)

Шозиёев Ш.П., Худоназаров М.Г., Сафоназарова З.С., Маликмамадов Н.А.
shokarim@mail.ru
Хорогский государственный университет, г. Хорог, Республика Таджикистан

Большую роль на процессы подготовки и инициации горных ударов и землетрясений оказывают различного рода внешние воздействия. К таким воздействиям относятся солнечные и лунные приливы. По мнению многих авторов, интенсивность этих явлений не достаточна для инициации сильного события, которое находится на стадии подготовки. Но в силу своего длительного и периодического воздействия, а также из-за глобального характера внешние воздействия (приливные деформации) могут изменять сейсмический режим региона, выявленный при анализе каталога землетрясений Таджикистана.

Ключевые слова: землетрясения, приливные деформации, Таджикистан.

Введение. Первые попытки использовать измерения приливных деформаций Земли для получения дополнительной информации о её внутреннем строении предпринимались более ста лет назад. Здесь можно отметить работы таких видных учёных, как В. Томсон (лорд Кельвин), Дж. Дарвин, Ребер – Пашвиц и другие. В 1909 году русский исследователь Ю. Орлов организовал наклономерные наблюдения [1].

Вклад русских, а затем советских учёных в развитие теории приливных деформаций тела Земли и связи их с внутренним строением и вращением Земли весьма существен. Ещё в 1895 году Хаф в Англии и профессор московского университета Ф. Слудский независимо друг от друга показали, что наличие жидкого ядра может вызвать появление свободной нутации земной оси с продолжительностью, близкой к одним суткам. Дальнейшее развитие теории внутреннего строения Земли связано с работами Герглотца (1910), Лява (1911), Пуанкаре (1910), Лейбензона (1910), Джеффриса, Буллена, Такеуччи, Молоденского и других. Но только Джеффрисом и Висенте в 1957 г. и Молоденским в 1961 г. были разработаны теории, позволившие рассчитать период свободой нутации и явление резонанса суточных приливов с этой нутацией для реальных моделей Земли [1].

Таким образом, несмотря на всю малость земных приливов в земной коре, деформации земного шара сопровождаются напряжениями и объёмными расширениями и сжатиями. Последние проявляются в форме последовательных сжатий и растяжений. Во время прилива кора поднимается и происходит расширение, и, наоборот, во время отливов происходит сжатие.

Учёт земных приливов играет очень важную роль в сейсмологии. Эта наука даёт точные указания о положении поверхностей разрыва непрерывности свойств материи в земных недрах и о наиболее вероятных физических свойствах вещества в каждом выделенном слое. Изменения фигуры Земли в целом, такие как земные приливы, являются функцией радиального распределения плотностей и параметров упругости.

Источник данных и методика. При анализе выбраны сейсмологические данные на территории Таджикистана с 1868 по 1961 гг. (не инструментальные) и инструментальные наблюдения с 1962 по 2009 гг. Эти данные объединены в единую базу данных на основе MS Access, инструменты которой позволяют идентифицировать дубли и афтершоковые последовательности землетрясений [4]. Был произведен пересчет времен возникновения событий в соответствии с датами лунного календаря. Также вычислены расстояния от Земли до Луны и Солнца на моменты возникновения землетрясений. Алгоритм определения

расстояния до Луны и Солнца разработан по методике, указанной в [6]. Соответственно, расстояние для Луны:

$$\Delta = 38500{,}56 + \sum\gamma/1000 \quad (1)$$

для Солнца:

$$R = 1000001018(1-e^2)/(1+e\cdot\cos\gamma) \quad (2)$$

где Δ и γ – расстояние до Луны; R и e – расстояние до Солнца и эксцентриситет орбиты Земли.

В качестве инициирующих воздействий наиболее известными факторами являются заполнение водохранилищ, вариации уровня воды в водохранилищах, циклоны, лунно-солнечные приливы, волны от удаленных землетрясений и штормовые микросейсмы [2]. Ранее в работах [3, 4] была обнаружена связь между сейсмическими событиями в период с 1999 по 2004 годы и определёнными фазами Луны, то есть новолуниями и полнолуниями. Поэтому цель данной работы – изучение распределения сейсмических событий в зависимости от изменения расстояния до Луны и Солнца.

Обсуждения и результаты. Исходя из характерной приливной деформации (10^{-8}) [1] при учете модуля сдвига ($5\cdot10^{-8}$ Па) из [5] для полусуточных приливов автором [2] были получены напряжения 1000 Па. Поэтому можно сказать, что существует определенное влияние на инициации землетрясений со стороны внешних воздействий.

Распределение количества событий на графике для Луны сделано с шагом в 2 км, а для Солнца - с шагом в 20 км.

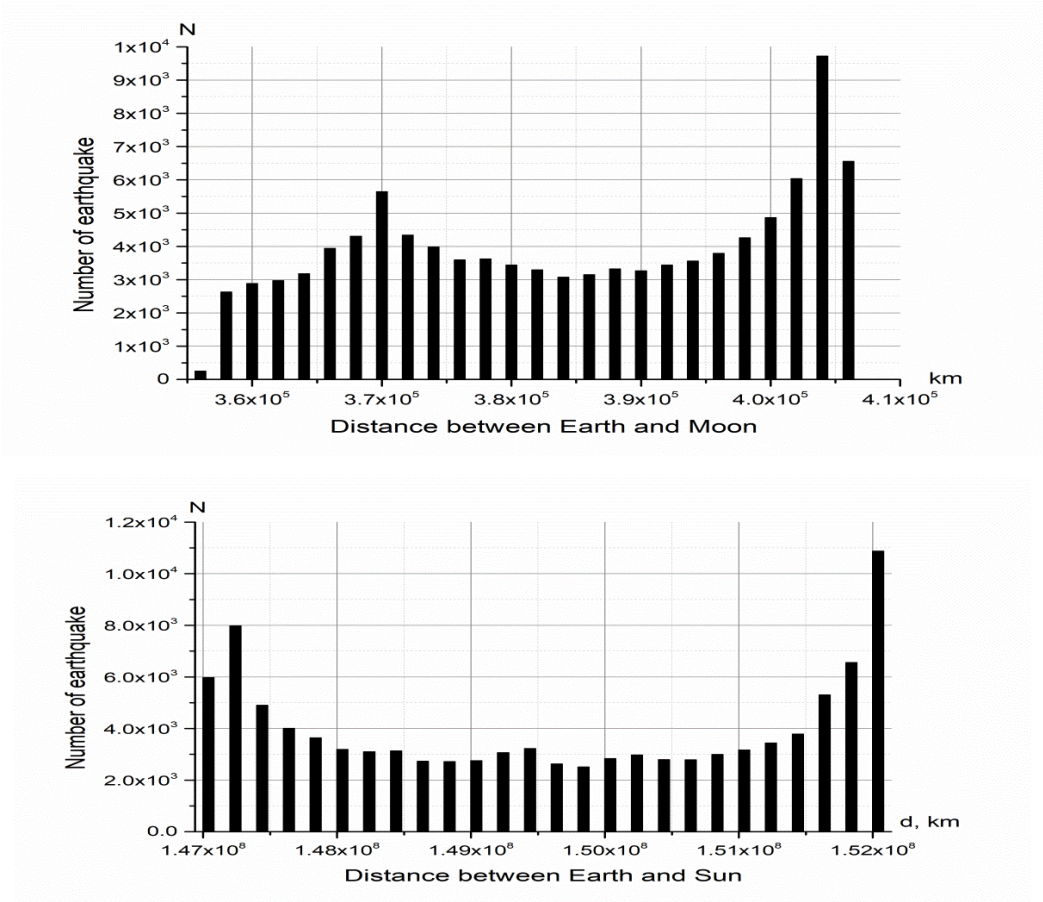


Рисунок1 – Распределения количества событий в зависимости от расстояния до Луны и Солнца

Как видно из графика распределения количества землетрясений в зависимости от положения Луны, максимумы событий приходятся на расстояния и 4,05 между центрами Земли и Луны (рис.1). В то же время распределение количества землетрясений от расстояния между Землей и Солнцем показывает, что максимумы событий приходятся на расстояния и .

Известно, что сейсмическая активность Земли демонстрирует отчетливую неравномерность (неоднородность) как в пространстве, так и во времени. Периоды усиления сейсмической активности сменяются периодами ее спада. И эти периоды по-разному проявляются в различных регионах Земли. Усиление сейсмической активности в одном регионе может сопровождаться ее уменьшением в другом регионе [3, 7].

Выводы. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о неслучайном распределении землетрясений при разных расстояниях (с различными изменениями скорости вращения Луны и Земли), а отражают реальные геофизические процессы, связанные с движением блоков земной коры, которые являются следствием внешних воздействий (приливных деформаций) на геологическую среду при определённом расположении Луны и Солнца.

Благодарности. *Авторы признательны П.Ю. Носову за произведенный пересчет времен возникновения событий в соответствии с датами лунного календаря и полезные замечания.*

Литература

1. Мельхиор П. Земные приливы. М.: Мир. 1968. 482 с.
2. Смирнов В.Б. Закономерности и природа переходных режимов сейсмического процесса. Дис. … д-ра физ.-мат. наук. М. 2018.
3. Шозиёев Ш.П. Параметры фонового и афтершокового режимов сейсмичности Таджикистана. Дис. … канд. физ.-мат. наук. М. 2017. 151 с.
4. Шозиёев Ш.П., Айдаров Ф.А., Смирнов В.Б. Оценка представительности данных каталога землетрясений Таджикистана // Геофизические исследования. 2016. Т. 17. № 2. С. 54-65.
5. Dziewonski A.M., Anderson D.L. Preliminary reference Earth model // Earth Planet. Inter. 1981. V. 25. P. 297–356.
6. Jean Meeus. Astronomical Algorithm. 2nd edition, 1998, 488 pp.
7. Levin B., Domanski A. and Sasorova E. Zonal concentration of some geophysical process intensity caused by tides and variations in the Earth’s rotation velocity // Adv. Geosci. 2014. 35. 137–144, doi:10.5194/adgeo-35-137-2014.

Содержание

ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАДОНА В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
Абдуллаев А.У., Сексенбаева И.Х. 4

АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И БУРЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШЕГЕ ТАХТАКАИРСКОГО ВАЛА
Абзалов А.П. 9

РАЗВИТИЕ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ И ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПОЗДНЕГО КАЙНОЗОЯ ТУРАНА
Алмордонов А., Ахмедов Х. 14

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМУЩЕНИЙ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ИОНОСФЕРЫ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ СОЛНЕЧНОГО ТЕРМИНАТОРА МЕТОДОМ GPS TEC
Андреев А.Б., Капытин В.И., Луценко В.Ю. 18

ДИНАМИКА ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ ФУНКЦИИ Z/H ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В СЕЙСМОАКТИВНОМ РЕГИОНЕ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ
Андреев А.Б., Малимбаев А.М., Мукашева С.Н., Соколова О.И. 21

ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ
Ахмедова Н.А., Ботирова Н.У. 26

ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ РАДИАЦИОННО-СТОЙКОЙ АРХИТЕКТУРЫ ПРОЦЕССОРОВ ДЛЯ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
Аязбаев Г.М., Лозбин А.Ю., Инчин А.С. 31

ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА КОСЕЙСМИЧЕСКИЙ ОТКЛИК ФЛЮИДОНАСЫЩЕННОГО КОЛЛЕКТОРА
Беседина А.Н., Виноградов Е.А., Григорян Д.Г. 36

ТЕКТОНО-ПЛИТНАЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РИФОВ НА РАЗНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ШИРОТАХ ЗЕМЛИ
Ботирова Н.У., Ахмедова Н.У. 43

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА НА ТЕРРИТОРИИ БИШКЕКСКОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА
Воронцова Е.В. 49

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕШКЕНТСКОГО ПРОГИБА
Гаффаров М.А., Хасанов Р.Р. 53

ОБЗОР ИНДУКЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕТОДОМ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
Дзалба А.Л. 58

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В СОВОКУПНОСТИ С НАЗЕМНЫМИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМИ ИЗМЕРЕНИЯМИ
Доброхотов А.В. 62

ПРИМЕНЕНИЕ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ МОГТ-3Д ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПАЛЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОГО БОРТА ФЕРГАНСКОЙ ВПАДИНЫ
Жабборов С.М. 68

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА ВОСТОЧНОГО УСТЮРТА В СВЯЗИ С НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬЮ
Жураев Э.М. 74

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИСТОКООБРАЗНОЙ АППРОКСИМАЦИИ ПРИ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
Забинякова О.Б. 77

АЛГОРИТМ РЕГИСТРАЦИИ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С МНОГОКАНАЛЬНОЙ КОММУТАЦИЕЙ ПРИ НЕИЗВЕСТНОМ УРОВНЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ПОМЕХ
Казначеев П.А., Непеина К.С. 85

ИЗУЧЕНИЕ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ГИДРОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ И ГИДРОМЕТЕОПАРАМЕТРОВ С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ КРИТЕРИЕВ ПОДГОТОВКИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ЮГО-ВОСТОЧНОМ КАЗАХСТАНЕ
Кобланов Ж.Б. 89

ИЗМЕРЕНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
Колмогоров А.С. 93

МЕТОДИКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ОДНООСНОМ СЖАТИИ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД
Кульков Д.С., Чешев М.Е. 100

АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОМЕХОВОЙ ОБСТАНОВКИ В ПОЛЕВЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ
Лашин О.А. 104

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ В ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЕ
Лисимов М.О. 109

ОСОБЕННОСТИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ТЕРРИТОРИИ СРЕДИННОГО ТЯНЬ-ШАНЯ
Малосиева М.Т. 114

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ РЕШЕНИИ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ ЗАДАЧ НА ПЛОЩАДИ АВВАЛ ФЕРГАНСКОЙ ВПАДИНЫ
Мамадалиев Б.М., Дононов Ж.У. 119

АВТОМАТИЗАЦИЯ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ЧАСТОТНОГО СОСТАВА СЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА, РЕГИСТРИРУЕМОГО СЕТЬЮ KNET
Мансуров А.Н. 123

УЛУЧШЕНИЕ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ И МАГНИТОВАРИАЦИОННЫХ ДАННЫХ
Матюков В.Е. 128

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА РЕЗУЛЬТИРУЮЩИЕ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ
Мирзаев М.А., Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л. 135

ВЛИЯНИЕ РЕГИСТРИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА СТАНЦИИ «ПОДГОРНОЕ»
Мусрепов А.В., Соколов А.Н., Соколова И.Н. 143

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКОРОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ КОРЫ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УТОЧНЕНИИ ГИПОЦЕНТРИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ СРЕДНЕГО ПОБУЖЬЯ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ УКРАИНА)
Назаревич Р.А., Назаревич А.В., Хмельовская М.И. 151

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК УПРУГОГО ПОЛЯ ЭНДОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БИШКЕКСКОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА
Непеина К.С., Казначеев П.А., Матюков В.Е. 158

ГЕНЕРАТОР ЦИФРОВЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ М-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРОЙ
Печёров А.А. 163

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОТЕРМИЧЕСКОГО ПОЛЯ ФЕРГАНСКОЙ ДЕПРЕССИИ ПО ДАННЫМ МНОГОЗОНАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ
Раббимкулов С.А. 170

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ВНУТРИСУТОЧНЫХ GPS ИЗМЕРЕНИЙ
Саламатина Ю.М. 174

ИЗУЧЕНИЕ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ СУРХАНДАРЬИНСКОЙ ВПАДИНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
Саъдуллаев С. 180

МОНИТОРИНГ ЭКСХАЛЯЦИИ ПОЧВЕННОГО РАДОНА КАК ИНДИКАТОР АКТИВИЗАЦИИ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ АЛМАТИНСКОГО МЕГАПОЛИСА
Сексенбаева И.Х. 184

ЗАПИСИ СИЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ПАМИРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 7 ДЕКАБРЯ 2015 г. И ЕГО АФТЕРШОКОВ
Соколов А.Н., Муродкулов Ш.Я. 190

СЕЙСМИЧНОСТЬ ЧУЙСКОЙ ВПАДИНЫ И ЕЁ ГОРНОГО ОБРАМЛЕНИЯ
Тилек кызы Г., Байкулов С.К., Рахмединов Э.Э. 197

СТАБИЛЬНЫЙ ПОЯС ВЫСОКОЭНЕРГИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ В РАДИАЦИОННОМ ПОЯСЕ ВОКРУГ *L* = 1.2-1.5 И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ОСНОВАНИИ ЭТИХ ЛИНИЙ В ЗЕМНОЙ КОРЕ
Тойшиев Н.С. 202

СОВРЕМЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМИЧНОСТИ АРКТИЧЕСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЯКУТИИ
Туктаров Р.М., Тимиршин К.В. 207

СЕВЕРОКОРЕЙСКИЕ ЯДЕРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПО ДАННЫМ СТАНЦИЙ СЕТИ ИГИ
Узбеков Р.Б., Сейнасинов Н.А., Соколова И.Н. 213

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ПЛОТИНЕ И БЕРЕГОВЫХ СКЛОНАХ ЧАРВАКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА
Хамидов Х.Л., Анварова С.Г., Ибрагимов А.Х. 219

УТОЧНЕНИЕ СТРОЕНИЯ МНОГОПЛАСТОВЫХ ЛОВУШЕК НЕАНТИКЛИНАЛЬНОГО ТИПА ЮРСКОЙ ТЕРРИГЕННОЙ ФОРМАЦИИ КАНДЫМСКОГО ПОДНЯТИЯ
Хожиев Б.И. 226

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПО НОВЫМ ДАННЫМ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И БУРЕНИЯ СКВАЖИНЫ 1-П КОНЧА ЗЕРАВШАНСКОЙ ВПАДИНЫ
Хожиев Б.И., Искандаров М.Х., Тухлиев З.Ж. 231

ТРЕНДЫ И ПЕРИОДИЧНОСТИ В ХОДЕ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПО ДАННЫМ СТАНЦИИ ШААРТУЗ В ТАДЖИКИСТАНЕ ЗА 2013-2018 ГОДЫ
Худжаев Х.Ш. 237

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ШУМОВОЙ КОМПОНЕНТЫ ГЕОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ
Чешев М.Е., Имашев С.А. 240

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЧАРДЖОУСКОЙ СТУПЕНИ БУХАРО-ХИВИНСКОГО РЕГИОНА
Юлдашев Н.Н. 245

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ СЕЙСМИЧНОСТИ В РАЗНОРАНГОВЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ
Юсупов В.Р. 248

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ОПАСНОСТИ

РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОЧАГОВ СЛАБЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ ГИССАРАКСКОГО И ТУПАЛАНГСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ ЮЖНОГО УЗБЕКИСТАНА
Артиков Ф.Р., Хамидов Л.А., Ганиева Б.Р 256

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДОЙ НАСЕЛЕНИЯ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
Аскарбеков С.Н., Иманбеков С.Т., Аманбекова А.Д. 263

ИССЛЕДОВАНИЕ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД БОРДУ (ПГТ КАШКА) КЕМИНСКОГО РАЙОНА. ОАО КЫРГЫЗСКИЙ ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД (КХМЗ) В Г. ОРЛОВКА
Байгазиева П.Б. 269

ЗАХВАТ РАДИОНУКЛИДОВ МИНЕРАЛАМИ
Габитов Р.И., Нгуен В.Э., Ван Хартесвелдт Н. 273

ДЕТЕРМИНИСТСКАЯ ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ
Джанабилова С.О., Ищук А.Р., Абдрахматов К.Е., Антипов С.М. 277

О ВОПРОСАХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ
Исаева К.К. 282

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РЫХЛОГО МАССИВА ГРУНТОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ПЛОЩАДИ ПЛАТО КАРОЙ С УЧЕТОМ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
Искандеров Р.Р. 285

ОБЗОР КАРТ СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
Исмаилова Ж.Ж., Кыдырова Л.Ш. 291

СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ В РЕГИОНАХ С ГЕОМАГНИТНЫМИ СИЛОВЫМИ ЛИНИЯМИ L ~ 3.2 ПОСЛЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО РАДИАЦИОННОГО ПОЯСА В СЕНТЯБРЕ 2012 г.
Кайраткызы Д. 294

СЕЙСМИЧНОСТЬ АКТИВНЫХ СТРУКТУР КЫРГЫЗСКОГО ПОДНЯТИЯ ЗА 2015-2018 ГГ.
Калысова Ж., Омуралиева А. 300

НЕКОТОРЫЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АККУМУЛЯТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И СЕЛЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ БАССЕЙНА РЕКИ ЗЕРАВШАН
Каримов А.А. 306

РЕШЕНИЕ ВОПРОСОВ В ОБЛАСТИ ТРАНСГРАНИЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ВСЛЕДСТВИЕ РАЗРЫВА ТРУБОПРОВОДА
Качкынбеков Б.К., Шаршеналыева У.Ш. 311

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
Кенжебаев Т.П. 316

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЭКЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТРАССЕ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОДОРОГИ ДУШАНБЕ – КУЛЬМА (УЧАСТОК ШУРАБАД –КАЛАИ-ХУМБ – ВАНДЖ)
Кодиров А.А., Валиев Ш.Ф. 318

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ И СКЛОНОВ В ЗОНЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ УЧАСТКОВ
Комилов О.К., Шоназаров Б.Б., Гайратов М.Т. 325

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ДРЕНАЖА ПРИ НАЛИЧИИ ПО ТРАССЕ ДРЕНЫ КАРБОНАТНОЙ ПЛИТЫ И ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ
Комилов О.К., Гулов З., Гайратов М. 330

ВЛИЯНИЕ СЕЛЕВЫХ И ОПОЛЗНЕ–ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА РЕЖИМ РАБОТЫ ГОРНО–ПРЕДГОРНЫХ РЕК И ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ ИХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
Комилов О.К., Абдуллов Дж.Д., Шоназаров Б.Б., Гайратов М.Т. 335

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕФТИ И ГАЗА В РАЗРЕЗАХ СКВАЖИН
Лапчук Н.А., Скакальська Л.В., Назаревич А.В. 340

МОНИТОРИНГ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КЫРГЫЗСТАНА ЗА 2012 -2013 гг. И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ КАРКЫРА-САРЫДЖАЗ 28 ЯНВАРЯ 2013 г. К=15
Мамбетова Г.А., Омуралиев М. 345

МОНИТОРИНГ СКОРОСТЕЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН, ЖЕСТКОСТИ СРЕДЫ, СБРОСА НАПРЯЖЕНИЙ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ ЗА ЯНВАРЬ-ФЕВРАЛЬ 2013 ГОДА
Мамбетсадыкова А.А., Омуралиев М. 351

СЕЙСМИЧНОСТЬ ЧИЛИКО-КЕМИНСКОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ ЗА 2013-2018 ГГ
Мураталиева Ж.З., Омуралиева А.М. 358

ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧНОСТИ И СЕЙСМОТЕКТОНИКИ РАЙОНОВ АКТИВНОЙ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (НА ПРИМЕРЕ УКРАИНСКОГО ПРЕДКАРПАТЬЯ)
Олийнык Г.И., Назаревич Л.Е. 364

ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТЕЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН V_P, V_S И ОТНОШЕНИЯ V_P/V_S ОТ ВЗРЫВОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ КУМТОР ЗА 2017 Г. – 2018 Г.
Омурбек кызы К., Омуралиев М. 370

ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В КЫРГЫЗСТАНЕ
Садабаева Н.Дж., Айдаралиев Б.Р., Ордобаев Б.С. 376

ВЛИЯНИЕ РЕКИ ШУ И ТАСОТКЕЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЧУ-НОВОТРОИЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
Тажиев С.Р. 378

ЗАЩИТА АВТОДОРОГ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ОТ СНЕЖНЫХ ЛАВИН ПУТЕМ ЛЕСОНАСАЖДЕНИЯ
Тиллебаева К.Н. 385

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ЧЕХЛАХ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА
Тулемисова Ж.С., Буслов М.М. 392

ИССЛЕДОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
Турсунбаева А.К. 399

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НА ЗОЛОТОРУДНОМ КОМБИНАТЕ «КУМТОР»
Шергазиева Н. 402

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ОТ ВАРИАЦИИ РАССТОЯНИЙ ДО ЛУНЫ И СОЛНЦА (ПО ДАННЫМ КАТАЛОГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТАДЖИКИСТАНА)
Шозиёев Ш.П., Худоназаров М.Г., Сафоназарова З.С., Маликмамадов Н.А. 405

Научное издание

XI МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Сборник материалов
XI Международной конференции молодых ученых и студентов

Том 1

24-26 апреля 2019 года
Научная станция РАН
г. Бишкек, Кыргызская Республика

Формат 60x80 1/8. Печать ризография.
Объем 56,5 п.л. Тираж 100 экз.
Отпечатано в типографии «ДЭМИ»
г. Бишкек, ул. Кулатова, д.1а
Тел.: +996 (312) 59 17 97