

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



ХІІІ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ

### МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ

28 - 30 апреля 2021 г.  
г. Бишкек



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

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

**XIII МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ**

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ  
В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

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

**28-30 апреля 2021 года  
г. Бишкек**

**УДК 001**  
**ББК 30.6**  
**С56**

Ответственный редактор:  
Забинякова О.Б.

Технические редакторы:  
Кирилов А.А., Коломейцев Д.В., Кульков Д.С., Матюков В.Е., Морозова Л.Е., Непейна К.С.,  
Саламатина Ю.М., Чешев М.Е.

Дизайн обложки:  
Борисова О.Г.

**С56 Современные техника и технологии в научных исследованиях: Сб. материалов XIII**  
Междунар. конф. молодых ученых и студентов. – Бишкек: НС РАН, 2021. – 387 с.

**ISBN 978-9967-12-916-0**

В данный сборник включены материалы XIII Международной конференции молодых ученых и студентов «Современные техника и технологии в научных исследованиях», проведенной 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 и Украины, 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 и математики.

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

**УДК 001**  
**ББК 30.6**

**ISBN 978-9967-12-916-0**

©ФГБУН Научная станция РАН в г. Бишкеке

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

© Коллектив авторов, 2021

---

**ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И  
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**

---

## ЛИТОЛОГО-ФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЮРСКИХ ТЕРРИГЕННЫХ РЕЗЕРВУАРОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШЕГЕ

Абзалов А.П., Мершина Е.Е., Шодмонов Ш.Ш., Пирматов С.Ф.

E-mail: [akmal1581@bk.ru](mailto:akmal1581@bk.ru), [spigo@ing.uz](mailto:spigo@ing.uz)

АО «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», г. Ташкент,  
Республика Узбекистан

*Аннотация.* В рамках изучения литолого-физических характеристик юрских резервуаров месторождения Шеге проведен комплексный анализ геолого-геофизической информации по скважинам (литологического описания керна, лабораторных определений фильтрационно-ёмкостных свойств, характеристик типов пород терригенных юрских отложений и результатов испытаний). Выполнен пространственный анализ характера изменения ёмкостных параметров отложений, с учетом их современного структурно-тектонического положения. Полученные подсчетные параметры в комплексе с динамической интерпретацией сейсморазведки, заложены в количественную оценку запасов данного месторождения.

*Ключевые слова:* планшет, ярус, гистограмма, скважина, горизонт, литологический, месторождение, анализ, нефтегазоносность, пористость, пласт, проницаемость, свойства, терригенная, геофизические методы.

В течение последних 10 лет основной объем геолого-разведочных работ на нефть и газ, выполняемых за счет средств бюджета, сконцентрирован в пределах Устюртского нефтегазоносного региона Республики Узбекистан. Несмотря на значительные инвестиции в производство геолого-разведочных работ, доля, приходящаяся на бурение параметрических скважин, крайне мала. В 2011 г. завершилось бурение скв. Шеге-3 глубиной 3456 м. Данные бурения этой скважины дали возможность уточнить ёмкостные характеристики и позволили изучить свойства коллекторов юрского возраста. Несмотря на небольшие объемы поискового бурения на рассматриваемом месторождении, к настоящему времени, накоплен значительный объем скважинной информации, полученной в предыдущие годы [3]. Собраны, систематизированы и проанализированы промыслово-геофизические исследования по 3 скважинам (рис. 1).

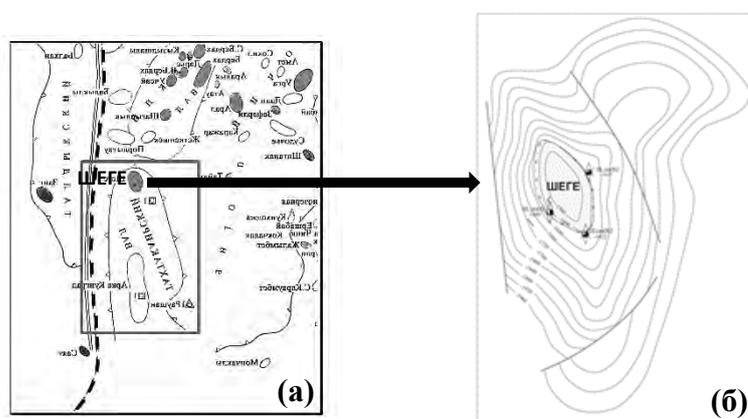


Рисунок 1 – Обзорная (а) и структурная (б) карты района исследования с нанесенными проинтерпретированными скважинами

Промыслово-геофизические исследования скважин являются косвенным методом исследований, позволяющим получить представление о разрезе в интервалах отсутствия керновых исследований и результатов испытаний. Основной задачей интерпретации данных ГИС является определение подсчетных параметров в разрезе скважин: выделение эффективных толщин, расчет пористости, проницаемости, определение характера насыщения изучаемых отложений. В статье представлены результаты комплексной интерпретации ретроспективных данных по материалам промыслово-геофизических исследований, лабораторных исследований керна и результатов испытаний скважин. Построены базовые петрофизические зависимости. Разработаны и реализованы алгоритмы интерпретации данных геофизических исследований скважин (ГИС) — выделены эффективные толщины, рассчитаны коэффициенты пористости, проницаемости и проведена лито типизация разрезов [4,5].

В 1988-1991 гг. в пределах юго-западной части Аральской впадины проведены сейсморазведочные исследования ОГТ (Е.Н. Чекалин и др.). В результате работ детализирована и передана в глубокое бурение Северо-Аральская структура. Выявлена Шагырлыкская складка и северный купол Сургильской складки, а также обозначен антиклинальный перегиб на площади Шеге. Выделены перспективные объекты по методике прямого прогнозирования. Выполнено тектоническое районирование, сейсмостратиграфический и палеоморфологический анализы, по результатам которых сделан прогноз возможных неантиклинальных ловушек.

В 1990-1993 гг. проводились поисковые сейсморазведочные работы ОГТ в пределах южной части Аральской впадины (Е.Н. Чекалин). Работы выполнялись с использованием невзрывных источников ГСК-6М. На основании проделанной работы и широкого анализа уже имеющихся геолого-геофизических материалов, уточнена геологическая модель данного участка (выявлены признаки палеорифта), определившая его строение и историю развития, а также перспективы нефтегазоносности.

Поисково-сейсморазведочные исследования, проведенные в Южной части Аральской впадины в 1998-2002 гг., выполнялись с использованием взрывного метода возбуждения упругих колебаний. Такое возбуждение обеспечило высокое качество сейсмического материала, достаточного для изучения геологического строения центральной части Араломорской впадины в пределах северной и центральной частей Тахтакаирского вала и Судочьего прогиба по отложениям средней и нижней юры.

Поисковые сейсморазведочные работы ОГТ, в пределах северной и центральной частей Тахтакаирского вала и Судочьего прогиба, были продолжены в 2001-2004 гг. Приаральской с/п №3/01-04 (М.С. Реймов и др.). В результате работ получен сейсмический материал высокого качества, позволивший подготовить к глубокому бурению структуру Шеге и выявить ряд перспективных объектов, таких как Судочье и Каражар [2].

В результате проведенных нефтегазопоисковых работ здесь открыто около 25 месторождений нефти и газа. Среди них такие крупные, как Каражанбас (1974 г.), Северо-Бузачинское, Каламкас (1976 г., Казахстан). В результате увеличения объемов геологоразведочных работ в период 2000-2002 гг. в пределах Узбекской части Устюрта открыто пять газоконденсатных месторождений (Восточный Бердах, Учсай, Сургиль, Шагырлык, Северный Арал). При этом, в 2002 г. была подготовлена структура Шеге к поисковому бурению (Г.Б. Ким, А.В. Рыбачков).

Таким образом, по состоянию на 01.01.2012г. на месторождении Шеге было пробурено три поисково-разведочных скважин.

#### **Выделение коллекторов, определение эффективных толщин**

Разрез мезозойских отложений представлен терригенными породами. Коллекторы сложены песчаниками, реже алевролитами, неколлекторы — аргиллитами, глинистыми алевролитами, плотными карбонатизированными породами и углями.

Для выделения проницаемых интервалов по данным ГИС использовались прямые качественные признаки, основанные на проникновении фильтрата бурового раствора в пласт,

и косвенные количественные критерии, учитывающие граничные значения фильтрационно-емкостных свойств и связанные с ними геофизические параметры [6].

К прямым качественным признакам наличия коллектора относятся: уменьшение диаметра скважины вследствие образования глинистых корок; превышение показаний микропотенциал-зонда над показаниями микроградиент-зонда; наличие радиального градиента сопротивления по комплексу разноглубинных зондов сопротивления.

Для определения косвенных количественных критериев по выделению коллекторов использовался статистический метод. По скважинам, с наличием прямых качественных признаков проникновения бурового раствора в пласт, для интервалов коллекторов и неколекторов строились гистограммы распределения коэффициента пористости и относительной амплитуды методом собственной поляризации (ПС). Точка пересечения распределений характеризовала граничное значение, которое в дальнейшем использовалось в качестве косвенного количественного критерия. По имеющимся значениям  $K_p$  пласт являлся пластом-коллектором, если  $K_p > K_p \text{ гр}$  [7].

### Определение коэффициента пористости

Ретроспективные материалы ГИС были представлены общими (масштаб 1:500) и детальными (масштаб 1:200) результатами исследований, проведенными с помощью аналоговой аппаратуры. Качество материалов сильно различался — сказывались скважинные и геологические условия, а также человеческий фактор при оцифровке каротажа. Комплекс исследований был представлен методами КВ, КС, ПС, ГК и НГК. В незначительных объемах или не во всех целевых интервалах прописаны методы МКЗ, АК, ИК, БК (рис.-2)

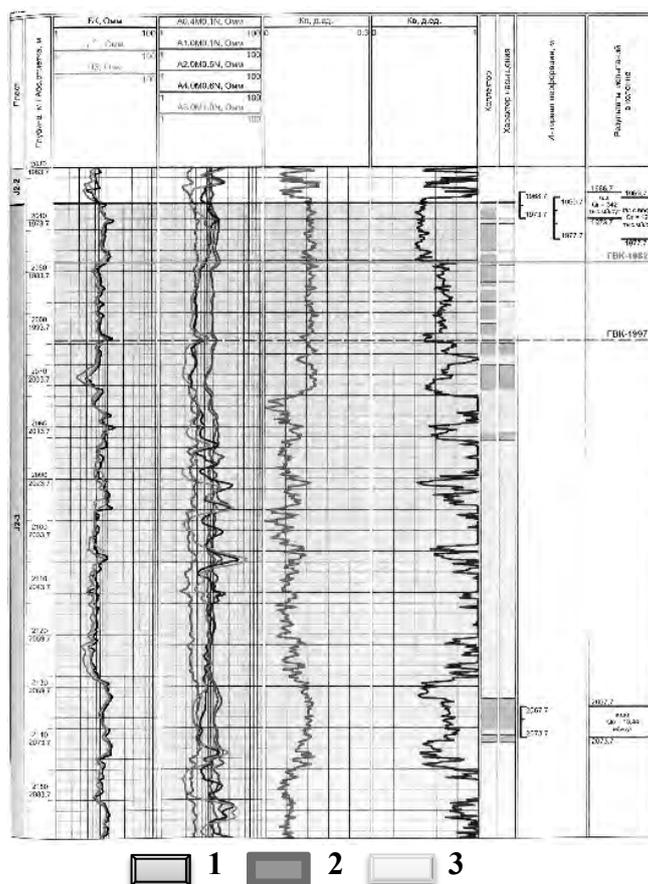


Рисунок 2 – Планшет по скважине №1 Шега: 1-коллектор; 2- водонасыщенный; 3-газонасыщенный

Таким образом, показания методов электротометрии (на глубине -1982 м) свидетельствуют о существенном изменении характера насыщенности. Ниже по разрезу каких-либо контрастных колебаний УЭС не наблюдается.

В условиях неоднородного комплекса ГИС, наличия газонасыщенных пластов и отсутствия метрологического обеспечения записывающей аппаратуры для оценки пористости использовался широко апробированный, в «ПетроАльянс Сервисис Компани Лимитед», метод собственной поляризации (ПС). Основой для применения метода послужили корреляционные зависимости типа керн – ГИС [2].

### Литолого-петрофизическая характеристика отложений

По результатам комплексной интерпретации данных ГИС и лабораторных исследований керна, представлена литолого-петрофизическая характеристика продуктивных горизонтов юрских резервуаров месторождения Шега. На месторождении к исследованиям одного резервуара могут относиться разные по названию пласты из нескольких фациальных горизонтов. Приведем емкостную характеристику резервуаров нефтегазоносных комплексов юры выделяемых в пределах рассматриваемого месторождения.

**Нижне-среднеюрский нефтегазоносный комплекс** - охватывает стратиграфический интервал глубин 2305,0-2577,77 м представляющий среднеюрский разрез скважины, поднято 57,5 м керна и изготовлено 154 образца. Нижнеюрские отложения представлены только 59 образцами терригенных пород. Глубина отбора лежит в диапазоне 3154,43-3450,69 м, из которого поднято 18,0 м керна.

Всего по различию в структуре но-текстурных особенностей изученных пород выделен 94 слой, на комплекс аналитических исследований отобрано 224 образца.

Весь изученный разрез представлен терригенными образованиями, среди которых в результате литолого-петрографических исследований выявлено три лито-типа пород: песчаники, алевролиты и аргиллиты.

**Песчаники** - преимущественно алевроитовые средне-мелкозернистые, редко крупнозернистые с включениями мелкого гравия. Окраска пород серая, светло-серая. Породы слоистые, редко массивные, пятнистые. Пятнистость обусловлена наличием комков черных аргиллитов неравномерно распределенных в основной песчаной массе. Комки овально-вытянутые, местами характеризуются причудливой извилистой формой и четкими очертаниями (фото-1).



Фото-1

**Алевролиты** - характеризуются наименьшим распространением. Общая их мощность в изученном разрезе керна составляет 2,23 м (2,6%). Встречены они в инт. 2317,2-2335,2 м в кровельной части среднеюрских отложений в виде нескольких маломощных прослоев, толщиной от 0,3 до 1,18 м. Часто алевролиты тонко переслоены с песчаниками и аргиллитами. Алевролиты глинистые темно-серые, местами почти черные. Структура пело-алевроитовая, текстура массивная (фото-2).

Породы средней крепости, являются слабопористыми, средней плотностью. Дробятся молотком с небольшим трудом. Нередко отмечаются отпечатки фрагментов углефицированной растительности различной линейно вытянутой формы. Текстура, часто неровно слоистая, волнистая, беспорядочная, комковатая. Слоистость подчеркивается тонкими прослоями черных аргиллитов, переслоенных с мелкозернистым песчаным материалом. Толщина слоев варьирует в пределах 0,5-1,5 см, местами слойки выклиниваются и образуют линзочки.

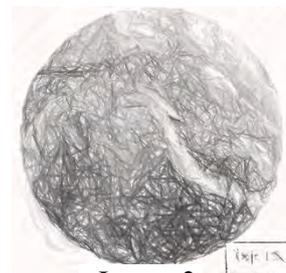


Фото-2

**Аргиллиты** - встречаются на всем протяжении изученного (керном) разреза скважины и представлены прослоями - толщиной от 0,15 до 3,0 м. Суммарная мощность их составляет 17,3 м. Аргиллиты алевритовые с линзами песчано-глинистого алевролита, тёмно-серые, местами черные, слоистые, уплотненные (фото-3). Слоистость линзовидно-прерывистая, отчетливая, реже непрерывно-прерывистая, обусловлена перемежением тонких слоев и линз светло-серого межзернистого песчаника. Мощность линз, в среднем, составляет 5-7 мм. По мощности аргиллиты составляют 20,2%, от общего объема керна. В шлифах глинистая масса раскристаллизована в кремнисто-гидрослюдистый агрегат. Обломочная часть представлена, в основном, кварцем, реже п/ш, слюдами. Обломки сглаженные, иногда оскольчатые, угловатые. Наблюдаются редкие, тонкие, короткие трещины, заполненные темным минеральным веществом. Порода - неравномерно ожелезнена. В довольно большом количестве наблюдается углистое вещество, реже - ОВ перемещенного типа, с характерными формами выделения, встречается унифицированный растительный детрит, часто ожелезненный. Открытая пористость изменяется от 1,55 до 8,8%. Проницаемость - равна 0.



Фото-3

Также часто встречаются прослои представленные тонким переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов, где мощность отдельных слоев не превышает 1-1,5 см, редко достигает 3-4 см, часто - достигает 2- 3 мм. Открытая пористость в слоях, представленных тонким переслаиванием различных типов пород, изменяется от 2,44 до 14,47%. Проницаемость - не более  $0,25 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$ .

Таким образом, выявленные структурно-текстурные признаки изученных терригенных пород, с наличием распространенных по всему изученному разрезу мелкодробленого растительного детрита, отпечатков влаголюбивой флоры и прослоев углей, свидетельствуют о континентальной обстановке осадконакопления в условиях жаркого влажного климата [1].

**Фильтрационно-емкостная характеристика** песчано-алевоитовых пород, на основе которой в последующем будет осуществлен отбор образцов, для проведения испытаний в термобарических условиях, обеспечивает их полную представительность по значениям пористости и проницаемости.

Открытая пористость песчано-алевоитовых юрских пород среднеюрского возраста изменяется (рис. 3 а и б) от 3,78 до 17,35%. Характер распределения коэффициента открытой пористости, (во всем диапазоне близкий к нормальному) - с максимумом на отрезке 10-15%. Средняя величина коэффициента открытой пористости, для пород среднеюрского возраста, составляет 11,02%. Для коллекторов J<sub>2</sub> средняя пористость составляет -13,67%.

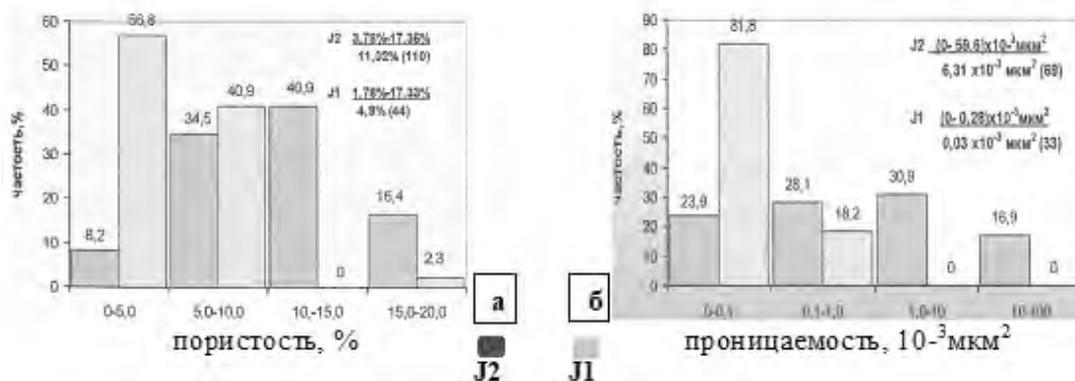


Рисунок 3 – Гистограммы распределения коэффициента открытой пористости (а) и коэффициента абсолютной газопроницаемости (б) песчано-алевоитовых пород J<sub>1</sub> и J<sub>2</sub> возраста

Проницаемость по газу песчано-алевоитовых пород среднеюрского возраста изменяется от 0 до  $59,6 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$  (рис. 3 б).

Характер распределения гистограммы данного коллекторского параметра, близка к нормальному с максимумом в диапазоне  $(1,0-10,0) \times 10^{-3} \text{мкм}^2$ . Из 69 образцов, 17 оказались непроницаемыми. Средняя величина коэффициента абсолютной проницаемости равна  $6,31 \times 10^{-3} \text{мкм}^2$ . Среднее значение  $K_{пр}$ , для песчано-алевритовых пород  $J_2$  возраста, равно  $8,38 \times 10^{-3} \text{мкм}^2$ . Эффективные толщины - варьируют от 7,6 м до 28 м. Ввиду отсутствия возможности точно выделить пласты по каротажу, песчанность для комплекса не рассчитывается.

Результаты изучения фильтрационно-емкостных свойств песчано-алевритовых пород изучаемой скважины позволяют сделать вывод, о существенной их неоднородности по коэффициентам пористости, газопроницаемости и водонасыщенности. Имеющаяся информация о литолого-петрографических и фильтрационно-емкостных характеристиках исследованных пород II и  $J_2$  возрастов позволяет заключить, что породы этих возрастов по классификации А. А. Ханина (табл.1) относятся:

Среднеюрские отложения - по пористости к **III классу**; по проницаемости к **V классу**;  
 Нижнеюрские отложения - по пористости к **V классу**; по проницаемости к **VI классу**.

Таблица 1 – **Классификация пород по проницаемости и пористости (по А.А. Ханину)**

<i>Классификация пород по проницаемости</i>		<i>Классификация пород по пористости</i>	
<b>I класс</b>	$>1000 \cdot 10^3 \text{мкм}^2$ - очень высокая	<b>I класс</b>	$>20\%$ - высокая
<b>II класс</b>	$500-1000 \cdot 10^3 \text{мкм}^2$ - высокая	<b>II класс</b>	15-20% - повышенная
<b>III класс</b>	$100-500 \cdot 10^3 \text{мкм}^2$ — средняя	<b>III класс</b>	10-15% - средняя
<b>IV класс</b>	$10-100 \cdot 10^3 \text{мкм}^2$ - пониженная	<b>IV класс</b>	5-10% - пониженная
<b>V класс</b>	$1-10 \cdot 10^3 \text{мкм}^2$ - низкая	<b>V класс</b>	$<5\%$ - низкая
<b>VI класс</b>	$<1 \cdot 10^3 \text{мкм}^2$ - весьма низкая		

При проектировании методов разработки месторождения рассматриваются варианты возможности использования горизонтальных скважин, для обоснования чего необходима информация об анизотропии фильтрационных свойств продуктивных пластов.

Анизотропия проницаемости изучена на 33 образцах, из которых пять - представляют нижнеюрские отложения, а остальные 28 образца - среднеюрского возраста. Необходимо отметить, что при прохождении скважиной среднеюрского разреза угол наклона ствола в среднем составлял  $33^\circ$ , что не позволяет нам считать проницаемость среднеюрских образцов (изготовленных перпендикулярно оси зерна) перпендикулярной напластованию.

Результаты определения анизотропии газопроницаемости терригенных пород приведены на рис 4. У всех 5 образцов проницаемость II вдоль напластования и поперек пласта равны нулю. При расчетах анизотропии,  $k^{\wedge}$  - непроницаемых образцов, принимался равным  $0,1 \times 10^3 \text{мкм}^2$ . Коэффициент анизотропии (отношение  $K_{прм}$  параллельно напластованию к перпендикулярно напластованию) изменяется от 0,1 до 0,9. У образцов, представляющих отложения у десяти образцов  $K_{пр}$  - перпендикулярно оси зерна больше, чем  $k^{\wedge}$  - вдоль оси зерна. Коэффициент анизотропии колеблется - от 0,1 до 0,9. Остальные образцы имеют коэффициент анизотропии  $k^{\wedge}$ , в пределах - от 0,1 до 0,85,4. На основании полученных результатов, по определению анизотропии газопроницаемости образцов, можно заключить, что проводка горизонтальной скважины с целью увеличения добычных возможностей пласта, может дать положительный эффект [7].

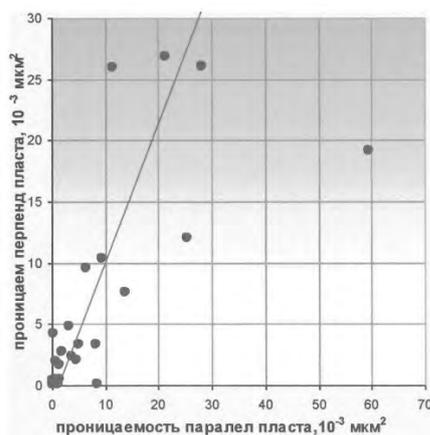


Рисунок 4 – Сопоставление значений газопроницаемости образцов терригенных пород, измеренных параллельно и перпендикулярно оси **керна**

### Заключение

Анализ фактического материала показал, что разрез юрских продуктивных горизонтов месторождения Шега представлен терригенными образованиями, среди которых, в результате литолого-петрографических исследований, выявлено три лито-типа пород - в нижней и верхней частях разреза, которые отличаются друг от друга: наличие песчаников, алевролитов и аргиллитов.

Коллекторы месторождения Шега связаны с песчаниками (средне- и крупно-зернистыми). Корреляционный анализ значений кажущегося УЭС (БК), гамма-активности (ГК) и водородосодержания (нейтронный каротаж по тепловым нейтронам (НКТ)) пород с содержанием основных литологических компонентов показал прямую зависимость показателей БК от содержания ОВ ( $K = 0,6$ ) и обратную от ИК ( $K = 0,72$ ) и НКТ ( $K = 0,65$ ). Для выделения кровли батского яруса предпочтение следует отдавать каротажу ГК (более 25 мкР/ч), подошвы — БК (резкое снижение значений до 5 Ом • м).

В пределах месторождения Шега все перспективы связаны со средним и нижним юрским комплексом (начиная с Плинсбахского до Батского ярусов), с точки зрения тектоники верхнеюрский разрез является слабо продуктивным.

### Литература

1. Недоливко Н.М., Ли Ц. Литолого-петрографические особенности отложений баженовской свиты на Западно-Квензерской площади (юго-восток Нюрольской впадины, Томская область) // Научный альманах. 2015. Т. 8. № 10. С. 1212-1220. DOI: 10.17117/na.2015.08.963.
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. М.: ОАО «ВНИИОЭНГ». 2015. Вып. 3. С. 42-46.
3. Юлдашева М.Г. Результаты анализа геолого-геофизических данных Юго-Восточного склона Центрально-Устюртской системы дислокаций с целью выявления новых нефтегазоперспективных объектов // Геология и минеральные ресурсы. Ташкент. 2019. Вып. 5. С. 64-66.
4. Байбародских Н.И., Бро Е.Г., Гудков С.А. и др. Расчленение юрских и меловых отложений в разрезах скважин, пробуренных в Усть-Енисейской синеклизе в 1962-1967 гг. // Ученые записки НИИГА. Региональная геология. 1968. Вып. 12. С. 5-24.
5. Бро Е.Г. Коллектора и покрывки в юрско-меловом разрезе // Геология и нефтегазоносность Енисей-Хатангского прогиба. Тр. НИИГА. Л.: НИИГА, 1971. С. 40-53.
6. Афанасенков А.П., Сурова Н.Д., Левчук Л.В. и др. Емкостная характеристика коллекторов юрско-меловых отложений Гыданской и западной части Енисей-Хатангской НГО // Геология нефти и газа. 2017. № 4. С. 45-54.
7. Электронный ресурс: <http://www.geoinform.ru>

## **ВЫДЕЛЕНИЕ НЕСТРУКТУРНЫХ ЛОВУШЕК ТИПА «ПАЛЕОРУСЕЛ» В ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВЕРХНЕЮРСКОГО ВОЗРАСТА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ УСТЮРТСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО РЕГИОНА**

Алданазаров А.<sup>1</sup>, Юлдашева М.Г.<sup>2</sup>, Кароматов Р.Р.<sup>1</sup>

*yuldasheva@ing.uz*

<sup>1</sup>АО «Узбекнефтегаз», г. Ташкент, Республика Узбекистан

<sup>2</sup>АО «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», г. Ташкент,  
Республика Узбекистан

*Аннотация. Использование инновационных программ обработки и интерпретации данных сейсморазведки материалов МОГТ-3Д позволяют спрогнозировать неантиклинальные ловушки типа палеорусел в сложностроенных песчаных верхнеюрских отложениях для обоснования постановки глубокого бурения с целью поиска залежей углеводородов.*

*Ключевые слова: сейморазведка, неструктурные залежи, юра, песчаники, поиск, скважина, нефть, газ*

В процессе проведения поисково-разведочных работ на месторождениях Устюртского региона было выявлено сложное строение продуктивной терригенной толщи юрских отложений, которые накапливались в условиях развития широкой сети речных долин, междуречных пространств и озер. Вскрытые разрезы юрских отложений, в том числе и верхнего отдела, представлены неравномерным переслаиванием разномеристых песчаников, алевролитов и аргиллитов, мощности которых варьируют в различных пределах (от 500-600 до 1000 и выше м), нередко заполняя расчлененный рельеф подстилающих образований палеозойского промежуточного этажа [1]. Сопоставление разрезов юрских отложений показало, что песчаные продуктивные толщи зачастую не прослеживаются, имеют тенденцию к выклиниванию, замещению на более глинистые разности даже в пределах одной площади. Комплексный анализ геолого-геофизических материалов выявил, что наряду с типичными антиклинальными формами ловушек встречаются и неструктурные объекты в виде древних палеорусел, изучение пространственного положения и построение трехмерной модели явилось основной целью данных исследований.

Для изучения выбрана северо-восточная часть Судочьего прогиба, примыкающая к Арало-Кызылкумскому разлому, которая характеризуется полным разрезом юрских и палеозойских отложений, кроме того здесь были получены прямые признаки нефтеносности юрских отложений. На площади Восточный Муйнак из нижнеюрских песчаников был получен непромышленный приток легкой, низкосернистой, бензиновой нефти [2], при этом следует отметить, что продукт получен только из одной скважины, две другие скважины оказались водонасыщенными. На площади Сауле и в параметрической скважине Муйнак в процессе испытания были получены пленки нефти из юрских песчаных горизонтов. В связи с тем, что в центральной и западной частях Судочьего прогиба верхнеюрские отложения являются продуктивными

Для построения геологической модели территории был создан трехмерный массив данных с набором стандартной геолого-геофизической информации, как ГИС и данные глубокого бурения скважин Намунали-1, Восточный Муйнак-1,2,3, параметрической Муйнак-1 п, с учетом которых была выполнена интерпретация сейсмического материала. В результате геологическая модель данной территории по отражающим горизонтам, приуроченным к кровле верхне- и среднеюрских отложений представляет собой пологонаклоненный склон Арало-Кызылкумской тектонической зоны, унаследованного развития, о чем свидетельствуют

выдержанная мощность верхнеюрских отложений от 500 до 600 м (рис.1). В центральной части отмечается небольшое осложнение в виде структурного носа, в сводовой части которого пробурены три поисковые скважины Восточный Муйнак.

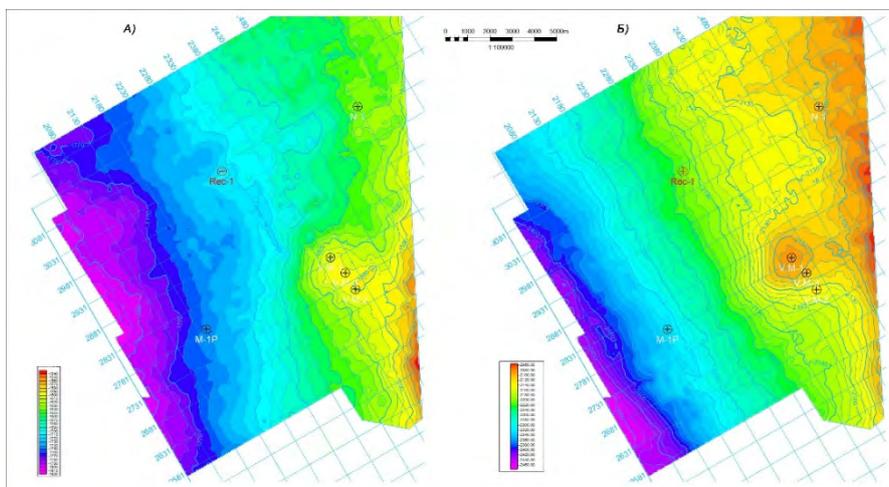


Рисунок 1 – Структурные карты по кровле отражающего горизонта  $T_{III}$ , приуроченного к кровле верхнеюрских отложений (А) и  $T_{IV}$ , приуроченного к кровле среднеюрских отложений (Б)

Результаты сейсмических исследований подтверждают наличие аналогичного структурного плана и по нижезалегающим отложениям, и, вероятно, в западной части сформирован возможный очаг генерации углеводородов. С применением атрибутного анализа были выделены участки увеличенных амплитуд сейсмических отражений предположительно идентифицируемые с зонами развития древних палеорусел, где были происходила аккумуляция протяженных песчаных тел с улучшенными коллекторскими свойствами [3]. Такие аномалии были выделены в толщах аналогов продуктивных пластов в кровельной и средней части верхнеюрских отложений ( $J_{3-1}$ ,  $J_{3-2}$ ,  $J_{3-3}$ ), которые приурочены к различным гипсометрическим уровням и представляют собой сеть меандрирующих постоянных и временных потоков либо русел палеорек (рис. 2).

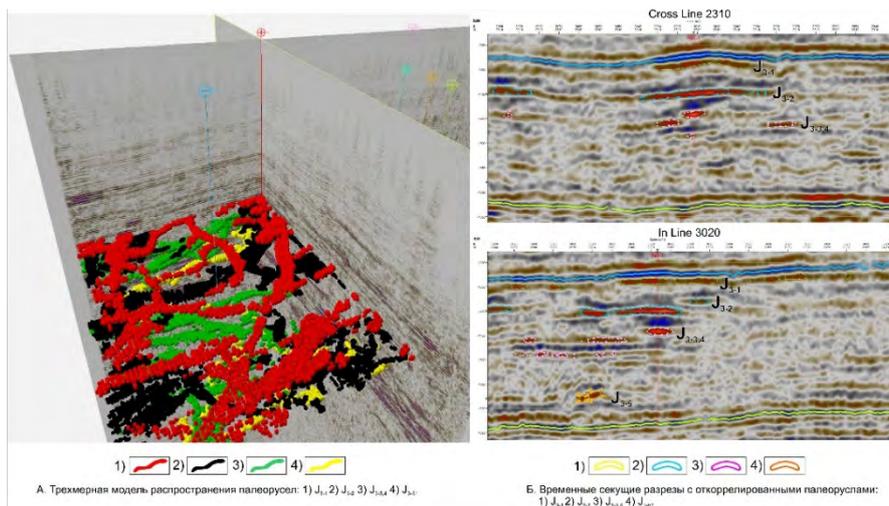


Рисунок 2 – Трехмерная модель выделенных палеорусел в сейсмическом кубе и на временных разрезах

Для выделения границ и распространения палеорусел в верхнеюрских отложениях, установления их корреляционных связей с коллекторскими свойствами пород по скважинным данным и последующей интерполяции на всю площадь исследований был применен атрибут мгновенной амплитуды на различных временных срезах, условно приуроченных к аналогам

продуктивных горизонтов (рис. 3). Таким образом, в процессе сейсмогеологической интерпретации интервалов, сопоставимых с терригенными комплексами, наблюдаются извилистые объекты, проявляющиеся в волновом поле через особенности амплитудных характеристик или изменения в форме трассы. Эти образования обычно идентифицируются как меандрирующие русла и традиционно ассоциируются с потенциальными литологическими ловушками для залежей углеводородов [4].

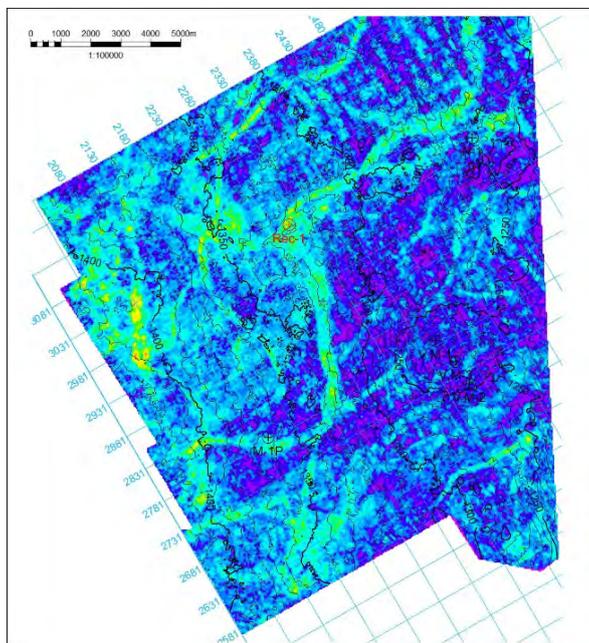


Рисунок 3 – Карта изохрон отражающего горизонта  $T_{III}$ , приуроченного к кровле верхнеюрских отложений с применением атрибута мгновенная амплитуда

Как видно, наибольшее количество песчаных тел, выделяемых как протяженные тела, либо палеорусла, наблюдаются на временном срезе, приуроченном к горизонту  $J_3^1$ , основная локализация которых отмечена в западной части территории, вниз по разрезу их количество уменьшается (рис. 4).

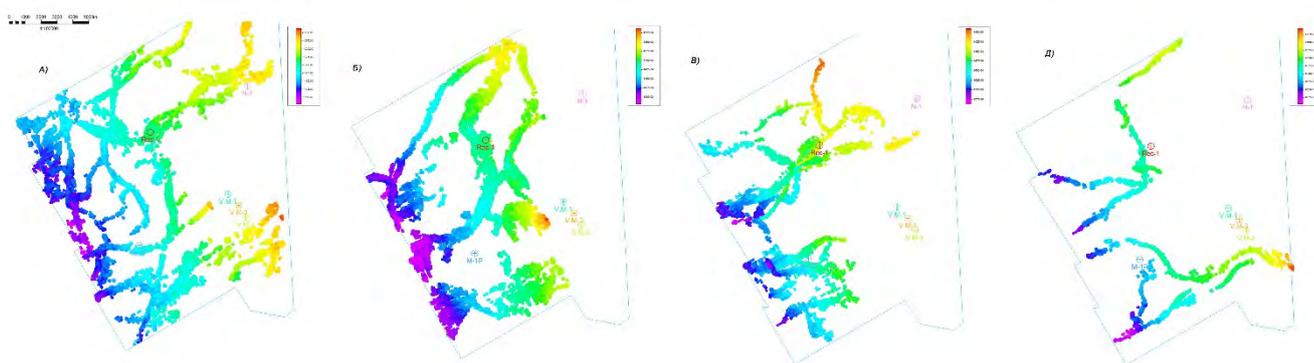


Рисунок 4 – Выделение палеорусел во временных интервалах залегания пластов  $J_3^1$  (А),  $J_3^2$  (Б),  $J_3^{3-4}$  (В),  $J_3^5$  (Г)

Для обоснования достоверности границ песчаных тел, которые имеют причудливые границы, был применен метод Multi-Z интерпретация [5], который предназначен для выделения локальных геологических объектов и тел, которые в дальнейшем конвертировались как точки интерпретации (points). В результате, этот алгоритм позволил отстроить палеорусла достаточно сложной конфигурации и определить их пространственное расположение (рис. 8).

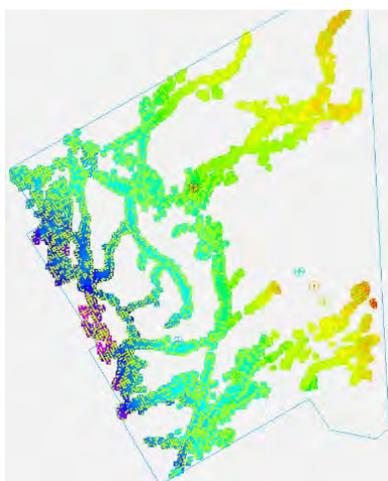


Рисунок 5 – Сводная схема расположения выделенных палеорусел в верхнеюрских отложениях

Таким образом было выявлено, что ни одна из пробуренных скважин не попадает в зону распространения песчаных тел, идентифицируемых как палеоруслы, за исключением параметрической скважины Муйнак-1Р, которая находится на краевой части выделенного песчаного объекта, приуроченного к горизонту  $J_3^1$  (рис. 8.), при испытании верхнеюрских отложений получен приток пластовой воды при переливе скважины дебитом  $13 \text{ м}^3/\text{сут}$  с растворенным газом, в котором содержание метана составило от 8 до 13 % и остальных гомологов углеводородов до 4 % (рис. 9). Горизонт представлен песчаным пластом, вскрытым на глубине 1826 м (минус 1772 м) мощностью 16 м с пористостью 11,5-13,9%.

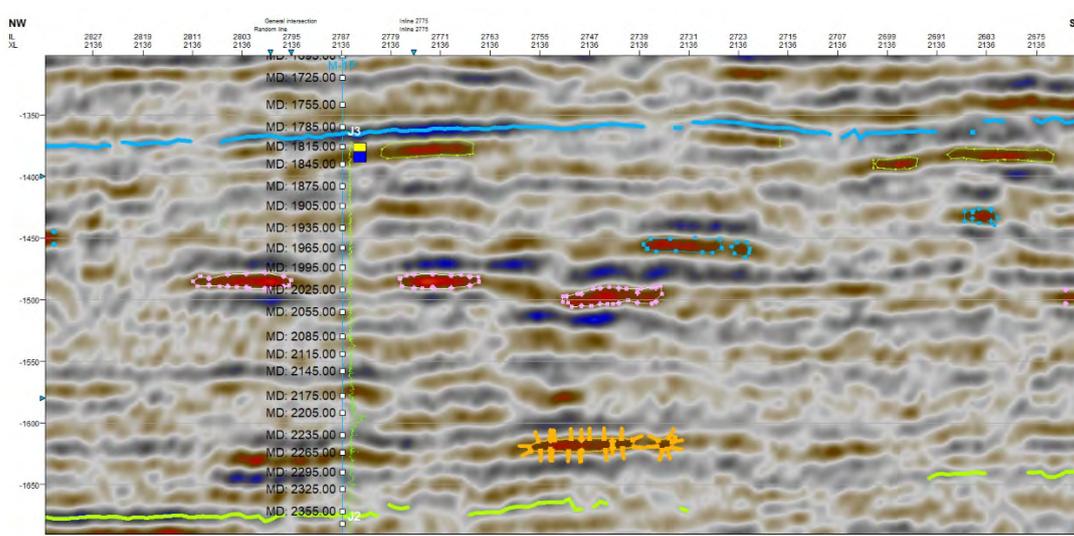


Рисунок 6 – Фрагмент временного разреза с результатами испытания пласта в кровельной части верхнеюрских отложений

Выполнив совмещение выделенных песчаных тел, выделенных по разным временным срезам, приуроченным к продуктивным горизонтам, в верхнеюрских отложениях был определен участок, где можно заложением поисковой скважины подтвердить наличие и оценить нефтегазоперспективность оконтуренных литологических ловушек. Практика геологоразведочных работ показывает, что выделение извилистых объектов, интерпретируемых как меандрирующие русла, не означает наличие потенциальной ловушки с заполнением газом либо нефтью. Для этого необходимо проводить палеогеографические исследования по изучению развития, типа и размера резервуара, а также возможностью его заполнения углеводородами.

### Литература

1. Бабаджанов Т.Л. Глубинное геологическое строение Восточного Устюрта. Ташкент: Фан. 1974. 153 с.
2. Юлдашева М.Г., Кароматов Р.Р. Геологическое прогнозирование нефтеносности юрских отложений Устюртского региона Узбекистана // Материалы IX Междунар. науч. конф. Молодых ученых «Молодые - Наукам о Земле», г. Москва, 23 октября 2020 г. Т. 5. М.: МГРИ. 2020. С. 65-68.
3. Корочкина Н.С. Выделение литологических ловушек в аллювиальных отложениях на примере Верхнесалымского месторождения // Геофизика. 2017. № 4. С. 33–40.
4. Ольнева Т.В., Жуковская Е.А., Муртазин Д.Г. Влияние типа меандрирования палеорусел на потенциальный объем литологической ловушки и эффективность геологоразведочных работ // Геофизика. 2018. № 4. С. 75-81.
5. Варнер С. Улучшение изображения подсолевых горизонтов. Коррекция модели // Разведка и добыча. 2014. № 5. С. 12-14.

## ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕРДАХСКОГО ВАЛА (НА ПРИМЕРЕ ПЛОЩАДИ СЕВЕРНЫЙ УРГА)

Аманходжаева К.С., Абзалов А.П., Омонбоев З.О., Дангалов А.А.  
 akmal1581@bk.ru, spigo@ing.uz

АО «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», г. Ташкент,  
 Республика Узбекистан

*Аннотация.* В рамках изучения палеозойских отложений площади Северный Урга проведен комплексный анализ геолого-геофизической информации по скважинам (литологического описания керна, лабораторных определений фильтрационно-ёмкостных свойств, характеристик типов пород палеозойских отложений и результатов испытаний). Выполнен пространственный анализ характера изменения ёмкостных параметров отложений, с учетом их современного структурно-тектонического положения.

*Ключевые слова:* анализ, нефтегазоносность, пористость, пласт, проницаемость, планшет, геофизические методы, ярус, гистограмма, скважина, горизонт, литологический, месторождение, свойства, терригенная.

**Введение.** Устюртскому нефтегазоносному региону посвящено большое число работ, однако расположенный в его пределах Бердахский вал остался слабоизученной территорией.

Неоднозначное датирование стратиграфических комплексов и неравномерная степень геолого-геофизической изученности данной территории, являются причинами дискуссий о геодинамических обстановках формирования осадочного чехла и хронологии событий.

Новые данные, геолого-геофизические, литолого-физические и буровые материалы дают основание для пересмотра геологического строения и истории развития [1].

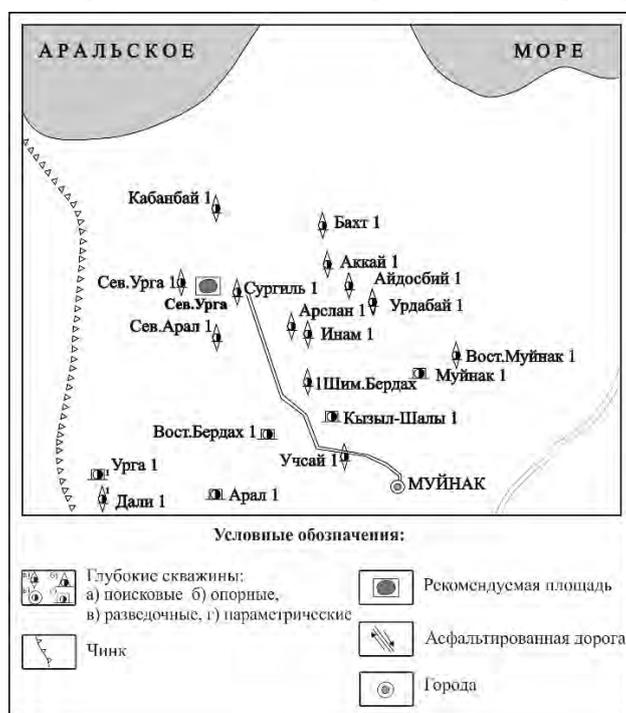


Рисунок 1 – Обзорная карта района работ

В административном отношении структура Северный Урга расположена на территории Муйнакского района Республики Каракалпакстан, в тектоническом плане- Устюртская синеклиза, Аральская впадина (рис.1.).



Рисунок 2 – Тектоническая карта района работ

Площадь Северный Урга выделяется на северо-восточном борту Судочьего прогиба, который совместно с Тахтакаирским валом формирует меридионально вытянутую систему блоков древнего заложения и длительного полициклического развития (рис.2.).

**Результаты исследования.** В пределах Судочьего прогиба пробурена серия поисково-разведочных, параметрических (Муйнак, Бердах) и опорных (Кунград) скважин. В последние годы опробованы структуры, на большинстве которых открыты десять месторождений: Бердах, Вост. Бердах, Сев. Бердах, Сургиль, Инам, Учсай, Урга, Дали, Арал. Газонефтепроявления из юрских отложений выявлены на площадях Зафарли, Дали. На площадях Урга, Дали, Арал пробурены по одной поисковой скважине, которыми вскрыты песчано-алевритовые коллектора, в разрезах верхне-, средне- и нижнеюрских отложений. Как показали опробование и испытание их через эксплуатационную колонну, они оказались водоносными.

Площадь Сев. Урга расположена в Бердахском вале Северо-Устюртской впадины, в пределах которого в настоящее время идут интенсивные поисково-разведочные работы, в результате которых открыт ряд газоконденсатных месторождений, где залежи газа сконцентрированы в объеме верхнеюрских отложений, Бердах, Вост.Бердах, Северный Бердах, Сургиль, Сев. Арал, где залежи газа выявлены в средне- и верхнеюрских отложениях. Кроме того, в процессе бурения и испытания скважин на многих площадях (Сев.Урга, Сев. Арал, Сургил, Сурсуар и др.) отмечены многочисленные газопроявления как промышленного, так и непромышленного значения, в палеозойских и нижнеюрских отложениях [1].

Структура Сев. Урга выявлена в 1997 году сейсморазведкой ОГТ и подготовлена в 1998 году по нижне-, среднеюрским отложениям. Структура Сев. Урга представляет собой антиклинальную складку субмеридионального простирания, ограниченную тектоническими нарушениями субширотного и субмеридионального простирания с размерами по замкнутой изогипсе минус 3100 м, 7,5x4,0 км, амплитуда – 120 м, площадь - 26 кв. км. Продуктивными горизонтами предполагаются песчаники средней и нижней юры в интервале глубин 2900-3500 м.

Однако к северу от разлома имеет место развитие карбонатное тело, на северном склоне которого пробурена скважина №1 Северный Урга. В разрезе скважины под терригенной толщей, сложенной аргиллитами с прослоями песчаников, алевролитов и доломитов (по Лабутиной Л.И.) верхнекаменноугольно-нижнепермского возраста, вскрыты сильно перекристаллизованные доломитизированные глинистые известняки с органическим дебитом

и водорослями (М.Х. Искандаров, Г.Б. Евсеева) ниже-среднекарбонového возраста (C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>) (см.рис.3).

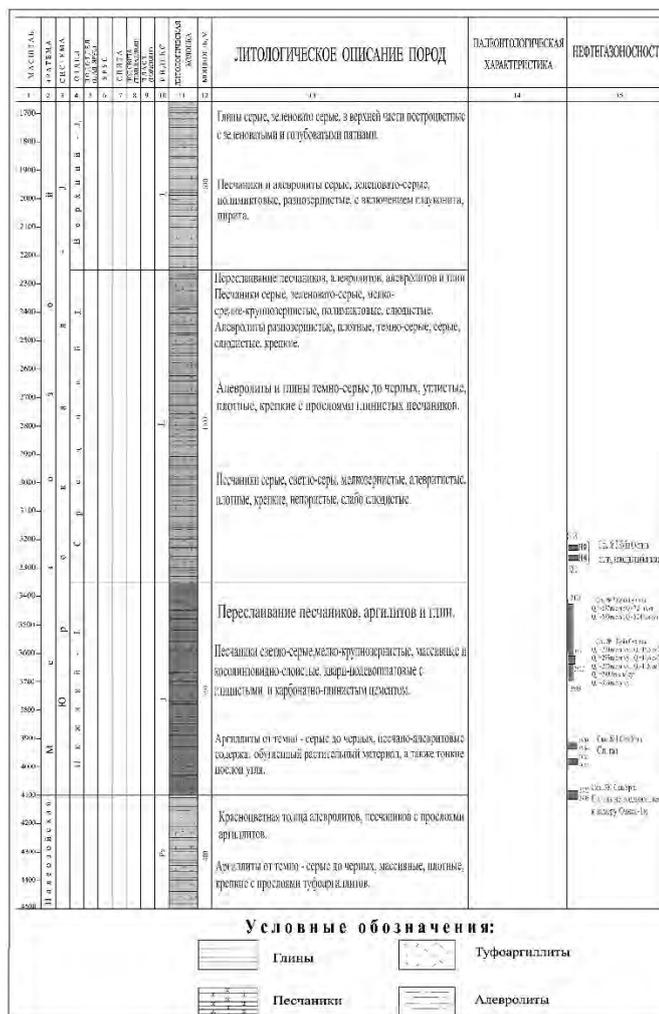


Рисунок 3 – Площадь Северный Урга. Литолого-стратиграфический разрез

Поисковой скважины на площади Сев. Урга было пробурено в соответствии с разработанным геологическим проектом. Согласно проекту на площади Сев. Урга из продуктивных горизонтов отбирался керн по современным технологиям. Общий объем бурения с отбором керна составил 93 пог.м, вынос керна – 81,8 пог.м, или 87,9%.

Отложения палеозойских пластов представлены частным переслаиванием кварцевых, полевошпатово-кварцевых песчанков, гравелитов и аргиллитов. Значительную долю в них составляют полевошпатово-кварцевые разнозернистые песчанки. Аргиллиты, в основном, представлены тонкими прослоями, их доля возрастает к кровле нижнеюрского горизонта. К подошве увеличивается содержание прослоев гравелитов. Общая толщина палеозойского горизонта составляет от 105 до 140м [2].

Непроницаемые интервалы нижней части продуктивного горизонта сложены аргиллитами с прослоями песчанков и алевролитов, реже – плотными карбонизированными полевошпатово-кварцевыми песчанками и алевролитами. Характерной особенностью отложений верхней части горизонта является пониженная и невысокая естественная гамма-активность пород. Проницаемые породы верхней части продуктивного горизонта представлены преимущественно разнозернистыми песчанками. В разрезе продуктивного горизонта, по данным ГИС и керна выделено 10 продуктивных пластов со средневзвешенной пористостью – 12% и газовой насыщенностью – 66%. При испытании объектов получены промышленные и непромышленные притоки газа.

В пределах данной площади палеозойские продуктивные пласты сложены практически переслаиванием карбонизированными песчаниками, алевролитами и глин. Аналогичное строение пластов установлено других пробуренных скважинах.

Карбонизация отдельных пластов и прослоев отмечается преимущественно средне- и мелко – среднезернистыми песчаниками и алевролитами, имеющими преимущественно кварцами, в основном, глинистыми породами с прослоями алевролитов и песчаников. Глинизация значительная (от 2-6%), открытая пористость пород-коллекторов изменяется в пределах 8-22%, редко достигая 24%. Абсолютная проницаемость этих пород варьирует от 1,3 до 27 мД (в отдельных образцах – 28 мД), максимальная суммарная вскрытый толщина палеозойских отложений на площади Северный Урга составляет 146 м.

При проходке скважины №1 Сев.Урга в интервале залегания верхнепалеозойских отложений отмечались аномально высокие газопоказания, при забое 4479 м произошло разгазирование бурового раствора и выброс газа с конденсатом с ориентировочным дебитом до 1 млн.м<sup>3</sup>/сут.

Газопроявление было ликвидировано утяжелением бурового раствора с 1,43 г/см<sup>3</sup> до 1,79 г/см<sup>3</sup>. В дальнейшем продолжение проходки по техническим причинам оказалось невозможным. Скважина была обсажена эксплуатационной колонной (глубина спуска 4481 м) и передана в испытание.

В скважине испытан 4 объекта: один в открытом стволе, три в обсаженном стволе (таб.3.3.1.). Получение газа из палеозойских отложений в скв.№1 Сев. Урга позволяет рассматривать эти отложения в районе как газ перспективные. Поэтому в проектируемых скважинах предполагается вскрытие палеозойских отложений.

После обсадки скважин эксплуатационной колонной, проектируется произвести испытание для получения полной информации о перспективах нефтегазоносности объектов. В скважине проектируется испытание через эксплуатационную колонну 12 объектов (табл.4.7.3.1). Интервалы испытания и количество объектов будут уточняться в зависимости от информации, вкпе с данными «Geo Office Solver» и «INGEF-W», полученной в процессе бурения и обработки материалов ГИС.

В результате испытания в открытом стволе (4481-4460 м) получен газ дебитом 100 тыс.м<sup>3</sup>/сут на штуцере диаметром 20 мм, который через 12 часов перешел в слабый газ, не подающийся замеру.

При испытании 2- объекта (4388-4406 м) первоначально приток не был получен, при обратной промывке наблюдалось катастрофическое поглощение, после восстановления циркуляции, после повторной аэризации получен слабый приток газа. В остальных объектах приток из пласта не был получен, за исключением 6 объекта (4156- 4150, 4128-4119 м), где была получена пластовая вода удельным весом 1,08 г/см<sup>3</sup>. Таким образом комплекс критериев, ответственный за формирование промышленных скоплений углеводородов на этой территории, такие как благоприятная фациально-палеогеографическая обстановка осадконакопления, обеспечившая оптимальное соотношение коллекторов и флюидоупоров в юрском разрезе, сочетание зон генерации и аккумуляции углеводородов, гидродинамическая изолированность юрского водонапорного комплекса, достаточно высокие фильтрационно-ёмкостные свойства пластов- коллекторов, доказанная промышленная продуктивность юрских отложений, позволили при проектировании прогнозировать газоносность в нижне-, среднеюрских отложениях на площади Северный Урга.

О консервации поисковой скважины № 2 площади Северная Урга. Комплексные геофизические исследования скважины (ГИС) выполнены в интервале 4200-4500 м.

По заключению машинной обработки ГИС (Geo Office Solver) коллектора в интервалах 2752-2753м, 2777-2778м, 2899-2902м, 2903-2904м, 4150-4156м, 4159-4163м, 4172-4175м, 4177-4179м, 4181-4182м, характеризуются как «газонасыщенный»,  $K_{п}=0,06-0,13\%$ ,  $K_{нт}=60-62\%$ , остальные интервалы оцениваются «неопределенно, насыщенно газом» или «низкопористые».

По заключению комплексной интерпретации ГИС по АСО INGEF – W интервалы 2898-2910м, 2912-2935м, характеризуются как «продукт»  $K_p=0,16-0,18\%$ ,  $K_{нт}=55-56\%$ ; коллектора в интервалах 2997-3021м, 3329-3340м, 3342-3369м, 3370-3382м, 3385-3398м, 3413-3452м, 3453-3461м, 3462-3470м, характеризуются как «вода+продукт»  $K_p=0,11-0,13\%$ ,  $K_{нт}=46-49\%$ ; остальные интервалы оцениваются как «водонасыщенные» [3].

По результатам комплексного аналитического исследования шлама с интервала 4208-4500 м, породы по литолого-петрографическим особенностям интервал сложен неравномерным переслаиванием песчаников серых мелкозернистых, в нижней части переходящие в средне-мелкозернистые, низкоплотных, слабо крепких, пористых, слабо сцементированных с аргиллитами темно-серыми, почти черными плотными, крепкими, непористыми, тонкослоистыми, алевроитовыми, местами серыми с зеленоватым оттенком, редко с темно-бурыми. Также встречаются бледно-розовые и красные глины.

**Выводы.** Выделенные продуктивные коллекторы нижнего, среднего и верхнего части отложений испытывались в обсаженных эксплуатационными колоннами. Всего испытано 13 объектов. В большинстве испытанных объектов получены притоки газа.

Это позволило изучить закономерности иерархической организации изменения физических свойств разреза по данным ГИС и керна и на основе анализа этих геолого-геофизических данных сделать следующие выводы и заключения:

1. В результате исследований установлено, что литолого-физические и фильтрационно-ёмкостные свойства палеозойских пород коллекторов на площади северный Урга, существенным образом зависят от минерального состава и количества глинистого материала.

2. Глинистые минералы в составе коллекторов юрского продуктивного горизонта образовались седиментационным и гипергенным путем, в их преобладают каолинит, хлорит и гидрослюда.

3. Технология, по которой производится структурный анализ данных позволяет повысить достоверность построения геолого-геофизической модели площади [4,5].

4. Полученные результаты могут быть использованы для уточнения геологической и фильтрационно-ёмкостной моделей площади.

## Литература

1. Юлдашева М.Г., Результаты анализа геолого-геофизических данных Юго-Восточного склона Центрально-Устюртской системы дислокаций с целью выявления новых нефтегазоперспективных объектов // Геология и минеральные ресурсы. Ташкент. 2019. Вып. 5. С. 64-66.
2. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана: В 3 т. / Даукеев С.Ж., Воцалевский Э.С, Шлыгин Д.А. и др. Т. 3. Нефть и газ. Алматы: Национальная АН Республики Казахстан. 2002. 248 с.
3. Пономарева Е.А. Комплексный анализ ГИС и керна терригенных коллекторов верхнеюрских отложений восточной части ХМАО-ЮГРЫ // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. М.: ОАО «ВНИИОЭНГ». 2015. Вып. 3. С. 42-46.
4. Жолтаев Г.Ж., Сапарбекова Б.М., Касымова Н.К., Битеутова С.А. Геодинамические условия формирования месторождений нефти и газа в надсолевом комплексе на юге Прикаспийской синеклизы // Проблемы и перспективы развития геологического кластера: Тр. Междунар. науч.–практ. конф. Т. 1. Алматы: КазНТУ. 2014. С. 45-48.
5. Электронный ресурс: <http://www.geoinform.ru>

## МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА

Амиров Н.Б.

*nurkhanat@mail.ru*

Институт сейсмологии МОН РК, г. Алматы, Республика Казахстан

*Аннотация. В работе представлен краткий экскурс методики получения, выборки и визуализации данных значений теплового потока из недр Земли. С сайта глобальной базы данных значений теплового потока скачаны необходимые параметры, которые затем отобраны в соответствии с указанной территорией, отфильтрованы от пустых значений и визуализированы в виде контурных изолиний с заливкой. Данная работа является краткой информацией, которая может быть использована как один из вариантов получения значений теплового потока Земли и применения инструментов компьютерных программных средств для визуализации данных значений при использовании их в дальнейшей обработке, сравнении и анализе в последующих исследованиях.*

*Ключевые слова: тепловой поток, пространственное распределение, построение карт*

**Введение.** Считается, что основными внутренними источниками тепла Земли являются: распад долгоживущих радиоактивных изотопов (уран-235 и уран-238, торий-232, калий-40) [1], гравитационная дифференциация вещества, приливное трение, метаморфизм, фазовые переходы. Средняя плотность теплового потока по земному шару составляет  $87 \pm 2$  мВт/м<sup>2</sup> или  $(4.42 \pm 0.10) \times 10^{13}$  Вт в целом по Земле, это примерно в 5000 раз меньше, чем средняя солнечная радиация. В океанских районах этот показатель составляет в среднем  $101 \pm 2$  мВт/м<sup>2</sup>, в континентальных —  $65 \pm 2$  мВт/м<sup>2</sup>. В глубоководных океанических желобах она меняется в пределах 28-65 мВт/м<sup>2</sup>, на континентальных щитах — 29-49 мВт/м<sup>2</sup>, в областях геосинклиналей и срединно-океанических хребтах может достигать 100-300 мВт/м<sup>2</sup> и более. Около 60 % теплового потока ( $2.75 \times 10^{13}$  Вт) приходится на внутренние источники тепла, остальные 40 % обусловлены остыванием планеты. Согласно измерениям нейтринного потока из недр Земли, на радиоактивный распад приходится 24 ТВт ( $2.4 \times 10^{13}$  Вт) внутреннего тепла.

**Получение данных.** На сайте Международной комиссии по тепловым потокам (IHFC) доступна глобальная база данных теплового потока [2]. На момент запроса самые последние (самые поздние) по дате доступные данные содержали около 60 тыс. значений (более 35 тыс. наземных и более 23 тыс. морских). Данные значений теплового потока были успешно скачаны с вышеупомянутого электронного ресурса и представлены в таблице с различными колонками, из которых нужные колонки обозначены заголовками: широта (latitude), долгота (longitude) и тепловой поток (heat flow). Широта и долгота имеют размерность в градусах и долях градуса, а тепловой поток измеряется в мВт/м<sup>2</sup> (милливатт на квадратный метр).

**Выборка данных.** Скачанная таблица была импортирована в компьютерную программу MS Excel, предназначенную для работы с электронными таблицами и входящую в состав программного офисного пакета MS Office. Данные были отфильтрованы по широте в диапазоне 39-47°N и по долготе в диапазоне 70-85°E, чтобы соответствовать исследуемой в работе территории, а также были убраны 40 полей данных, для которых значения в колонке «тепловой поток» были пустыми. Таким образом выборка составила всего 213 корректных строк данных значений теплового потока для указанной территории.

**Визуализация данных.** Все последующие рисунки были построены с использованием пробной версии очень мощной компьютерной программы OriginPro являющейся улучшенной версией компьютерной программы Origin — основного продукта компании OriginLab [3].

Ниже на карте в географической равнопромежуточной проекции (Plate carrée EPSG:4326:WGS84) показано пространственное распределение точек значений измерения теплового потока (рисунок 1) [4].

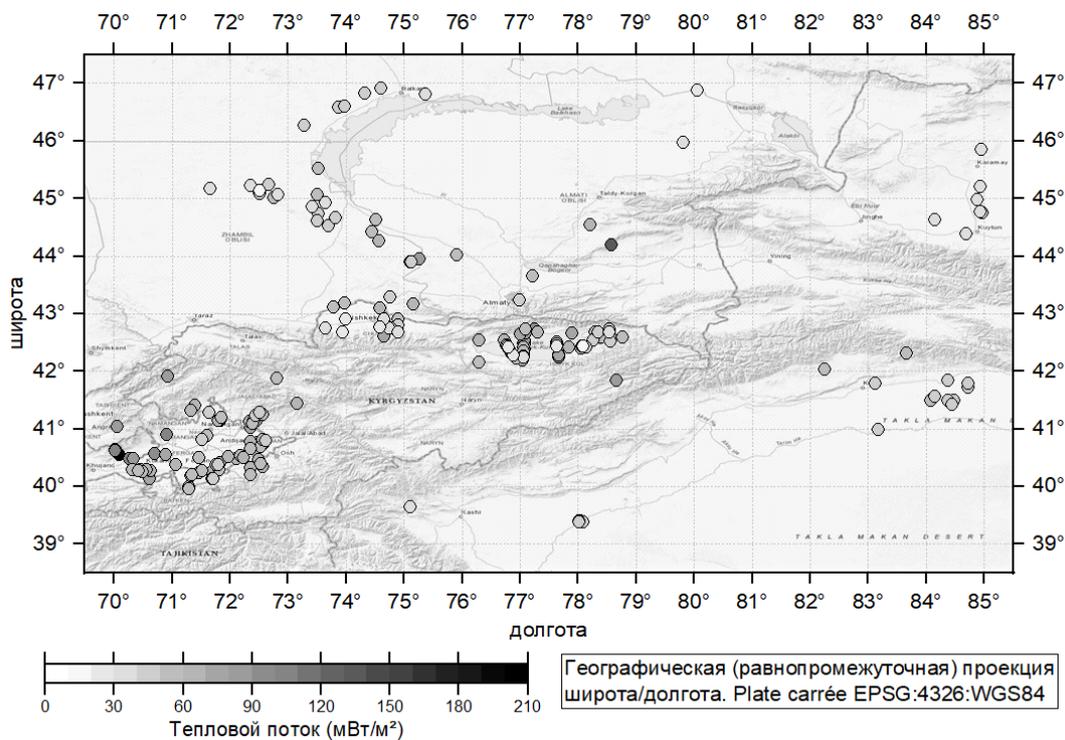


Рисунок 1 – Пространственное распределение точек измерений значений теплового потока

На рисунке 1 видно, что для данной исследуемой территории точки измерения теплового потока распределены неравномерно. Измерения плотно сосредоточены в нескольких зонах: вокруг озера Иссык-Куль, в западной части озера Балхаш, в районе городов Бишкек, Фергана и т.п. Несмотря на данное неравномерное распределение значений теплового потока, в той части территории, где данные наиболее важны (населенная зона), имеется достаточное количество значений и с субъективной точки зрения этого достаточно для построения изолиний теплового потока, что и было сделано. Эта же карта, но уже с изолиниями и заливкой показана на рисунке 2. На рисунке 3 для большей наглядности ограничение зоны построения было расширено до границ всей прямоугольной области территории методом экстраполяции в промежутке между значениями в точках и границами карты.

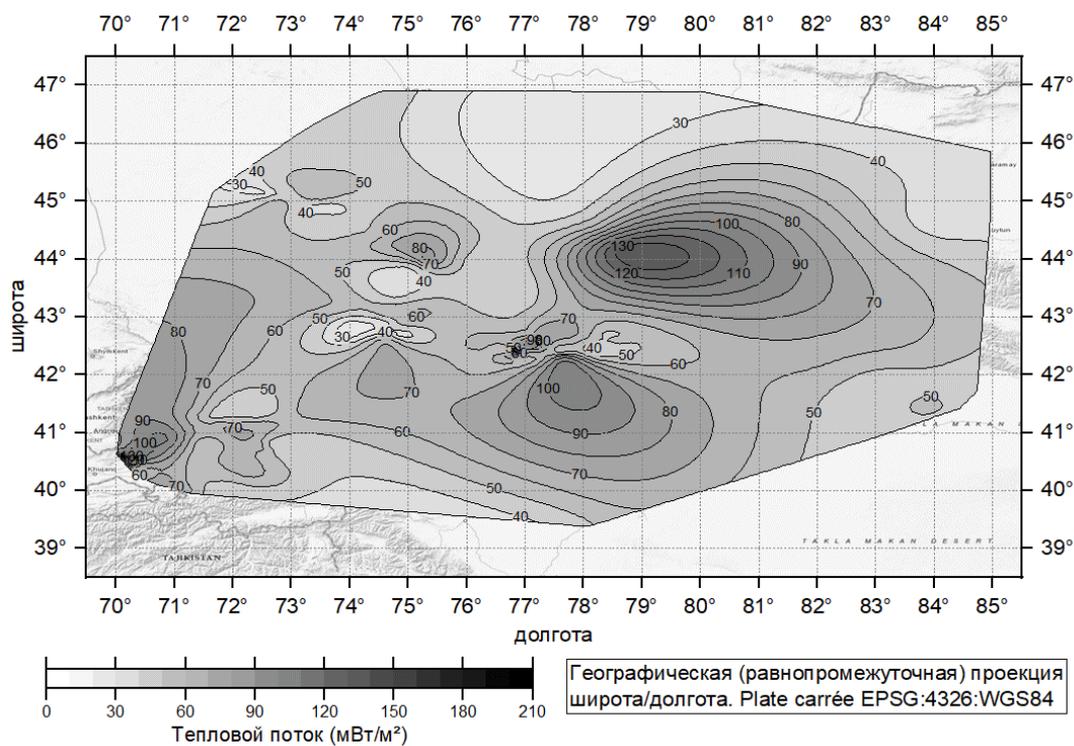


Рисунок 2 – Пространственное распределение точек измерений значения теплового потока, их изолинии и заливка, ограниченные границами данных

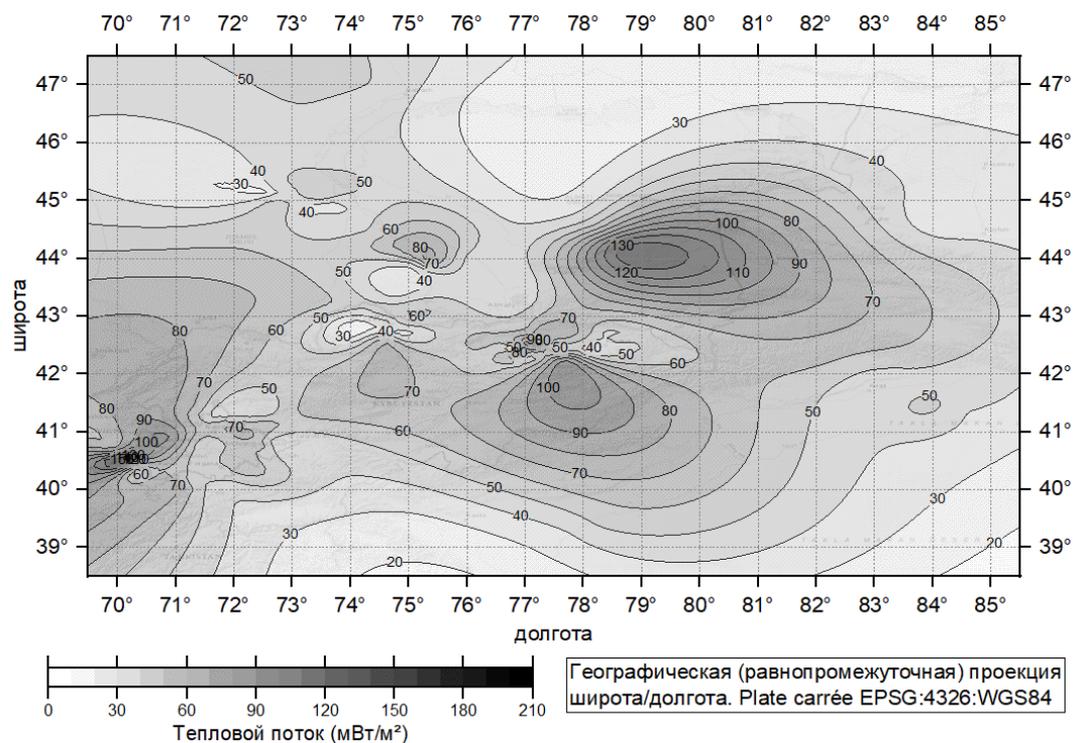


Рисунок 3 – Пространственное распределение точек измерений значения теплового потока, их изолинии и заливка, интерполированные до границ прямоугольной зоны всей территории

Разбив количество измеренных значений теплового потока для всего диапазона распределения по данной территории с шагом  $10 \text{ мВт/м}^2$  (значение шага отобрано субъективно по визуальному восприятию на максимальную схожесть с нормальным распределением) и построив кривую распределения Гаусса, видим, что при значении теплового потока  $53 \text{ мВт/м}^2$

значение на кривой Гаусса максимально, что и является средним вероятным значением теплового потока на выбранной территории (рисунок 4).

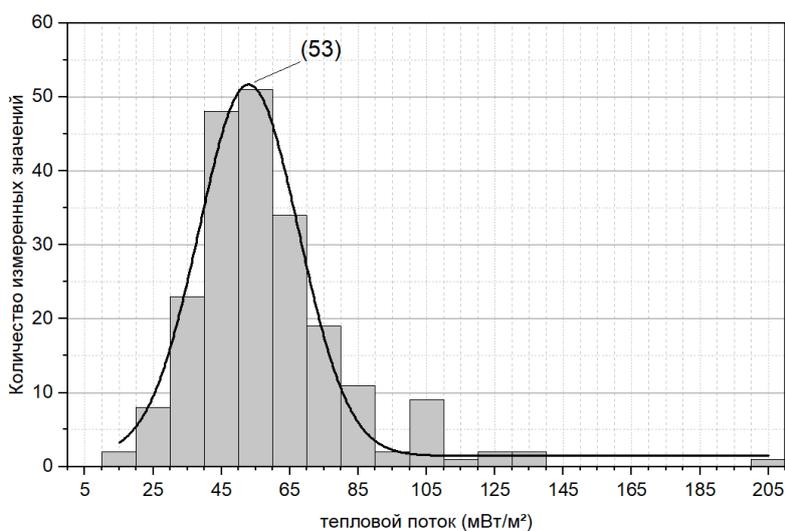


Рисунок 4 – Количественное распределение значений теплового потока с интервалом 10 мВт/м<sup>2</sup>

Таким образом, разработана простейшая методика создания карты теплового потока, полученных с ресурса глобальной базы данных, отфильтрованных для данной территории. Карта визуализирована в равнопромежуточной проекции EPSG:4326 с наложением изолиний и заливки. Она может быть использована в целях решения задач по обеспечению сейсмической безопасности от природных и техногенных геодинамических явлений.

#### Литература

1. Тепловой баланс Земли. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Тепловой\\_баланс\\_Земли](https://ru.wikipedia.org/wiki/Тепловой_баланс_Земли) (дата обращения: 25.02.2021).
2. International Heat Flow Commission (IHFC). Международная комиссия по тепловым потокам URL: <https://ihfc-iugg.org/> (дата обращения: 25.02.2021).
3. OriginLab Corporation. URL: <https://www.originlab.com/> (дата обращения: 25.02.2021).
4. Проекция plate carrée (широта/долгота) [https://www.politerm.com/zuludoc/tile\\_projections.html](https://www.politerm.com/zuludoc/tile_projections.html) (дата обращения: 25.02.2021).

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ИОНОСФЕРНЫХ ВОЛНОВЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ GPS TEC

Андреев А.Б., Малимбаев А.М., Луценко В.Ю.

*alexey.andreyev@rambler.ru*

ДТОО «Институт ионосферы», г. Алматы, Республика Казахстан

*Аннотация. Для исследования ионосферы методом GPS TEC на сегодняшний день в мире доступно 4 действующие навигационные системы, включающие созвездия из более сотни навигационных спутников и более 8 тысяч действующих общедоступных перманентных GNSS приемников. В то же время работа с данными GNSS остается сложной по причине большого объема данных, сложного алгоритма обработки и анализа данных. Работа с таким большим объемом данных требует развития методов и инструментов автоматизации. Для автоматизации процесса выявления волновых возмущений в Институте ионосферы производится разработка программного обеспечения для автоматизации всего цикла работы с данными GNSS. В работе приведено описание разрабатываемого комплекса программного обеспечения для мониторинга ионосферных волновых возмущений на основе данных GNSS. Приведена методика детектирования перемещающихся волновых возмущений в ионосфере и расчёта их параметров.*

*Ключевые слова: GPS TEC, ионосфера, анализ данных*

**Введение.** Для исследования перемещающихся ионосферных волновых возмущений (ПИВ) методом GPS TEC большое развитие получил метод построения годохрон [1, 2]. Суть этого метода заключается в построении трехмерных диаграмм, в которых по оси абсцисс откладывается время, по оси ординат – расстояние, а третье измерение, как правило, цветное значение, соответствует вариациям полного электронного содержания (ПЭС) после фильтрации низких частот. При этом, волновые возмущения, сгенерированные одним источником, образуют когерентную волновую картину.

Важной особенностью метода годохрон применительно к ПЭС является то, что этим методом можно получить истинные значения характеристик ПИВ – их период, длину волны, скорость [4]. Проблема определения волновых характеристик ПИВ заключается в том, что ионосферные точки в которых производится измерение ПЭС перемещаются в горизонтальной плоскости при орбитальном движении спутников и вращении Земли. При таком перемещении точек, скорость которого имеет порядок сотен километров в час, из-за эффекта Доплера искажаются значения частоты волновых возмущений во временных рядах для различных станций и спутников. Годохроны же позволяют измерить истинные значения частоты (периодов), длины волны и скорости ПИВ, при этом горизонтальный срез годохрон дает временную развертку вариаций ПЭС, вертикальный срез дает пространственную развертку вариаций ПЭС, т.е. длины волн, а скорость ПИВ равна тангенсу угла наклона  $\alpha$  когерентных линий максимумов вариаций ПЭС (рисунок 1).

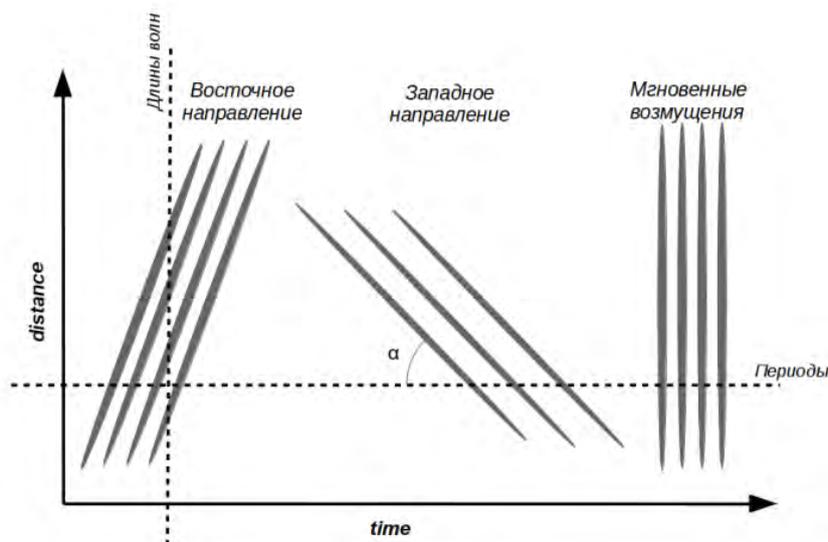


Рисунок 1 – Информация доступная при анализе годохран

Данный метод в последнее десятилетие был широко использован для анализа возмущений ионосферы, сгенерированных мощными землетрясениями и другими геофизическими событиями [2, 3]. Для анализа отклика ионосферы на другие, более слабые события, необходима подготовка большого статистического материала, связанного с анализом огромного объема данных, и требующая автоматизации распознавания образов возмущений.

Для автоматизации процесса распознавания волновой картины на годохранах предлагается использовать значение соотношения сигнал/шум как функции от координат времени и расстояния  $SNR(t,d)$ , рассчитываемое в окрестности точки  $(t, d)$  (1).

Методика расчета отношения сигнал/шум заключается в следующем. Для каждой точки  $(t, d)$  на графиках годохран выделяется квадратная область значений с центром в  $(t, d)$  и сориентированная вдоль различных направлений  $V$  в диапазоне 0-180 градусов, соответствующих скорости распространения возмущений (Рисунок 2).

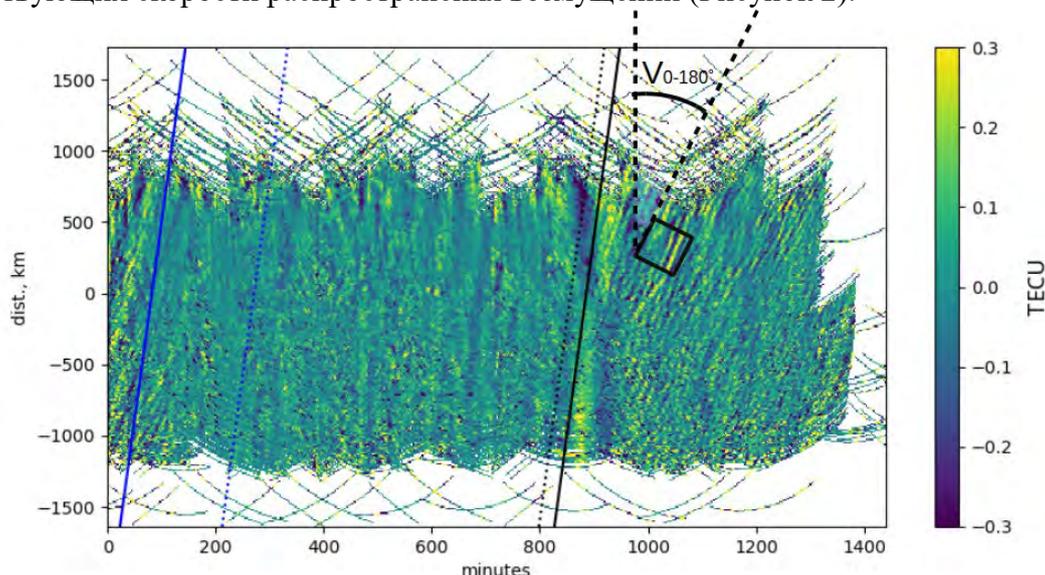


Рисунок 2 – Выделенная квадратная область на графике годохраны ПЭС

Значения вариаций ПЭС в этой области принимают новые индексы по вертикали и горизонтали  $i$  и  $j$ . На рисунке 3 приведен пример выделенных областей для двух различных углов  $V$ . Уровень сигнала рассчитывается как сумма квадратов средних значений по

вертикали для каждого угла  $V$  (2), а уровень шума как среднее от значений мощности сигналов для всех направлений (3):

$$SNR_V = \frac{S_V}{N} \quad (1)$$

$$S_V = \sum_i \left( \frac{\sum_j TEC}{n} \right)^2 \quad (2)$$

$$N = \frac{\sum_V S_V}{n} \quad (3)$$

Таким образом, угол  $V$ , при котором  $SNR_V$  имеет максимальное значение, соответствует скорости распространения возмущений в момент времени  $t$  в направлении  $Az$ , на расстоянии  $d$ , а величина SNR характеризует мощность возмущения.

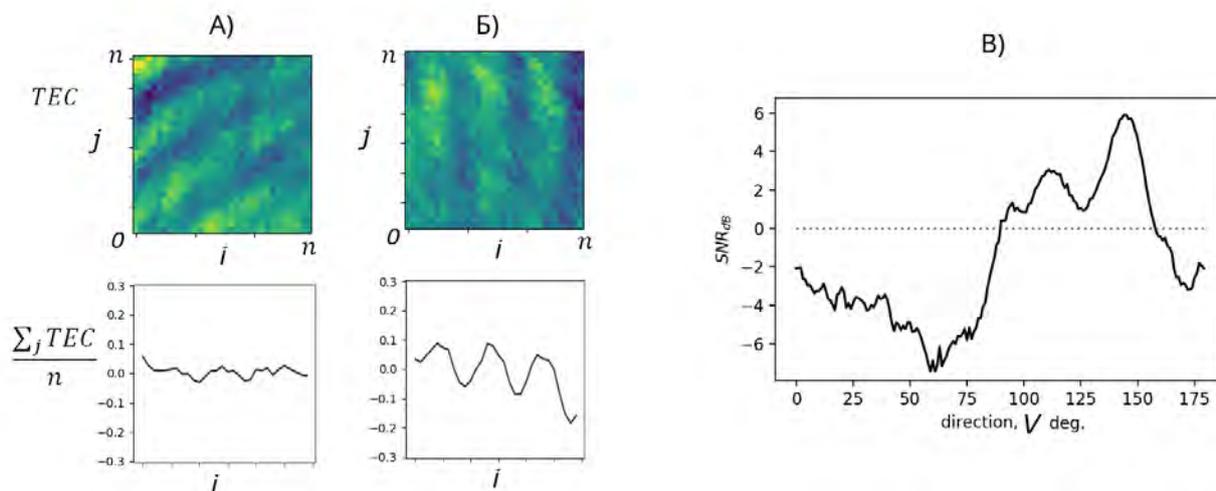


Рисунок 3 – Выделенная область для разных направлений, (А), не совпадающих с направлением когерентной волновой картины, (Б) совпадающих, и (В) значения сигнал/шум для различных  $V$

**Система мониторинга ионосферных волновых возмущений.** Для анализа большого количества данных была разработана программная система сбора, обработки и анализа данных ПЭС. Функционал разработанной системы позволяет выполнять следующие задачи:

1. Сбор и отображение информации о доступности данных различных сетей GNSS станций в сети интернет;
2. Загрузку наблюдательных и навигационных RINEX-файлов для выборочных станций или для станций, расположенных в указанной зоне за выбранный период;
3. Обработку RINEX-файлов, расчёт координат спутников, расчёт DCB-поправок (дифференциальных кодовых задержек), расчёт ПЭС;
4. Хранение данных ПЭС, данных станций (характеристики станции, координаты, DCB) в локальной базе данных;
5. Визуализацию данных: построение годохран, расчет уровня сигнала ПИВ и его волновых характеристик (направление распространения, скорость, период, длина волны).

Всё программное обеспечение реализовано на языках *Python* и *Fortran*. На Fortran выполнены отдельные ресурсоемкие модули, отвечающие за обработку RINEX файлов, расчёт DCB поправок, фильтрацию данных и расчёт соотношения сигнал/шум и волновых параметров. Данные модули скомпилированы с помощью интерфейса *f2py* в модули для языка Python. Такой подход позволяет использовать широкие возможности языка Python по загрузке, визуализации и манипуляции данными (работа по манипуляции и выборке данных осуществляется с помощью библиотеки *Pandas*), а также дает возможность использовать в качестве рабочей среды для исследования ПИВ непосредственно интерпретатор Python. Хранение рассчитанных временных рядов ПЭС, координат спутников и ионосферных точек, DCB поправки и данные станций осуществляется в базе данных PostgreSQL, что

обеспечивает быстрый доступ к данным ПЭС. Разрабатываемая система предназначена для работы с различными операционными системами, т.е. является кроссплатформенной. Кроме того, система имеет клиент-серверную архитектуру, т.е. база данных и файловое хранилище расположены на серверном компьютере, тогда как управление и анализ данных производится на клиентских машинах. Графический пользовательский интерфейс выполнен на основе стандартного интерфейса библиотеки Matplotlib, что также обеспечивает кроссплатформенность системы. На рисунке 4 приведено окно программы выбора GNSS станций и загрузки RINEX файлов за указанную дату.

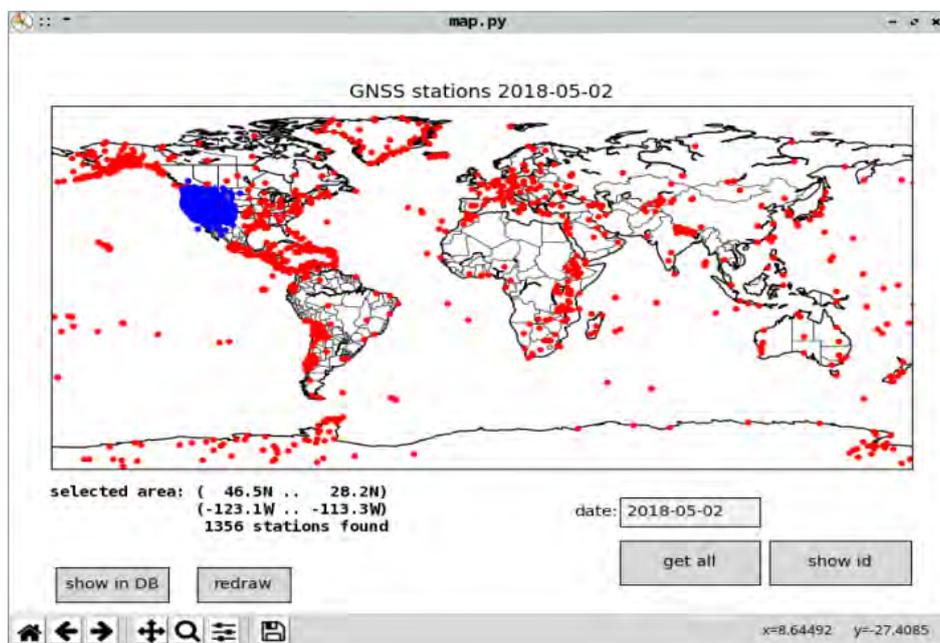


Рисунок 4 – Окно программы выбора GNSS станций и загрузки RINEX файлов

Программа отображает доступные в сетях IGS, UNAVCO и SOPAC для данной даты станции, и запускает параллельные скрипты загрузки и пересчёта RINEX файлов в значения полного электронного содержания, построения годохран для различных направлений и вычисления уровня сигнала волнового возмущения. На рисунке 5 приведено окно программы просмотра уровня сигнала волновых возмущений с возможностью выбора координат: скорость, направление распространения или время.

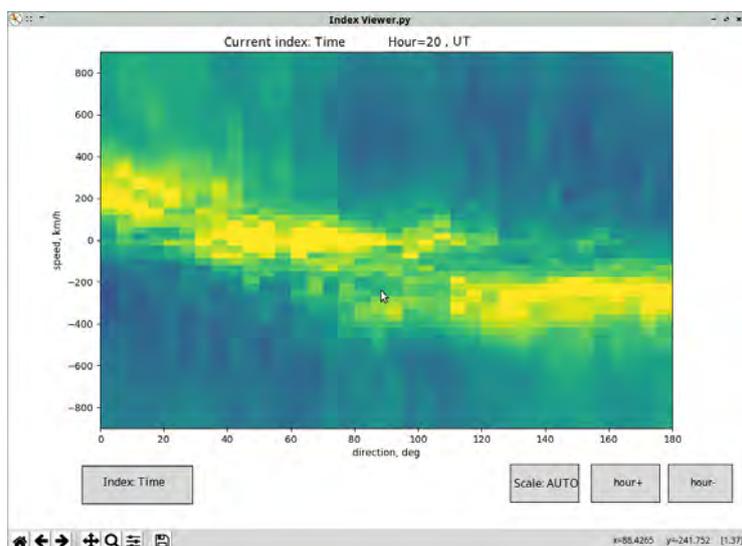


Рисунок 5 – Окно программы просмотра уровня сигнала волновых возмущений в координатах скорость, направление распространения, время

**Результаты и обсуждение.** Разрабатываемая программная система мониторинга ПИВ на основе данных GNSS находится на стадии тестирования, однако уже используется для выявления регулярных возмущений ионосферы, сгенерированных прохождением солнечного терминатора, а так же спорадических возмущений, сгенерированных землетрясениями и солнечной активностью.

Проект системы выложен на сайте GITHUB, и доступен по ссылке <https://github.com/AlexUmzara/pytid>.

*Исследовательская работа финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP09259375).*

### Литература

1. Ясюкевич Ю.В., Едемский И.К., Первалова Н.П., Полякова А.С. Отклик ионосферы на гелио- и геофизические возмущающие факторы по данным GPS. Иркутск: Изд-во ИГУ. 2013. 259 с. ISBN 978-5-9624-0879-8.
2. Astafyeva, E. (2019), Ionospheric detection of natural hazards, *Reviews of Geophysics*, 57 (4), 1265–1288, doi:10.1029/2019RG000668.
3. Inchin. Pavel A. Atmospheric and Ionospheric Responses to Acoustic and Gravity Waves Driven by Earthquakes and Tsunamis. Ph.D. dissertation, Embry-Riddle Aeronautical University. 2020.
4. Savastano, G. (2018), New applications and challenges of GNSS variometric approach, Doctoral dissertation, The University of Rome “La Sapienza”

## **ПОВЫШЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ (НА ПРИМЕРЕ СУРХАНСКОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО БЛОКА)**

Арслонхонов К.А., Юсупхужаев С.С., Расулов Б.Б.  
*arslonxonovqosimxon02@gmail.com*

АО «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», г. Ташкент,  
Республика Узбекистан

*Аннотация. Работа посвящена улучшению картирования глубинных опорных отражающих горизонтов с использованием новых данных, полученных гравимагнитными и сейсмическими исследованиями. В работе выполнен анализ и получена дополнительная информация о характере глубинного геологического строения надсолевого комплекса пород и карбонатной формации верхней юры. На основании проведенных сейсморазведочных работ по юрским отложениям под глубокое бурение подготовлена новая структура Ангор.*

*Особо следует отметить, что применение рекомендованных и предлагаемых направлений геологоразведочных работ в Сурханском инвестиционном блоке, позволят более конкретно изучить и подготовить в его пределах дополнительно несколько новых структур.*

*Ключевые слова: сейсморазведка, изогипс, структура, ловушка, порода, бурения, керн, шлам, нефть, газ.*

Сурханский инвестиционный блок расположен в пределах центральной части Сурхандарьинской мегасинклинали и имеет простирание с юго-запада на северо-восток. Эта территория по всем комплексам пород является самой глубокопогруженной зоной региона [1].

Пространственными границами блока на юге является государственная граница Узбекистана с Афганистаном, на севере – с Таджикистаном, примыкая к отрогам Гиссарского хребта. На западе блок граничит с Байсунским инвестиционным блоком, на востоке – с Восточно-Сурханским и Коштарским. Размеры рассматриваемого блока, ограниченного рамками этих границ, составляют 170-70 км, площадь перспективных земель – 6,2 тыс. км<sup>2</sup>.

Территорию блока пересекают два газопровода: Шерабад-Термез и Шерабад-Карлук. Кроме того, все нефтяные месторождения обустроены нефтепроводами до города Джаркурган, где находятся нефтеналивные эстакады. Вдоль восточной границы блока проходит железная дорога Термез-Денау.

В регионе проводятся геологоразведочные работы и добыча нефти специализированными предприятиями АО «Узбекнефтегаз» (г.Джаркурган). Базы предприятий оборудованы всеми необходимыми производственными помещениями для приема, хранения и доставки необходимого оборудования и технологических материалов. Имеются мастерские для ремонта и сборки оборудования.

Компания PCSOC проводила геологоразведочные работы согласно Соглашению по проведению геологического изучения недр по Сурханскому инвестиционному блоку, подписанному между PETRONAS и НХК "Узбекнефтегаз" 10 декабря 2007 года. Соглашение фактически вступило в силу 17 ноября 2008 года.

Соглашение состоит из этапов. Обязательствами по I этапу являются:

- гравимагнитные исследования
- сейсморазведочные работы 2D в объеме 1200 пог.км
- предоставление геолого-геофизических оценок и отчетов



элементы разреза, изучено геологическое строение надсолевого комплекса пород ( $P_{1bch}$ ) и карбонатной формации верхней юры ( $J_3k-t$ ) [3].

На основании проведенных сейсморазведочных работ по юрским отложениям под глубокое бурение подготовлена новая структура (Ангор) с перспективными ресурсами по категории  $C_3$  сухого газа.

**Объект Ангор** подготовлен сейсморазведкой 2Д (PCSOC) по кровле XV горизонта, расположен в юго-восточной части блока, представляет собой брахиантиклинальную структуру северо-восточного простирания с амплитудой 300 м, размеры по кровле XV горизонта по изогипсе  $-6200$  м составляют  $10,5 \times 4,0$  км, площадь  $35,75$  км<sup>2</sup>. Глубина залегания сводовой части  $6225$  м. (рис.1).

Дальнейшие сейсморазведочные работы должны быть нацелены на подготовку структур из числа выявленных. В этой связи, рекомендуется сконцентрировать детализационные сейсморазведочные работы 2Д на Шербулакской площади. Данный объект расположен южнее Аширханской структуры. Предварительные ее размеры по изогипсе минус  $5800$  (юра) составляют  $10,0 \times 4,5$  км, площадь  $- 35,5$  км<sup>2</sup>, амплитуда  $100$  м. Для подготовки данного объекта необходимо отработать два сейсмопрофиля (по простиранию и вкрест простирания структуры) в объеме  $100$  пог. км.

Учитывая высокую степень опоскованности по палеогену, сложное строение открытых месторождений, предлагается проведение в их пределах сейсморазведочных работ 3Д.

Первый опыт подобных работ, проведенных на площадях Ферганской и Сурахандарьинской впадин, показал высокую эффективность получения качественной информации не только в геометризации ловушки, но и по выявлению неоднородностей в строении резервуарных пород в разрезе палеогеновых и мезозойских отложений. Планируемые объемы сейсморазведочных работ 3Д –  $300$  км<sup>2</sup>.

При картировании структур в данном районе встречаются определенные трудности, обусловленные крутизной падения пород и их раздробленностью.

**Выводы и рекомендации.** Таким образом, предлагаемые направления ГРП в Сурханском инвестиционном блоке позволят в его пределах подготовить дополнительно  $5$  новых структур. Суммарное число подготовленных ловушек под глубокое бурение составит  $8$ . Одна из на площади Ангор.

Бурением поисковых скважин, которое планируется осуществлять на площади Ангор, будут изучены особенности геологического строения, характер насыщения разреза по результатам геофизических исследований скважин, керна, шлама, проб воды, нефти, газа. Помимо указанного будут получены геохимические, гидрогеологические и другие характеристики нефтегазоносности вскрытого бурением разреза осадочного комплекса. По материалам испытания скважин будут установлены: коэффициенты продуктивности скважин, дано предварительное положение контакта, осуществлена геометризация залежей и оценка запасов по категориям  $C_1$  и  $C_2$ , выделены базисные скопления УВ, представляющие интерес для проведения дальнейших разведочных работ.

### Литература

1. Абидов А.А. Особенности размещения скоплений нефти и газа и перспективы нефтегазоносности Сурхандарьинского синклиория. Дис. канд. геол.-мин. наук. М., 1981. 219 с.
2. Абидов А.А. Геологическое строение продуктивных юрских отложений газового месторождения Сурхандарьинской впадины // Известия ВУЗов. Геология и разведка. 1981. № 9. С. 98-99.
3. Синельников В.Я., Нюссер З.Г., Белявский В.В. Глубинное геологическое строение Сурхандарьинской впадины по данным ВЭЗ // Ташкент: САИГИМС. 1974. Вып. 10. С.74-79

## РЕГИСТРАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ НАД РЕГИОНАМИ С ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТЬЮ

Баден А.С.<sup>2</sup>, Мукушев А.А.<sup>2</sup>, Сагатдинова Г.<sup>1</sup>, Грищенко В.Ф.<sup>1</sup>  
*badentegi\_alibi@mail.ru*

<sup>1</sup>ДТОО «Институт ионосферы» АО «Национальный центр космических исследований и технологий» МЦРИАП РК, г. Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан

*Аннотация. В работе описывается методика и результаты 2-х уровневого эксперимента, включающего регистрацию спектральных характеристик верхней атмосферы над регионами с грозовой активностью, включающую синхронные съемки с КА Terra/MODIS и регистрацию электрического поля в приземном поле на полигоне «Орбита» во время грозовых событий. Представлены «спектральные образы» заданного региона. Предлагается методика 3-х уровневого эксперимента для поиска новых оптических явлений в верхней атмосфере над регионами с грозовой активностью.*

*Ключевые слова: оптические явления, молния, спрайты, космический аппарат*

**Введение.** В последнее двадцатилетие активно изучается новое оптическое явление – свечение в атмосфере выше грозовых облаков, называемое «красные спрайты» (RedSprites), «синие реактивные струи и стартеры» (BlueJets, BlueStarters) и «эльфы» (Elves). Одновременно со свечением в видимой и инфракрасной областях спектра появляются возмущения на низких радиочастотах (VLF-Sprites), вспышка  $\gamma$  – излучения. Открытое явление явилось полным переворотом в понимании сложных процессов в верхних слоях атмосферы, которым еще нет однозначного объяснения [1,2].

Следует отметить, что наблюдаемые оптические явления простираются вверх от 20 км до 300 км выше облачного покрова и имеют размер в поперечной области до 50 км. Чтобы выделить события, связанные с возникновением этих явлений, необходимо изучить спектральные характеристики верхней части границы облачного покрова во время молниевых событий и грозовой активности различного характера.

**Основные характеристики «Red Sprites», «Blue Jets», «Blue Starters», «Elves».** В исследовании новых оптических явлений однозначно выделяется три направления: визуальные наблюдения, фотовидеосъемки и регистрация оптических явлений с пилотируемых комплексов. Достаточно полный обзор регистрации этих явлений хорошо описывается в ряде работ [3-6].

На пилотируемых комплексах впервые «RedSprites» были зарегистрированы черной камерой, установленной в шлюзовом отсеке для контроля процессов стыковки и расстыковки шаттлов и ОК «Мир» [7]. Не укладываются в общее представление события, которые были зарегистрированы астронавтами на КК шаттл «Columbia» и переданы на Землю за несколько дней до своей трагической гибели 20 января 2003 года. Это явление назвали TIGER (Transient Ionospheric Glow Emission in Red). Данная вспышка находилась над Мадагаскаром на высоте 150 километров выше уровня океана и возникла только через 250 мсек после того, как сверкнула ближайшая молния, которая длилась в ночном небе лишь 33 мсек. Кроме того, этой вспышке предшествовал «отрицательный» разряд молнии, в то время как «RedSprites» возникают после образования «положительного» молниевых разряда. Таких событий мало, и они практически не изучены.

Имеются различные мнения для объяснения механизма образования этих явлений. Ряд авторов считает, что «RedSprites» происходят, как было отмечено выше, вслед за

положительным разрядом молнии, развивающегося от облака к земле и рассматривают его как плазменные образования в атмосфере [9]. Заслуживают внимание результаты работы [7,8], в которой показано, что на развитие высотных молний существенное влияние оказывает изменение давления с высотой. Авторы определили значение критического потенциала для заданного размера грозового облака, при котором возможно формирование «отрицательного» разряда. Они считают, что формирование «отрицательного» разряда возможно лишь на высотах, превышающих 20 км, где давление атмосферы более чем в 10 раз меньше давления на уровне моря.

Именно набор незначительных и отличающихся между собой экспериментальных данных заставляет исследователей обратиться к математическому моделированию оптических явлений и сопутствующих им вторичных процессов. По одному из модельных представлений считается, что спусковым механизмом для формирования молниевых разрядов могут быть широкие атмосферные ливни (ШАЛ), способствуют возникновению вторичных процессов в атмосфере, таких как повышение температуры вдоль трека, а также пробую на «убегающих электронах» [10].

К сожалению, очень мало экспериментальных данных по регистрации «RedSprites» спектрометрической аппаратурой. Известно, что основные события («RedSprites») с грозовой активностью наблюдались в районе экватора, поэтому важно использовать такой метод, который позволил бы изучать эти явления в любой точке мира. На наш взгляд для изучения этих новых явлений и процессов, происходящих в атмосфере выше облачного покрова во время грозовой активности, эффективно использовать методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Для лучшего понимания возникновения спрайтов в глобальном масштабе с помощью дистанционного зондирования радиочастотных сигналов молнии (сферики) остается желательным провести статистический анализ свойств молний, связанных со спрайтами, на основе относительно большого набора данных с достаточным временным диапазоном и пространственным охватом. В частности, набор данных должен включать значительное количество спрайтов, наблюдаемых как на континентальных, так и на океанских штормах. Наблюдения спрайтов с космической платформы на низкой околоземной орбите являются наиболее подходящими для этой цели [11-13].

В настоящее время под эгидой NASA разработана система наблюдения Земли (EOS) с использованием спектрометрических радиометров, установленных на различных КА. Система исследования облаков и радиационных процессов Земли CERES (CloudsandtheEarth'sRadiantEnergySystem) предусматривает одновременное измерение характеристик облаков аппаратурой EOS - 36 канальным оптоэлектронным спектрометрическим прибором среднего разрешения MODIS, установленном на КА серии EOS (EOS-AM1 "Terra"-1999, EOS-PM "Aqua"-2001). Следует отметить, что при съемках оптических явлений типа «RedSprites» с КА «Columbia» в 2003 году использовалась аппаратура с фильтрами. Длины волны этих фильтров были аналогичны спектральному диапазону озона, измеряемому спектрометром (TOMS), и соответствовали средней разрешающей способности спектрометра MODIS (КА Terra). Поэтому для изучения спектральных свойств верхней границы облачного покрова используется метод ДЗЗ, включающий регистрацию облаков КА Terra/MODIS.

В данной статье описывается методика и результаты 2-х уровневых экспериментов, включающего съемки оптических явлений в верхней атмосфере с МКС, КА Terra / MODIS и регистрацию грозовых событий в наземных условиях. Детально рассмотрены технологии поиска и полезного сигнала от молниевых разрядов по результатам обработки космических снимков верхней границы облачного покрова во время грозовой активности.

**Методика проведения и результаты 2-х уровневых экспериментов для регистрации спектральных характеристик верхней атмосферы над регионами с грозовой активностью.**

Оптические явления в верхней атмосфере неразрывно связаны с молниевыми разрядами и развитием грозовой активности в атмосфере. Был проведен 2-х уровневый эксперимент, включающий регистрацию спектральной энергетической яркости верхней границы облачного покрова во время грозовой активности с помощью КА ДЗЗ Terra/Modis и молниевых разрядов в приземном слое на тестовом полигоне Тянь-Шанской высокогорной научной станции (ТШВНС). Используя наземные данные, в том числе: координаты полигона, время событий (молниевых разрядов) и характер грозовой активности на ТШВНС были выбраны полеты КА Terra/Modis. С мая месяца по октябрь 2020 года всего было 428 пролетов КА над территорией Казахстана. Для анализа было отобрано 21 событие таким образом, чтобы ТШВНС находилась в полосе обзора и в районе полигона наблюдались грозовые события различного характера. Время съемок КА совпадало с временем грозовой активности до нескольких минут. Учитывая, что полоса обзора КА Terra/Modis составляла 23330 км, а одномоментная съемка охватывала полосу шириной 10 км по направлению пролета, за время каждого пролета над заданным регионом было зафиксировано несколько молниевых разрядов. Обработка космических изображений проводилась с использованием программного комплекса ENVI. Для отработки методики выбирались сцены на космических снимках со 100% облачностью различного характера. Анализ изменения спектральной энергетической яркости каждого события, зарегистрированного радиометром MODIS, проводился одновременно по 16 каналам в диапазоне длин волн от 0.920 мкм до 14.085 мкм (рисунок 1). Следует отметить, что указанные номера каналов начинаются с 16-го канала радиометра MODIS.

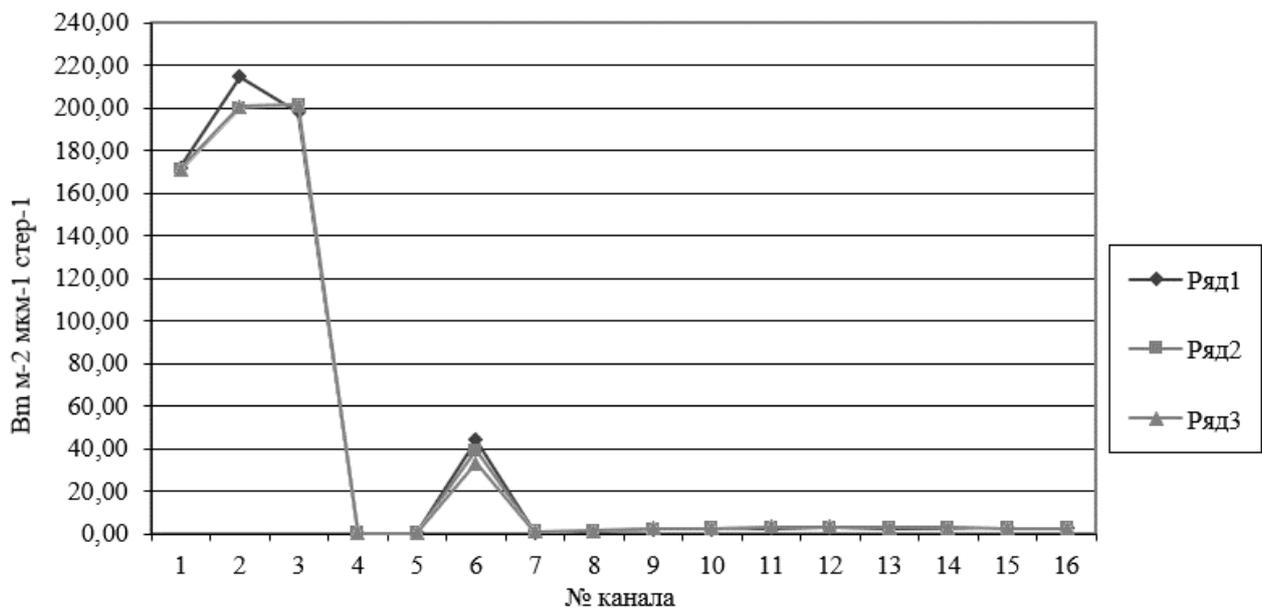


Рисунок 1 – Значения спектральной энергетической яркости верхней границы облаков во время грозовой активности с молниевыми разрядами



Рисунок 2 – Фрагменты снимков, включающих внутри облачный разряд

На основе полученных «спектральных образов» разработаны технологии поиска, регистрации и выявления полезного сигнала на космических снимках от молниевых событий на фоне сплошного облачного покрова во время грозовой активности над другими территориями.

Методика проведения 3-х уровневых космического эксперимента по регистрации оптических явлений в верхней атмосфере. Для поиска новых оптических явлений над регионами с грозовой активностью разработана методика проведения 3-х уровневых космического эксперимента, включающего спектрометрический комплекс и штатную видео и фотоаппаратуру. Во время полета казахстанских космонавтов на МКС предполагается выполнение 3-х уровневых экспериментов, включающих съемки облачного покрова во время грозовой активности в заданных регионах с МКС, регистрация спектральных характеристик с КА ДЗЗ и характера грозовой активности на тестовом полигоне (рисунок 3).

Для получения более точных пространственных и спектральных характеристик предлагается использовать комплекс научной аппаратуры. Комплекс предназначен для количественных измерений с борта МКС яркости ночного свечения лимба Земли на высотах 75–130 км в УФ и ИК диапазонах длин волн. области спектра 240–380 нм с максимумом чувствительности при  $\lambda=260-330$  нм. Для записи событий в комплексе будет использована видеокамера со скоростью записи информации не менее 500 кадров/с. Следует отметить, что запись оптических явлений на КК «Колумбия» проводилась со скоростью 500–1000 кадров/с.

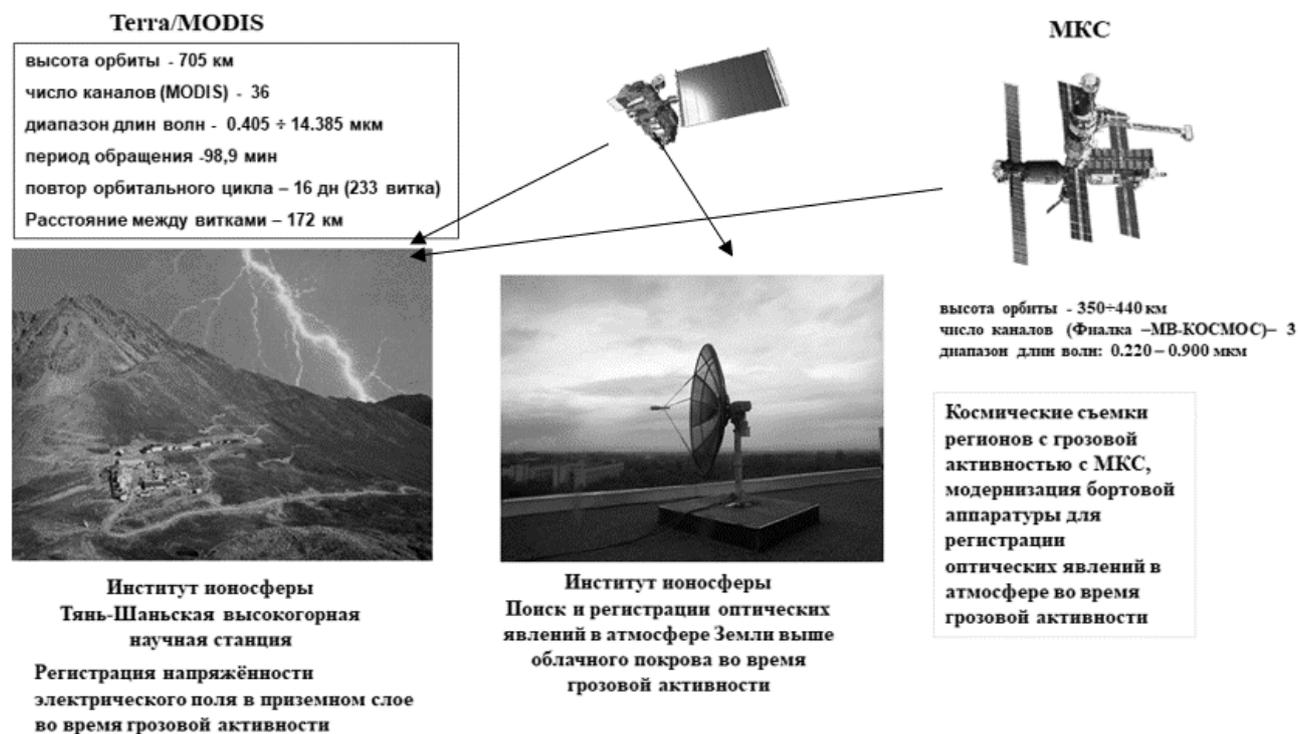


Рисунок 3 – Схема 3-х уровневых экспериментов

Кроме того, с помощью научной аппаратуры можно получить мультиспектральные фотометрические данные и массив фотометрических данных с разрешением менее миллисекунды, что позволяет изучать динамику развития спрайтов [13].

Для регистрации новых оптических явлений в верхней атмосфере и проведения запланированного комплексного эксперимента во время полета казахстанских космонавтов на МКС необходимо проводить съемки в УФ и ИК диапазонах с тем, чтобы фиксировать температурные изменения верхней атмосферы и верхней границы облачного покрова, а также получить спектральные характеристики молекулярных газовых составляющих атмосферы во время молниевых событий.

**Заключение.** Получены «спектральные образы» верхней границы облачного покрова над регионами с грозовой активностью в рамках 2-х уровневого эксперимента. Предложена схема 3-х уровневого комплексного эксперимента, включающего синхронные съемки верхней границы облачного покрова с использованием спектрометрического комплекса на МКС, данных ДЗЗ и наземной регистрации характера грозовой активности на полигоне «Орбита» Института ионосферы.

#### Литература

1. Hardman S., Rodger C.J., Dowden R.L., Blundell J.B. Measurement of the VLF scatter pattern of the structured plasma of red sprites // *IEEE Antennas Propag. Mag.*, 1998. V. 40 (2), P. 29-38.
2. Fishman G.J. Discover-of intense gamma-ray flashy of atmospheric origin // *Science*, 1994. V. 264. P. 1313-1316.
3. Franz R.C., Nemzek R.Y., Winchler R.Y. Television image of large upward electrical discharge above a thunderstorm system // *Science*, 1990. V. 249. P. 48-51.
4. Rairden R.L., Mende S.B. Time resolved sprite images // *Geophys. Res. Lett.*, 1995. V. 22. P. 3465-3468.
5. Luou W.A. Characteristics of luminous structures in the stratosphere above thunderstorm as images by lowlight video // *Geophysical Res. Lett.*, 1994. V. 21. P. 875-878.
6. Gaopeng L., Steven A. C., Alfred B. Chen, Fanchao L., Dongshuai L., Fei L., Rue-Ron H., Han-Tzong S. Analysis of lightning strokes associated with sprites observed by ISUAL in the vicinity of North America // *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 2017. V. 28. P. 583-595.
7. Yair Y., Price C., Levin Z., Joseph J., Devir A., Ziv B., Moalem M., Israelevich P., Clodman S. Sprite observation from the space shuttle during the Measurement Israeli Dust Experiment (MEIDEX) // *J. Atmos. Sol. Terr. Rhys.*, 2003. In press.
8. Lang T. J., Cummer S. A., Rutledge S. A., Lyons W. A. The meteorology of negative cloud-to-ground lightning strokes with large charge moment changes: Implications for negative sprites // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2013. V. 118 (14). P. 7886-7896. doi:10.1002/jgrd.50595
9. Boech W.L., Vaughan O.H., Blakeslee Jr.R., Vonnegut B., Brook M., McKune J. Observation of lightning in the stratosphere // *J. Geophys. Res.*, 1995. V. 100. P. 1465-1475.
10. Gurevich A. V., Milikh G. M., Roisel-Dupre R. Runaway electron mechanism of air breakdown and preconditioning during a thunderstorm // *Phys. Lett.*, 1992. V. 165. No. 5-6. P. 463-468.
11. Chen A. B., Kuo C. L., Lee Y. J., Su H. T., Hsu R. R., Chern J. L., Frey H. U., Mende S. B., Takahashi Y., Fukunishi H., Chang Y. S., Liu T. Y., Lee L. C. Global distributions and occurrence rates of transient luminous events // *J. Geophys. Res.*, 2008. V. 113. doi: 10.1029/2008JA013101.
12. Sato M., Ushio T., Morimoto T., Kikuchi M., Kikuchi H., Adachi T., Suzuki M., Yamazak A. i, Takahashi Y., Inan U., Linscott I., Ishida R., Sakamoto Y., Yoshida K., Hobara Y., Sano T., Abe T., Nakamura M., Oda H., Kawasaki Z. I. Overview and early results of the Global Lightning and Sprite Measurements mission // *J. Geophys. Res.*, 2015. V. 120. P. 3822-3851, doi: 10.1002/2014JD022428.
13. Kuo C. L., Hsu R. R., Chen A. B., Su H. T., Lee L. C., Mende S. B., Frey H. U., Fukunishi H., Takahashi Y. Electric fields and electron energies inferred from the ISUAL recorded sprites // *Geophys. Res. Lett.*, 2005. V. 32. doi: 10.1029/2005gl023389.

## **ФОРМИРОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН НА ПЛОЩАДИ ЖАЙРОН**

Бегматов Б.Б., Давиров А.О., Мирзаахмедов М.М., Шеров М.Р.  
*mmm6886@mail.ru*

АО «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», г. Ташкент,  
Республика Узбекистан

*Аннотация. Статья посвящена выбору рационального комплекса ГИС на месторождении Жайрон, основе анализа ранее проведенных работ на этой площади. Отличительной особенностью месторождения Жайрон является, то что продуктивные карбонатные коллектора характеризуются сложным строением порового пространства. Карбонатные породы содержат более половины мировых запасов нефти и газа, при этом только часть запасов сосредоточена в коллекторах порового типа. Значительное количество углеводородов находится в низкопористых карбонатных породах (НКП), какими являются отложения XV горизонта месторождения Жайрон и которые могут быть коллекторами промышленного значения. В связи с этим актуальной задачей является поиск эффективных и чувствительных методов ГИС для обнаружения трещинных коллекторов в карбонатном разрезе и оценки степени их трещиноватости.*

*Ключевые слова: ГИС, нефтегазоносность, коллектор, трещиноватость, геологоразведочные работы, месторождение, сейсморазведка, комплексный анализ, залежь, порода, нефть, газ.*

В административном отношении месторождение Жайрон расположено на территории Караулбазарского района Бухарской области Республики Узбекистан, в тектоническом отношении структура расположена в пределах Каганского поднятия Бухарской ступени БХНГО, к западу от месторождения Сарыташ.

Месторождение Жайрон впервые выявлено в 1993 году по материалам сейсморазведочных работ ОГТ-2Д Уртарабадской с/п №04/90-93 поисково-детальными работами Ямбагинской с/п 05/93-95 и Каганской с/п 03/09-12 структура детализирована [1].

Месторождение Жайрон в 2015 году подготовлено к поисковому бурению по двум горизонтам: по кровле отложений мела ОГ Т<sub>2</sub> (XIIIг.), Т<sub>6</sub> – по кровле отложений карбонатной юры и представляет собой брахиантиклинальную складку субширотного простирания.

В орографическом отношении район работ представляет собой однообразную равнину, на фоне которой вырисовывается ряд небольших возвышенностей, отображающих в общих чертах глубинное строение складок, абсолютные отметки рельефа колеблются от +280м до +345м.

Бухаро-Хивинский нефтегазоносный регион расположен на восточном борту Амударьинской впадины. Основными структурными элементами являются – Бухарская и Чарджоуская тектоническая ступени, осложненные структурами II порядка: валами, поднятиями, прогибами.

Бухарская ступень имеет северо-западное простирание и протягивается более чем, на 400км от среднего течения р. Кашкадарья на юго-востоке, до Мешеклинского поднятия на северо-западе. Ширина ступени достигает 70км.

Северо-восточная граница выражена Предкызылкумской и Предзарафшанской флексурно-разрывными зонами, сформировавшимися после юрского времени. Юго-западной границей ступени служит Учбаш-Каршинская флексурно-разрывная зона.

**ОБЗОРНАЯ КАРТА  
РАЙОНА РАБОТ**  
Составил: Сариев Р.Х.  
Масштаб: 1:1000 000  
2012г.



Рисунок 1 – Обзорная карта

В геологическом строении месторождения Жайрон принимают участие палеозойские, юрские, меловые, палеогеновые и неоген-четвертичные отложения осадочного чехла. Стратиграфический диапазон месторождений Каганского нефтегазоносного района широк. Залежи нефти и газа встречаются, начиная с IX до XVIII горизонта. Во всех месторождениях залежи газа приурочены к меловому комплексу осадочного чехла, а газонефтяные к юрским отложениям и XIII горизонту неокома.

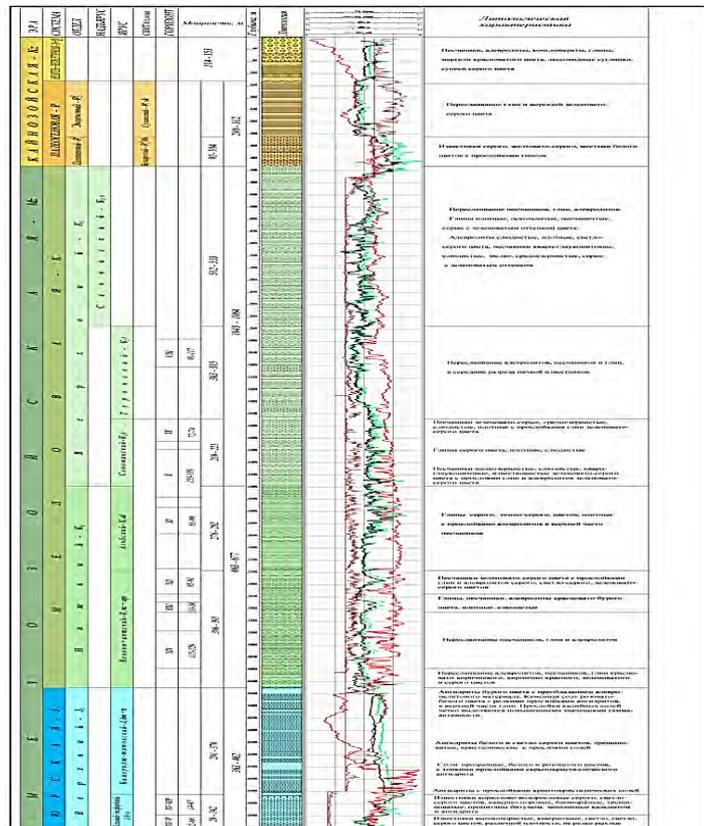


Рисунок 2 – Геолого-геофизический разрез

### Петрофизическая характеристика коллекторов продуктивных горизонтов

На месторождении Жайрон с отбором керна пробурены четыре скважины (№№ 1, 2,3,4), с суммарной колонковой проходкой 28,0 пог.м. При этом было отобрано 18,3м керна, что составило 65,4% от колонковой проходки. По результатам петрофизических исследований керна нами построены зависимости распределения пористости, проницаемости и остаточной водонасыщенности.

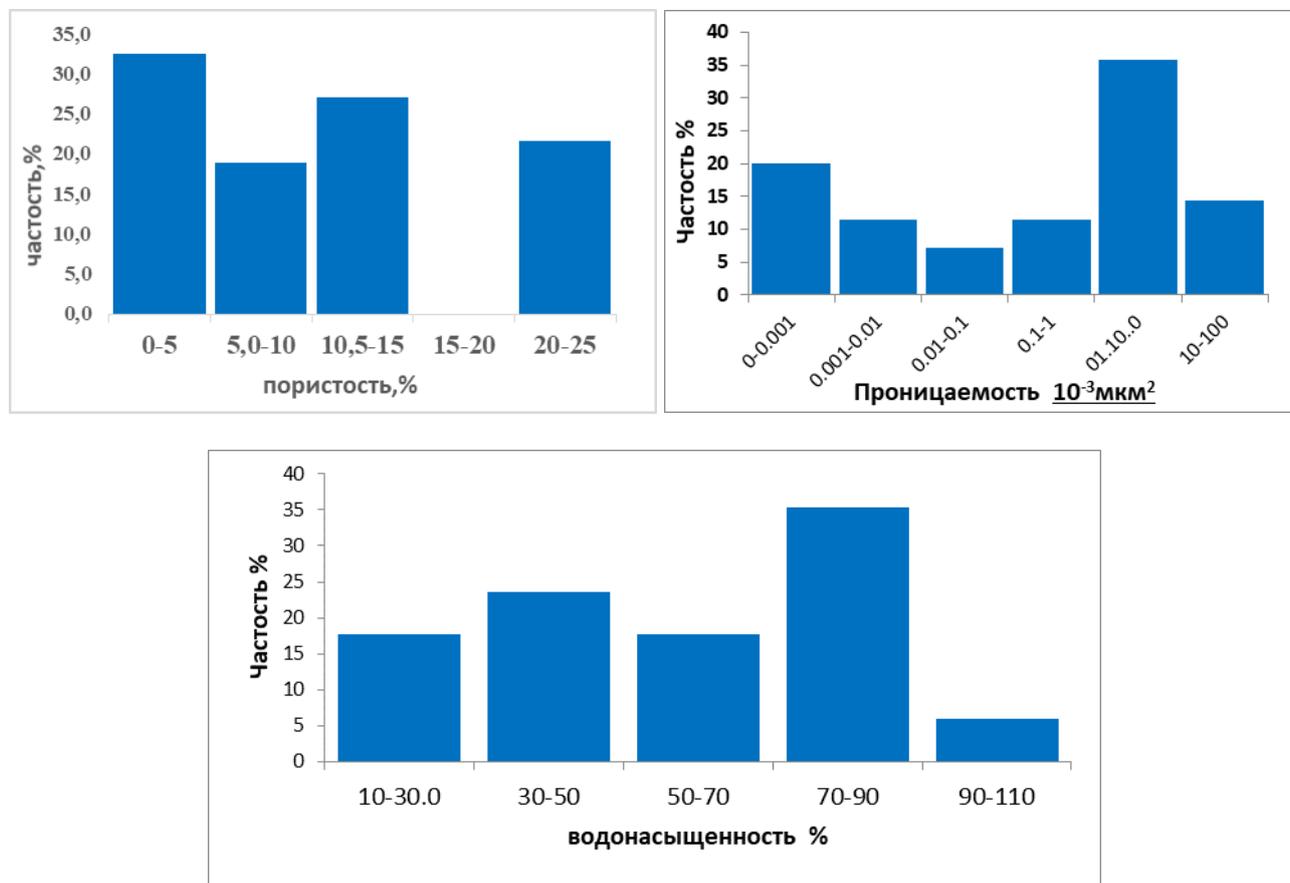


Рисунок 3 – Гистограмма распределения пористости, проницаемости и водонасыщенности

Промышленно-геофизические исследования проводились поэтапно, по мере вскрытия разреза бурением.

В разведочных и эксплуатационных скважинах месторождения Жайрон в интервале юрских карбонатных отложений в масштабе 1:200 выполнен нижеследующий комплекс промыслово-геофизических исследований скважин:

1. Стандартный каротаж двумя зондами КС и кривой ПС.
2. Замеры диаметра скважины (ДС).
3. Запись кривых бокового каротажного зондирования (БКЗ).
4. Запись кривых бокового каротажа (БК).
5. Замеры радиоактивными методами (ГК и НГК).
6. Запись акустического каротажа (АК).
7. Запись индукционного каротажа (ИК).

Обработка геофизической информации проводилась в программе Камертон.

По материалам промыслово-геофизических исследований решались следующие задачи:

- литологическое расчленение разреза;
- выделение коллекторов;
- определение пористости;
- определение характера насыщения и оценка газонасыщенности пород.

Выделение коллекторов с использованием количественных критериев основано на том, что в исследуемом разрезе породы-коллекторы отличаются от вмещающих пород повышенными значениями фильтрационно-емкостных свойств. Граничное значение пористости для выделения пород-коллекторов карбонатных юрских отложений принято по данным лабораторных исследований анализа керна равным  $K_{пгр} = 6\%$ .

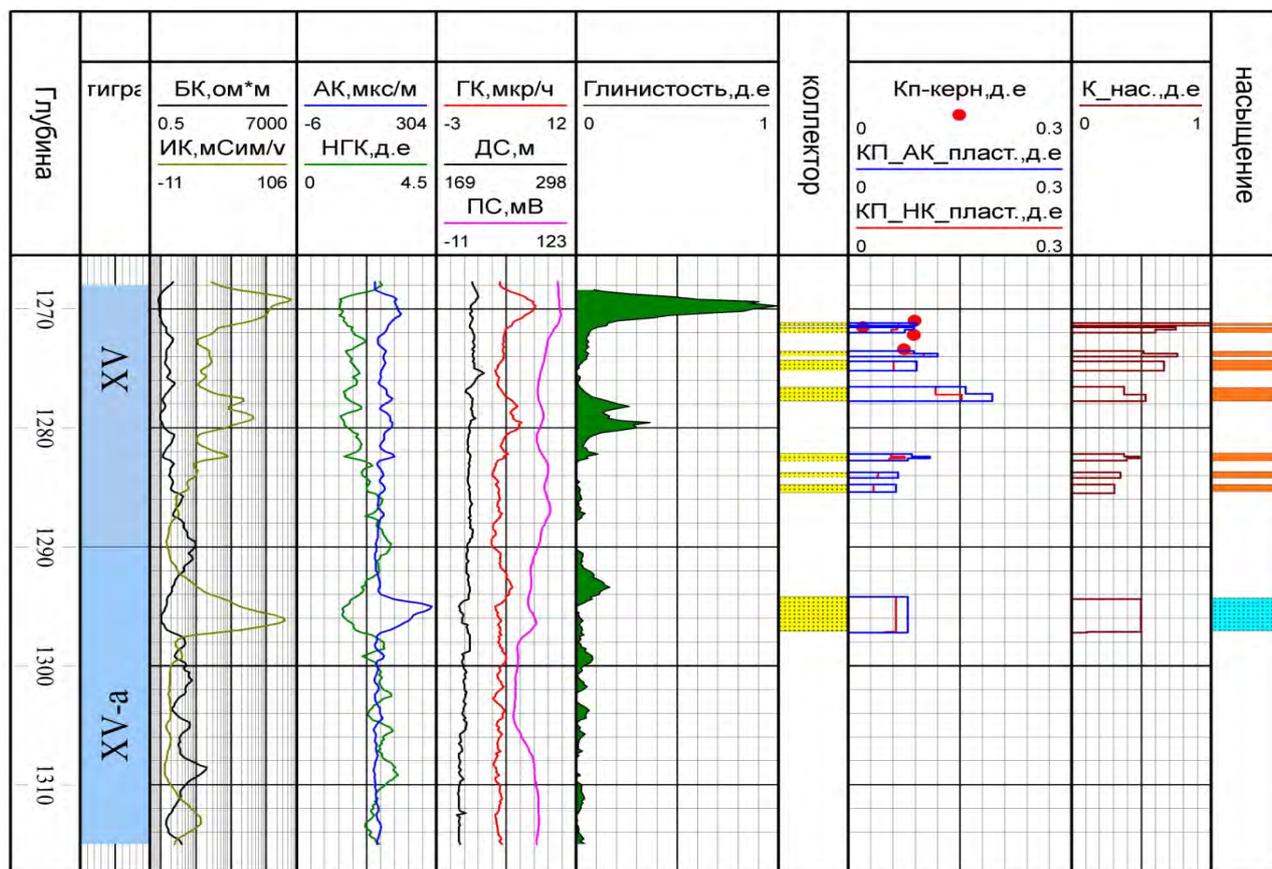


Рисунок 3 – Результаты комплексной интерпретации скважины №3

## Выводы и рекомендации.

### Выводы:

- Выделены коллекторы
- Определены значения коэффициента общей пористости
- Построены петрофизические связи для интерпретации данных ГИС
- Определена глинистость коллекторов по данным ГК
- Определена пористость коллекторов по данным методов НГК и АК
- Определена газонасыщенность коллекторов

### Рекомендации:

- гамма-гамма-плотностной метод (ГГМп) для уточнения значений пористости и уточнения литологического состава в комплексе с нейтронным методом.
- Проницаемость пласта слабо связана с другими емкостными свойствами коллекторов ( $K_n$ ,  $K_{n.эф}$ ,  $K_{ов}$ ). Соответственно нахождение проницаемости по  $K_n$  и по  $K_{n.эф}$  – недостоверно. Для определения проницаемости рекомендуется ГДИ скважины
- метод АК (с поправкой за глинистость) информативный метод для количественной оценки  $K_n$ , но на него влияет трещиноватость. Для уточнения  $K_n$  и повышения достоверности выделения коллекторов по  $K_{n.эр}$  рекомендуется ГГКп;
- для выделения трещинных интервалов и определения трещинной емкости рекомендуется ВАК.

### Литература

1. Геологическая глава отчёта по месторождению Жайрон. Фонды АО «Узбекгеофизика». Ташкент. 2015.
2. Информационный отчёт «Петрофизические исследования образцов керна в термобарических условиях для обоснования подсчетных параметров коллекторов продуктивных горизонтов месторождения Жайрон» / АО ИГИРНИГМ. Ташкент. 2015.
3. Определение петрофизических характеристик по образцам / В.Н. Кобранова, Б.И. Извеков, С.Л. Пацевич, М.Д. Шварцман; Под. ред. В.Н. Дахнова. М.: Недра, 1977. 431 с.
4. Золоева. Г.М., Лазуткина Н.Е. Комплексная интерпретация геофизических данных с целью оценки параметров коллекторов: Учеб. пособие. М.: Макс Пресс. 2009. 148 с.
5. Кулапова М.В., Хохлова М.С. АРМ специалиста по интерпретации данных ГИС. Учеб. пособие по интерпретации данных ГИС в системе «Камертон». М.: Издат центр РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. 2011. 112 с.

## ПРОГРАММА CS-PROJECT ДЛЯ АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ ПО ДАННЫМ МИРОВЫХ КАТАЛОГОВ NEIC, EMSC, ISC

Воронцова Е.В.

*vorontsova@gdirc.ru*

Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация. Представлена программа CS-project для анализа основных мировых каталогов сейсмических событий, и результат анализа особенностей каталога ISC для территории Бишкекского геодинамического полигона (41.5-43.5 с.ш., 73-77 в.д.).*

*Ключевые слова: каталог сейсмических событий.*

При изучении связи сейсмической активности и геодинамических процессов, происходящих в земной коре, а также влияния различных внешних факторов (солнечные вспышки, сильные электромагнитные воздействия, лунно-солнечные приливы и т.д.) на сейсмичность, исследователи используют каталоги сейсмических событий. Это означает, что выбор и контроль качества каталога, используемого в исследовании, играет очень важную роль.

В настоящее время существует большое количество различных каталогов землетрясений, зафиксированных в разных точках нашей планеты. Сейсмологические сети, осуществляющие регистрацию событий, обладают разнообразной как пространственной, так и аппаратурной конфигурацией. Также для каждой сети используются свои предположения о внутреннем строении прилегающей и удаленных территорий. Также это означает, что применяемые в обработке событий скоростные модели также различны. При этом невозможно сказать, что существует какой-то «лучший каталог» - каждый имеет определенные сильные и слабые стороны. Основными общепризнанными мировыми каталогами являются NEIC [1], ISC [2], EMSC [3]. Все вышеперечисленные каталоги являются составными каталогами, то есть являются результатом объединения нескольких исходных локальных и региональных каталогов, и, значит, изначально являются неоднородными. Поэтому для использования этих каталогов в научных исследованиях важно выполнить сравнение и анализ представленной в них информации. Для удобства проведения такого анализа была создана программа CS-project для анализа сейсмических событий по данным мировых каталогов NEIC, EMSC, ISC.

Основной функционал программы включает:

- Выбор условий для поиска сейсмических событий в мировых каталогах NEIC, EMSC, ISC (рис.1);
- Сохранение результатов в базу выборок, формирование \*.xlsx и \*.mat файлов (рис.2);
- Объединение выборок, удаление, перенумерация, вывод карты событий;  
Анализ каталога ISC:
- Загрузка информации о событиях;
- Вывод таблицы с указанием автора prime-решения, антропогенное или природное событие, количества агентств, зафиксировавших событие, названий первых трех агентств (рис.3);
- Сортировка по дате, магнитуде, глубине, автору, классификации события, количеству агентств, агентству. Создание выборки, сохранение результата в отдельный файл;
- Просмотр информации о событии (рис.4), при необходимости – конвертация в формат Seiscomp3-xml, загрузка волновых форм из IRIS в формате geosv или mseed, просмотр сейсмограмм с указанием времен вступления фаз из паспорта события.

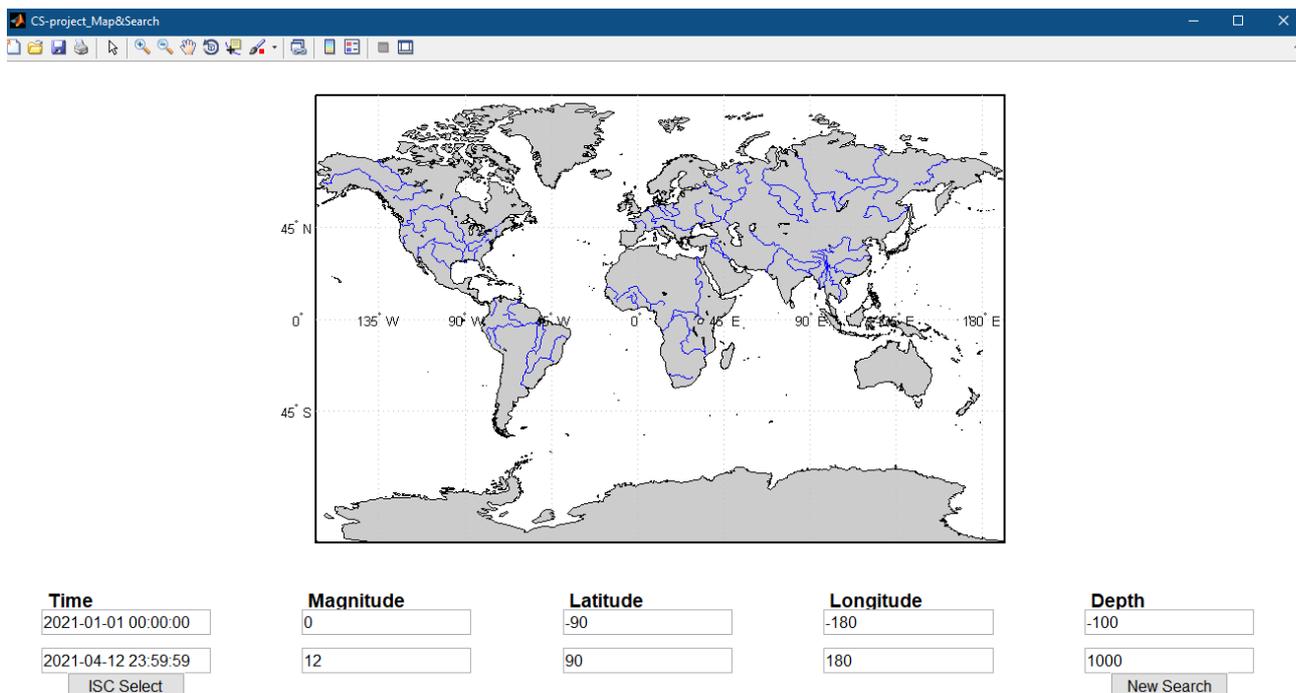


Рисунок 1 – Выбор условий для поиска сейсмических событий в мировых каталогах NEIC, EMSC, ISC

The screenshot shows a software window titled 'CS-project' displaying a table of search results. The table has 15 rows and 16 columns. The columns are: N, Name, Time1, Time2, Mag1, Mag2, Lat1, Lat2, Lon1, Lon2, Depth1, Depth2, NEIC, EMSC, ISC, and Del. Below the table are four buttons: 'Concat', 'Delete', 'Renum', and 'Plot'.

N	Name	Time1	Time2	Mag1	Mag2	Lat1	Lat2	Lon1	Lon2	Depth1	Depth2	NEIC	EMSC	ISC	Del
1	1 0001_2020-07-01_2020-08-30_MO.xlsx	2020-07-01 00:00:00	2020-08-30 23:59:59	0	12	40	70	60	90	-100	1000	9	37	231	<input type="checkbox"/>
2	2 0002_2020-07-01_2020-08-30_MO.xlsx	2020-07-01 00:00:00	2020-08-30 23:59:59	0	12	40	70	90	120	-100	1000	5	10	34	<input type="checkbox"/>
3	3 0003_2020-07-01_2020-08-30_MO.xlsx	2020-07-01 00:00:00	2020-08-30 23:59:59	0	12	10	40	90	120	-100	1000	86	131	190	<input type="checkbox"/>
4	4 0004_2020-01-01_2020-08-30_MO.xlsx	2020-01-01 00:00:00	2020-08-30 23:59:59	0	12	10	40	90	120	-100	1000	236	311	599	<input type="checkbox"/>
5	5 0005_2020-01-01_2020-08-30_MO.xlsx	2020-01-01 00:00:00	2020-08-30 23:59:59	0	12	40	70	120	150	-100	1000	137	151	352	<input type="checkbox"/>
6	6 0006_2020-01-01_2020-08-30_MO.xlsx	2020-01-01 00:00:00	2020-08-30 23:59:59	0	12	40	70	90	150	-100	1000	155	182	500	<input type="checkbox"/>
7	7 0007_2020-05-15_2020-08-30_MO.xlsx	2020-05-15 00:00:00	2020-08-30 23:59:59	0	12	10	70	90	150	-100	1000	649	992	1893	<input type="checkbox"/>
8	8 0008_2020-05-01_2020-08-30_MO.xlsx	2020-05-01 00:00:00	2020-08-30 23:59:59	0	12	10	70	90	150	-100	1000	724	-999	2154	<input type="checkbox"/>
9	9 0009_2020-01-01_2020-08-30_MO.xlsx	2020-01-01 00:00:00	2020-08-30 23:59:59	0	12	10	70	90	150	-100	1000	1429	-999	4847	<input type="checkbox"/>
10	10 0010_2018-12-01_2020-08-30_MO.xlsx	2018-12-01 00:00:00	2020-08-30 23:59:59	0	12	10	70	90	150	-100	1000	3534	-3353	12178	<input type="checkbox"/>
11	11 0011_2018-11-01_2020-08-30_MO.xlsx	2018-11-01 00:00:00	2020-08-30 23:59:59	0	12	10	70	90	150	-100	1000	3682	-3456	30259	<input type="checkbox"/>
12	12 0012_2018-10-15_2020-08-30_MO.xlsx	2018-10-15 00:00:00	2020-08-30 23:59:59	0	12	10	70	90	150	-100	1000	3784	-3544	39048	<input type="checkbox"/>
13	13 0013_2018-10-05_2020-08-30_MO.xlsx	2018-10-05 00:00:00	2020-08-30 23:59:59	0	12	10	70	90	150	-100	1000	3846	-3590	-30000	<input type="checkbox"/>
14	14 0014_2020-01-01_2020-09-10_MO.xlsx	2020-01-01 00:00:00	2020-09-10 23:59:59	0	12	40	50	70	80	-100	1000	21	119	891	<input type="checkbox"/>
15	15 0015_2020-01-01_2020-09-11_MO.xlsx	2020-01-01 00:00:00	2020-09-11 23:59:59	0	12	30	50	60	90	-100	1000	335	607	2745	<input type="checkbox"/>

Рисунок 2 – Сохранение результатов в базу выборок, объединение выборок, удаление, перенумерация, вывод карты событий

ID	Year	Month	Day	Hour	Min	Sec	Lat	Lon	Depth	Magn	Type	Author	Eq	N_Ag	Ag_1	Ag_2	Ag_3	Seism
1	2020	7	1	17	24	55.54	27.913	98.572	0.00	3.3	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	1	IDC			<input type="checkbox"/>
2	2020	7	1	20	7	36.11	34.083	102.581	0.00	3.3	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	1	IDC			<input type="checkbox"/>
3	2020	7	2	3	11	35.92	27.174	104.668	0.00	4.2	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	4	IDC	NEIC	GFZ	<input type="checkbox"/>
4	2020	7	2	3	57	57.27	27.119	104.733	0.00	3.6	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	1	IDC			<input type="checkbox"/>
5	2020	7	2	12	44	15.88	28.370	105.136	0.00	3.9	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	1	IDC			<input type="checkbox"/>
6	2020	7	2	19	46	29.40	31.761	91.018	0.00	3.0	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	1	IDC			<input type="checkbox"/>
7	2020	7	2	23	25	13.04	15.784	119.718	0.00	3.7	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	1	IDC			<input type="checkbox"/>
8	2020	7	3	9	5	48.11	23.047	93.296	54.50	3.9	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	4	IDC	NEIC	GFZ	<input type="checkbox"/>
9	2020	7	3	16	45	4.59	32.380	95.812	0.00	3.5	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	1	IDC			<input type="checkbox"/>
10	2020	7	5	11	56	39.50	23.083	93.347	60.00	3.9	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	4	IDC	NEIC	GFZ	<input type="checkbox"/>
11	2020	7	6	3	33	50.17	28.365	100.830	0.00	3.8	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	1	IDC			<input type="checkbox"/>
12	2020	7	7	23	49	24.79	12.812	92.456	0.00	4.2	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	4	IDC	NEIC	GFZ	<input type="checkbox"/>
13	2020	7	8	2	39	59.10	26.017	103.075	0.00	4.3	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	4	IDC	NEIC	GFZ	<input type="checkbox"/>
14	2020	7	8	2	58	10.14	23.100	93.457	0.00	3.9	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	4	IDC	NEIC	GFZ	<input type="checkbox"/>
15	2020	7	11	10	7	11.10	23.027	95.235	0.00	3.6	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	1	IDC			<input type="checkbox"/>
16	2020	7	11	10	26	54.29	30.300	94.807	0.00	3.7	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	2	IDC	GFZ		<input type="checkbox"/>
17	2020	7	11	10	11	10.70	14.135	96.024	0.00	3.8	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	1	IDC			<input type="checkbox"/>
18	2020	7	11	10	9	12.06	14.156	95.559	0.00	3.5	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	1	IDC			<input type="checkbox"/>
19	2020	7	11	10	19	11.60	24.130	118.970	0.00	3.5	ML	NOU	<input checked="" type="checkbox"/>	1	NOU			<input type="checkbox"/>
20	2020	7	11	10	26	49.00	24.140	118.970	0.00	3.0	ML	NOU	<input checked="" type="checkbox"/>	1	NOU			<input type="checkbox"/>
21	2020	7	11	10	3	30.66	26.061	103.221	0.00	3.7	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	1	IDC			<input type="checkbox"/>
22	2020	7	11	10	30	38.12	31.150	110.450	0.00	3.8	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	1	IDC			<input type="checkbox"/>
23	2020	7	11	10	38	22.78	39.752	118.498	0.00	4.3	mb	IDC	<input checked="" type="checkbox"/>	4	IDC	NEIC	GFZ	<input type="checkbox"/>

Рисунок 3 – Вывод таблицы с указанием автора prime-решения, антропогенное или природное событие, количества агентств, зафиксировавших событие, названий первых трех агентств (для каталога ISC)

**International Seismological Centre**  
**ISC: On-Line Bulletin**

Any use of data from the ISC should be cited. The correct format for citations may be found on our [citation page](#).

The ISC Bulletin has now been completely [rebuild](#) for the period 1964-2010. As a result, the ISC hypocentre solutions and magnitudes for the entire period of 1964-latest are based on the ak135 velocity model and the [location procedure](#) that is currently used in operations. The Bulletin has been cleaned up and a considerable number of previously unavailable data of permanent and temporary seismic deployments have been added.

Once the search has completed, a compressed [KML file](#) will be available to view the results in [Google Earth](#).

[Make an event map](#)

DATA TYPE BULLETIN IMS1.0:short  
ISC Bulletin  
Event 618682739 Xizang

Date	Time	Err	RMS	Latitude	Longitude	Smaj	Smin	Az	Depth	Err	Ndef	Nsta	Gap	mdist	Mdlist	Qual	Author	OrigID
2020/07/03	16:45:04.59	1.12	0.400	32.3799	95.8123	38.9	18.1	57	0.0f		9	140	14.15	66.56		uk	IDC	14154579

Magnitude	Err	Nsta	Author	OrigID
mb	3.5	0.1	5 IDC	14154579
mbtmp	3.5	0.1	9 IDC	14154579
ML	3.7	0.3	2 IDC	14154579
MS	3.1	0.1	9 IDC	14154579

Sta	Dist	EvRz	Phase	Time	TRes	Azim	AzRes	SRes	Def	SNR	Amp	Per	Qual	Magnitude	ArrID
<a href="#">CMAR</a>	14.15	167.8	Pn	16:48:25.85	941.2		11.90			4.8	0.2	0.35		mbtmp	3.2 18161245
<a href="#">CMAR</a>	14.15	167.8	LR	16:54:15.487	330.0		38.90				52.1	21.06		MS	2.9 18161246
<a href="#">SONM</a>	17.40	24.4	F	16:49:08.44	213.0		13.60			5.1	1.0	0.73		mbtmp	3.5 18161260
<a href="#">MKAR</a>	17.73	328.2	P	16:49:13.375	141.5		14.10			9.1	0.1	0.33		ML	3.4 18161256
<a href="#">MKAR</a>	17.73	328.2									1.1	0.88		mbtmp	3.5 18161257
<a href="#">AAK</a>	19.72	307.3	P	16:49:36.244	136.5		2.20			8.0	0.4	0.33		ML	3.9 18161241
<a href="#">AAK</a>	19.72	307.3									0.7	0.30		mbtmp	3.6 18161242
<a href="#">KURBB</a>	22.26	330.0	P	16:50:02.321	137.1		10.80			8.5	0.8	0.22		mbtmp	3.8 18161254
<a href="#">KURBB</a>	22.26	330.0									0.8	0.22		mb	3.7 18161255

Рисунок 4 – Просмотр информации о событии (для каталога ISC)

Покажем результаты использования программы на примере территории Бишкекского геодинамического полигона (БГП, 41.5-43.5 с.ш., 73-77 в.д.) за период 1994-2020 гг.. В каталоге NEIC представлено только 77 землетрясений с  $M > 3.1$ , каталог EMSC представлен 297 событиями с 2004 г. и  $M > 2.7$ , тогда как каталог ISC содержит информацию о 15155 событиях с  $M > 0.9$  от 21 агентства. Это означает, что наиболее полную информацию содержит каталог ISC. Отметим, что основная часть событий представлена 4-мя основными агентствами KNET, KRNET, NNC и SOME – количество событий для каждого агентства и их пересечения представлены в таблице 1.

Таким образом, представленная программа CS-проект является универсальным средством для работы с основными мировыми каталогами сейсмических событий NEIC, EMSC, ISC и детального анализа наиболее полного из перечисленных каталогов – ISC.

Таблица 1 – Результат анализа каталога ISC для территории БП (41.5-43.5 с.ш., 73-77 в.д.)

	<b>KNET</b>	<b>KRNET</b>	<b>NNC</b>	<b>SOME</b>	<b>Не повторяются</b>	<b>Общее кол-во</b>
<b>KNET</b>	---	1472	1954	1325	1659	3961
<b>KRNET</b>	1472	---	2462	3192	7149	10837
<b>NNC</b>	1954	2462	---	3526	651	5052
<b>SOME</b>	1325	3192	3526	---	0	4562

#### **Литература**

1. National Earthquake Information Center (NEIC). - URL: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> (дата обращения 21.03.2021).
2. International Seismological Centre, On-line Bulletin. - URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/> (дата обращения 21.03.2021).
3. The European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC). - URL: <https://www.emscsem.org> (дата обращения 21.03.2021).

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД АКЧАЛАКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ МАТЕРИАЛОВ ГИС И ПОДСЧЁТА ЗАПАСОВ

Давиров А.О., Мирзаахмедов М.М., Шеров М.Р., Бегматов Б.Б.  
*akmal\_davirov@mail.ru*

АО «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», г. Ташкент,  
Республика Узбекистан

*Аннотация. Статья посвящена определению петрофизических свойств горных пород, отобранных из скважин Акчалакского месторождения Устюртского нефтегазоносного региона, взятых из лаборатории «Физика пласта» ОАО «ИГИРНИГМ» и ИПГП – «Узбекгеофизика». Для целей петрофизической интерпретации данных ГИС строились связи типа “кern-кern”, использованные для разработки алгоритма интерпретации ГИС на Акчалакском месторождении. Были построены связи:  $R_n=f(K_p)$  и  $R_n=f(K_v)$ ,  $K_{np}-K_p$ ,  $K_{np}-K_{пэф}$ ,  $K_p-K_{во}$ , где:  $K_p$  – коэффициент открытой пористости,  $R_n$  и  $R_n$  – параметры, соответственно, пористости и насыщенности,  $K_{во}$  - коэффициент остаточной водонасыщенности,  $K_{np}$  – коэффициент проницаемости и  $K_{пэф}$  – коэффициент эффективной пористости. Для целей обработки интерпретации ГИС определены граничные значения коэффициента открытой пористости и остаточной водонасыщенности для терригенных коллекторов скважины №24 месторождения Акчалак. Актуальность данной работы обусловлена определением коллекторских свойств (ФЭС) в сложных коллекторах юрских терригенных отложений.*

*Ключевые слова: фильтрационно-емкостные свойства (ФЭС), геофизические исследования скважин (ГИС), коллектор, месторождение, пористость, проницаемость, водонасыщенность, порода, kern, нефть, газ.*

Установление граничных значений «коллектор-неколлектор» производится на основе выявленных зависимостей между коллекторскими параметрами пород [1,2].

Для установления нижней границы коллекторов по коэффициенту открытой пористости  $K_p$  используем графоаналитический метод, основанный на построении интегральной функции распределения значений данного параметра по интервалам, относимым к коллекторам и неколлекторам. Для терригенных газовых коллекторов Устюрта проницаемыми считаются образцы с значениями  $k_{пр}$  более  $0,27 \times 10^3 \text{ мкм}^2$ .

Полученные кривые для терригенной толщи, вскрытой скважиной № 24 площади Акчалак, представлены на рис.1.

Абсцисса точки пересечения кумулятивных кривых коллекторов и неколлекторов соответствует значению 10,1%. Это значение наиболее вероятная величина граничной пористости для коллекторов с гранулярным типом пористости. В построении этой кривой использовано 104 значения коэффициента пористости  $K_p$  и коэффициента проницаемости  $K_{пр}$ .

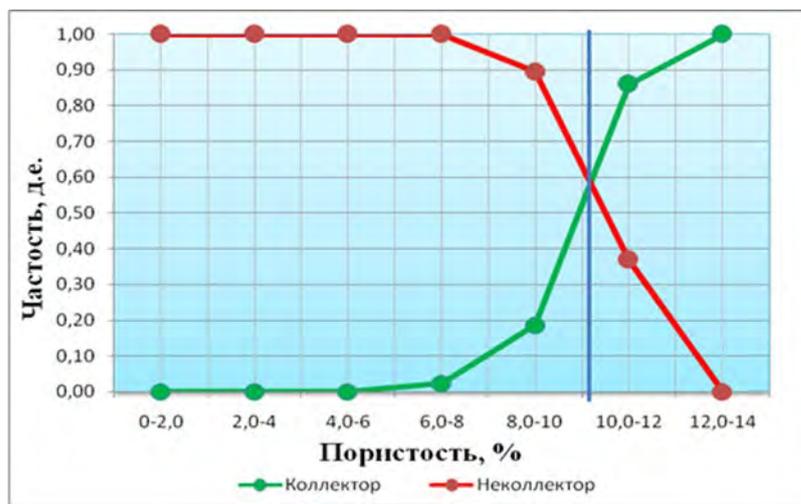


Рисунок 1 – Сопоставление кумулятивных кривых распределения коллекторов и неколлекторов (по газу) по интервалам пористости

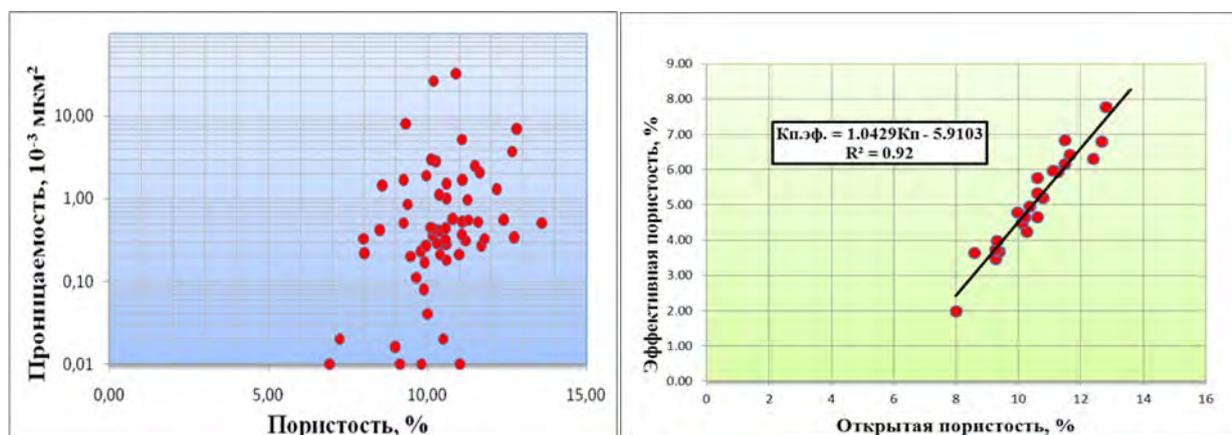


Рисунок 2 – Связь проницаемости с пористостью и коэффициента эффективной пористости с открытой пористостью для песчано-алевритовых пород

Хотя четкой корреляционной зависимости выявить не удалось, но тенденция возрастания проницаемости с ростом пористости соблюдается.

Коэффициент эффективной пористости коллекторов юрских отложений Акчалакского месторождения определяли по следующим формулам[3]:

$$K_{п.эф.} = (M - \mu_0)(K_{п.} - \mu) / (M - \mu),$$

где  $M$  – пористость скелета,  $\mu_0$  – водоудерживающая способность матрицы,  $\mu$  – максимальная водоудерживающая способность матрицы.

Для определения коэффициента проницаемости коллекторов юрских отложений, Учебного месторождения по данным ГИС была использована обобщенная зависимость из графика:

$$K_{пр} = 0,005e^{1,534K_{п.эф.}}$$

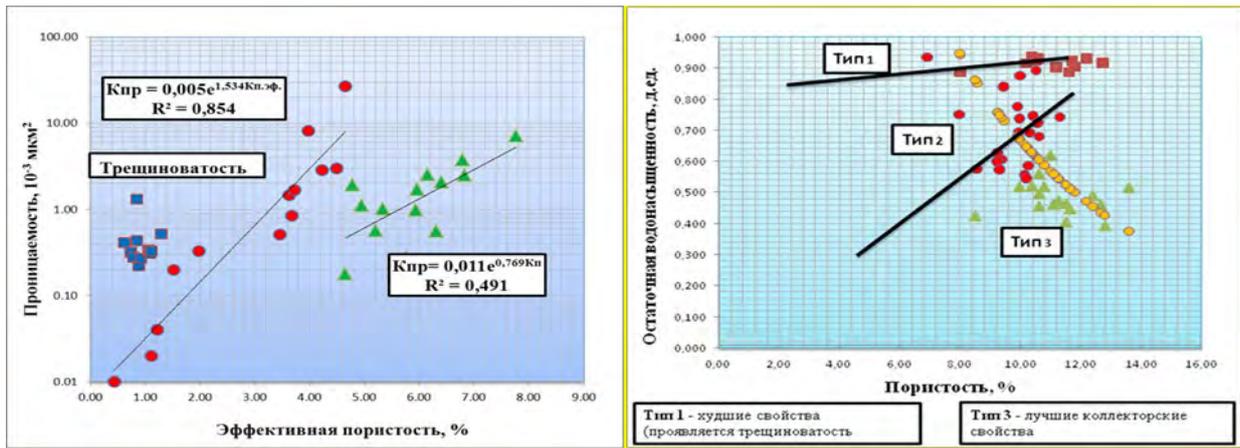


Рисунок 3 – Связь проницаемости с эффективной пористостью и коэффициента остаточной водонасыщенности с коэффициентом открытой пористости для песчано-алевритовых пород

На основании данного графика можно заключить, что лучшие коллекторские свойства находятся в диапазоне 8-14% открытой пористости и в диапазоне 35-65% остаточной водонасыщенности.

Для обоснования граничных значений коэффициента остаточной водонасыщенности  $K_{ов}$  можно воспользоваться зависимостью  $K_{п} = f(K_{ов})$ . Результаты сопоставления значений пористости и водонасыщенности для терригенных коллекторов скважины №24 месторождения Акчалак приведены на рис.4. На основании данного графика можно заключить, что наиболее вероятное значение величины граничного значения коэффициента остаточной водонасыщенности равно 65%.

Таким образом, граничные значения ФЕС песчано-алевритовых пород продуктивных отложений имеют следующие значения:

- $K_{п}$  - 10,1%;
- $K_{пр}$  -  $0,27 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$ ;
- $K_{ов}$  - 65%.

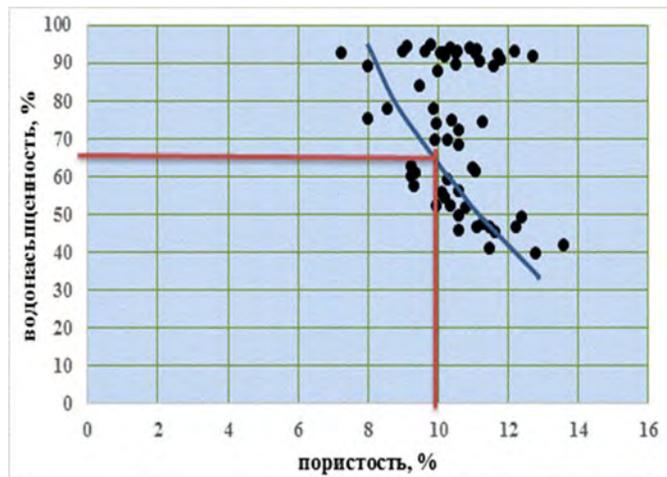


Рисунок 4 – Связь коэффициента остаточной водонасыщенности с коэффициентом открытой пористости для песчано-алевритовых пород

На рисунке 5. приведена зависимость  $P_n = f(k_p)$  параметра пористости от коэффициента открытой пористости для песчаников в атмосферных условиях. Уравнения связи имеют следующий вид:

- $P_n = 1/K_p^{1,78}$ , с коэффициентом корреляции 0,93.

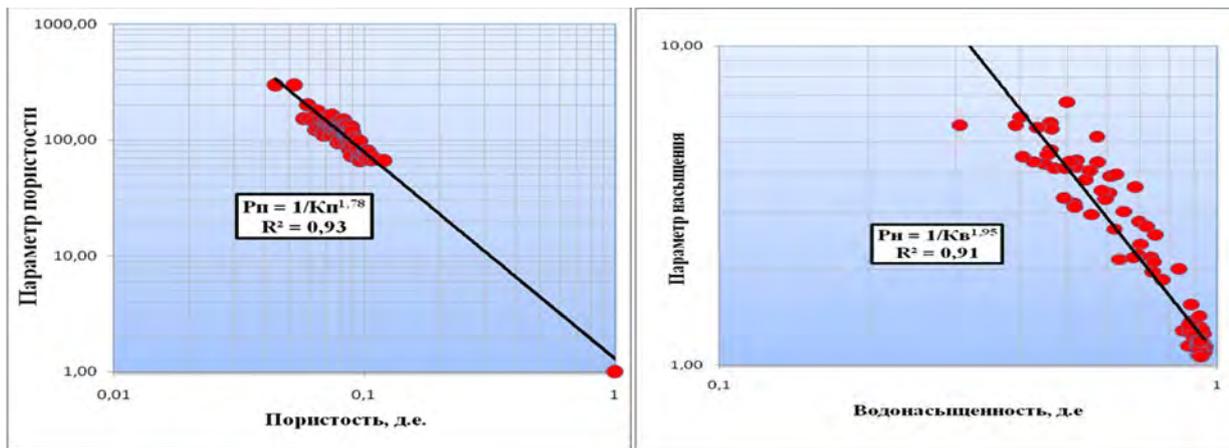


Рисунок 5 – Зависимость параметра пористости (Pп) от коэффициента открытой (kп) пористости и параметра насыщения (Pн) от коэффициента водонасыщенности (Ков) для терригенных пород

Структурный показатель  $m$  равен 1,78. Эта величина характерна для плотных терригенных пород с преимущественно поровым типом пористости[4,5].

Результаты данных исследований позволили получить зависимость коэффициента увеличения сопротивления от коэффициента водонасыщенности (Ков) для песчано-алевритовых пород (рис.5.), корреляционная связь которых описывается следующим уравнением:

$P_n = 1/K_{ov}^{1,95}$ , с коэффициентом корреляции 0,91.

Показатель  $n$  в эмпирической зависимости равен 1,95. Такое значение показателя  $n$  характерно для гранулярных гидрофильных терригенных пород[6].

Скорости распространения продольных волн ( $V_p$ ) в песчаниках при их полном насыщении 10% раствором NaCl в атмосферных условиях варьируют в пределах 3406-4534 м/с, а интервальное время соответственно от 221 до 294 мкс. Эмпирическая зависимость  $\Delta T = f(kп)$ , полученная на основе данных определения упругих ( $V_p$ ) и емкостных свойств песчано-алевритовых (Кп) пород, приведена на рис.6.

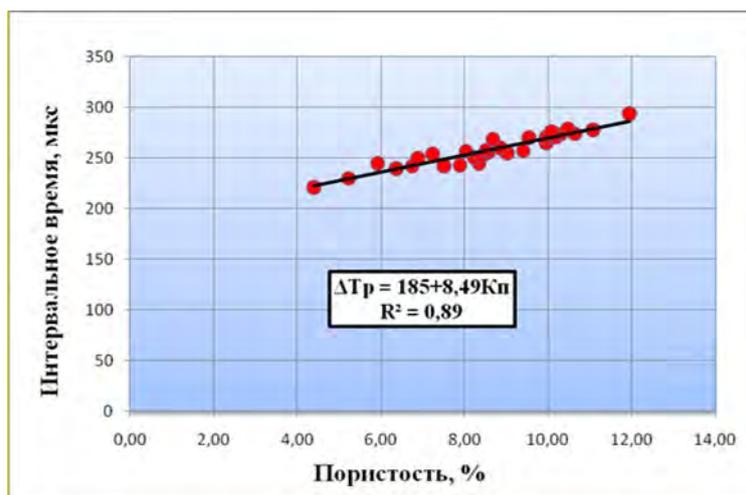


Рисунок 6 – Зависимость интервального времени пробега продольных волн от коэффициента открытой пористости для песчано-алевритовых пород

В численном выражении эта зависимость для песчаников скважины 24 месторождения Акчалак имеет вид:

$$\Delta T = 8,49kп + 185 \quad r^2 = 0,89.$$

**Выводы и рекомендации.** При выполнении работы получены следующие результаты:

1. Проанализированы данные исследования фильтрационно-емкостных свойств на образцах кернa нижнеюрских коллекторов месторождения Акчалак.
2. Были построены связи:  $R_p=f(K_p)$  и  $R_n=f(K_v)$ ,  $K_{пр-Кп}$ ,  $K_{пр-Кпэф}$ ,  $K_{п-Кво}$ .
3. Для целей обработки интерпретации ГИС определены граничные значения коэффициента открытой пористости и остаточной водонасыщенности для терригенных коллекторов.

В дополнение к имеющемуся комплексу петрофизических исследований образцов кернa можно рекомендовать выполнение определений следующих параметров:

1. Рентгено - структурный анализ. Для изучения вещественного состава обломочной части породы и ее глинистой составляющей.
2. Определение фазовой проницаемости на образцах кернa для уточнения граничного значения коэффициента проницаемости, принятого в настоящий момент.
3. Производить геохимические исследования, а именно пиролез образцов керогена нефтематеринских отложений.

### Литература

1. Кобранова В.Н. Петрофизика. Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра. 1986. 392 с.
2. Абдуллаев Г.С., Богданов А.Н., Эйдельмант Н.К. Месторождения нефти и газа Республики Узбекистан. Ташкент: Zamin nashr. 2019. 820 с.
3. Золоева Г.М., Лазуткина Н.Е. Комплексная интерпретация геофизических данных с целью оценки параметров коллекторов. М.: Макс Пресс. 2009. 147 с.
4. Латышова М.Г., Мартынов В.Г., Соколова Т.Ф. Практическое руководство по интерпретации данных ГИС: Учеб. пособие для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр». 2007. 327 с.
5. Кожевников Д.А., Коваленко К.В. Изучение коллекторов нефти и газа по результатам адаптивной интерпретации геофизических исследований скважин. М.: Изд. центр РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. 2011. 219 с.
6. Промысловая геофизика: Учебник для вузов / Под ред. В.М. Добрынина, Н.Е. Лазуткиной. М.: Нефть и газ, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. 2004. 400 с.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В НАУЧНОЙ СТАНЦИИ РАН: ОПРЕДЕЛЕНИЕ КВАЗИОПТИМАЛЬНОГО ПАРАМЕТРА РЕГУЛЯРИЗАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ДВУМЕРНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ МТЗ

Забинякова О.Б.  
perah.92@inbox.ru

Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация.* В работе на примере магнитотеллурического профиля Туюк (Бишкекский геодинамический полигон) на разных вычислительных сетках апробирован подход с применением метода L-кривой к поиску оптимального параметра для двумерной инверсии этих данных (решение обратной задачи МТЗ методом тихоновской регуляризации). Построены геоэлектрические разрезы вдоль профиля Туюк на разных вычислительных сетках и для разных значений параметра регуляризации.

*Ключевые слова:* метод магнитотеллурического зондирования, регуляризация Тихонова, оптимальный параметр регуляризации, метод L-кривой, магнитотеллурический профиль, геоэлектрических разрезы.

### Введение

Метод магнитотеллурического зондирования (МТЗ) – один из методов электроразведки, активно применяемый при изучении строения земной коры и верхней мантии. Сотрудниками Научной станции РАН уже более двадцати лет проводятся геофизические исследования Тяньшанского региона с помощью метода МТЗ – результаты этих исследований отражены в многочисленных публикациях ([1-19] и др.). При этом одной из основных задач является задача построения геоэлектрических моделей и детализации глубинных электрических свойств, характерных для литосферы Киргизии и сопредельных территорий ([1-13] и др.). Также есть ряд обзорных работ, посвященных вопросам сбора, хранения и обработки магнитотеллурических данных (МТ-данных), используемым в НС РАН ([14-18] и др.). За более чем двадцатилетний период магнитотеллурических наблюдений была накоплена объемная база как профильных, так и мониторинговых МТ-данных. Проводя ревизию этой базы данных в 2019 году, сотрудники лаборатории глубинных магнитотеллурических исследований НС РАН обнаружили отсутствие цифровых геоэлектрических моделей для нескольких профилей Бишкекского геодинамического полигона (БГП; профиля Кара-Балта, Сокулук, Серафимовка, Туюк). Поэтому возникла необходимость «реанимировать» модели по этим профилям – выполнить 2D инверсию соответствующих МТ-данных, то есть решить обратную двумерную задачу МТЗ. В данной работе представлены результаты, полученные для профиля Туюк.

Под решением двумерной обратной задачи МТЗ предполагается восстановление дискретной функции удельной электрической проводимости  $\sigma = \sigma(x, z)$  в изучаемой геосреде (здесь и далее будем подразумевать, что в декартовой системе координат  $Oxyz$  с вертикальной осью  $Oz$ , направленной вглубь Земли, электрические свойства геосреды однородны вдоль оси  $Oy$ ) [19, 20]. Во многих работах ([19, 21] и др.) рассматривается вопрос корректности такой задачи: доказано, что обратная задача геофизики некорректна (ввиду нарушения условия устойчивости получаемого решения), а для её решения следует применять какие-либо методы регуляризации, самым распространенным из которых является метод регуляризации Тихонова [22] – решается оптимизационная задача на безусловный экстремум [19]:

$$\inf \Phi_{\alpha} \{ \sigma(x, z) \},$$

где целевая функция  $\Phi_\alpha \{ \sigma(x, z) \} = \delta_\alpha \{ \sigma(x, z) \} + \alpha \cdot \gamma_\alpha \{ \sigma(x, z) \}$  является регуляризирующим функционалом Тихонова;  $\delta_\alpha$  – функционал невязки, характеризующий отклонение рассчитанных данных от натуральных;  $\gamma_\alpha$  – стабилизирующий функционал, характеризующий сглаженность модели и накладывающий соответствующие дополнительные требования на искомое решение;  $\alpha > 0$  – параметр регуляризации, определяющий степень влияния стабилизирующего функционала на итоговое решение. Подробное описание функционалов  $\delta_\alpha$  и  $\gamma_\alpha$  дано в [19]. Ввиду того, что на параметр  $\alpha > 0$  не накладывается никаких дополнительных ограничений, возникает *задача поиска оптимального значения параметра регуляризации  $\alpha$* , или *квазиоптимального параметра регуляризации* (в отсутствии информации об измерительных и модельных погрешностях) по анализу  $L$ -кривой, соответствующей решаемой оптимизационной задаче [19, 21]. Основы метода  $L$ -кривой подробно изложены в работах [23, 24]. Напомним, что квазиоптимальное значение параметра  $\alpha$  соответствует точке наибольшей кривизны  $L$ -кривой, представляющей собой билигарифмическую зависимость между  $\delta_\alpha$  и  $\gamma_\alpha$ , получаемыми при решении обратной задачи.

Программное обеспечение, используемое в НС РАН для решения обратной задачи МТЗ, основано на применении метода нелинейных сопряженных градиентов для минимизации соответствующего тихоновского функционала [25] и позволяет настраивать большое количество вычислительных параметров инверсии, в том числе и выбирать значение параметра регуляризации  $\alpha$ . При этом оказалось, что единственная публикация сотрудников ЛГМИ НС РАН, посвященная анализу именно этого вопроса – работа [26], описывающая анализ роли параметра регуляризации на основе визуального сопоставления получаемых решений (геоэлектрических разрезов), что, разумеется, требует внимания высококвалифицированного интерпретатора. В остальных же публикациях, связанных с построением геоэлектрических моделей литосферы Тянь-Шаня, в основном рассматриваются модели, получаемые при использовании параметра  $\alpha = 3$ . Поэтому возник интерес к проверке адекватности этого значения, например, используя подход, упоминаемый в [19, 21] и активно используемый зарубежными геофизиками [27-32] – метод  $L$ -кривой.

В 2019 году был выполнен ряд численных экспериментов по апробации метода  $L$ -кривой для подбора квазиоптимальных параметров регуляризации для инверсии профильных МТ-данных Бишкекского геодинамического полигона. Краткие результаты, полученные для профиля Туяк, были опубликованы в работе [33].

В 2020 году, в продолжение исследований, начатых ранее, возник интерес в анализе зависимости формы  $L$ -кривой от размерности вычислительной сетки, на которой выполняется инверсия. Далее в данной работе представлены результаты по апробации метода  $L$ -кривой при инверсии магнитотеллурических данных, полученных вдоль профиля Туяк, на вычислительных сетках нескольких размерностей. Также построены геоэлектрические разрезы вдоль профиля Туяк на разных сетках и для разных значений параметра регуляризации.

Отметим, что рассмотрение вопроса выбора оптимального параметра регуляризации не является приоритетным при интерпретации профильных МТ-данных, но все же представляет интерес в аспекте *совершенствования методики интерпретации данных магнитотеллурического зондирования, применяемой в НС РАН*.

#### **Описание и результаты вычислительного эксперимента**

При настройке инверсии магнитотеллурических данных, наблюдаемых вдоль профиля Туяк (рис. 1), использовались стандартные опции, подробно описанные в работе [26]. Субмеридиональный МТ-профиль Туяк имеет протяженность ~16 км с 24-мя пунктами наблюдений. Для этого профиля выполнялась серия инверсий (при различных значениях параметра  $\alpha$ ) на каждой из трех сеток:  $239 \times 60$ ,  $36 \times 31$ ,  $125 \times 41$  (первое число – количество

сеточных ячеек в горизонтальном направлении, второе число – количество сеточных ячеек в глубину).

В качестве стартовой модели для инверсии использовалось однородное полупространство удельным электрическим сопротивлением 100 Ом·м; частотный диапазон составил 7 декад, минимальная частота 0,001 Гц; максимальное количество итерации, используемое для решения обратной задачи – 200.

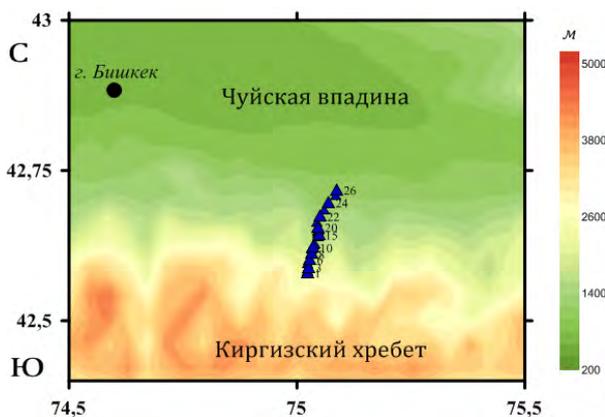


Рисунок 1 – Карта-схема расположения профиля Туяук. Пункты магнитотеллурических зондирований отображены синими пронумерованными треугольниками. Цветовая шкала справа характеризует высоту над уровнем моря, м

Поясним, что далее в верхних частях рисунков, изображающих геоэлектрические свойства среды вдоль профиля Туяук, черными треугольниками отмечены места расположения пунктов МТЗ на линии профиля, а отображение распределения десятичного логарифма удельного электрического сопротивления ( $\lg \rho$ , Ом·м), осуществлено с помощью цветовой шкалы, расшифрованной в нижних частях этих рисунков.

**Сетка 239×60.** В работе [33] рассматривалась задача поиска оптимального параметра регуляризации МТ-данных для профиля Туяук на сетке 239×60: на  $L$ -кривая явным образом определился единственный излом при  $\alpha = 2$  – это значение и было выбрано в качестве квазиоптимального (соответствующий геоэлектрический разрез изображен на рисунке 2). Скорее всего такой устойчивый результат получился, в связи с относительно большим количеством входных данных для инверсии (профиль не длинный, но пунктов зондирований много) и использованием для инверсии вычислительной сетки большой размерности.

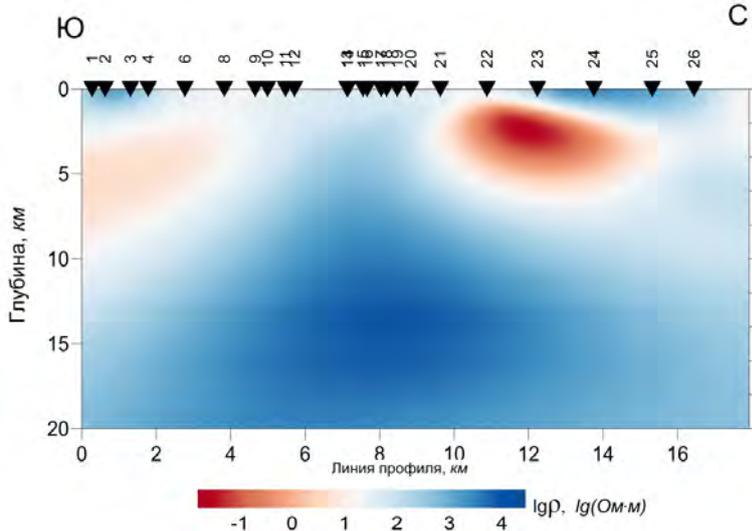


Рисунок 2 – Геоэлектрический разрез вдоль профиля Туяук, полученный при 2D инверсии профильных МТ-данных на сетке 239×60 с использованием параметра регуляризации  $\alpha=2$

**Сетка 36×31.** *L*-кривая, полученная для по результатам 2D инверсий МТ-данных профиля Туук для базового набора значений параметра регуляризации  $\alpha$  (0,01; 0,1; 1; 10; 100; 1000) на сетке 36×31, имеет явно выраженный излом при  $\alpha=10$  (рис. 3а), что также заметно как минимальное значение на графике целевого функционала  $\Phi_\alpha$  (рис. 3в).

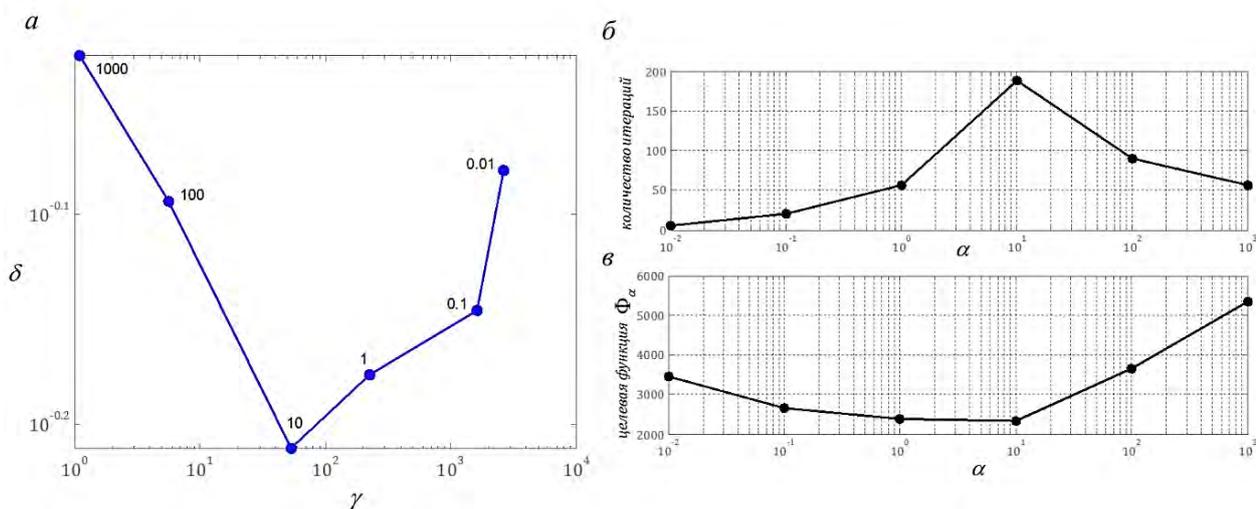


Рисунок 3 – Графики: а) *L*-кривой для базового набора значений параметра  $\alpha$ ; б) график зависимости количества итераций от параметра  $\alpha$ ; в) график зависимости целевого функционала  $\Phi_\alpha$  от параметра  $\alpha$

*L*-кривая, полученная для расширенного вблизи 10 набора значений  $\alpha$  (0,01; 0,1; 1; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5; 8; 10; 15; 30; 100; 1000), представлена на рисунке 4а. На уточненной *L*-кривой видно, что невязка  $\delta$  возрастает для  $\alpha < 2$ , поэтому исключим этот промежуток из рассмотрения. Наименьшее значение невязки  $\delta$  между наблюдаемыми и расчетными данными соответствует параметру  $\alpha=5$ , а минимальное значение целевого функционала  $\Phi_\alpha$  достигается при  $\alpha=3,5$  (рис. 4б). Рассмотрим, для сравнения, геоэлектрические разрезы, полученные при выполнении инверсии с использованием  $\alpha=\{5; 4; 3,5; 3\}$  (рис. 5). Обратим внимание, что полученные модели не идентичны, при этом принципиальных различий в них не наблюдается.

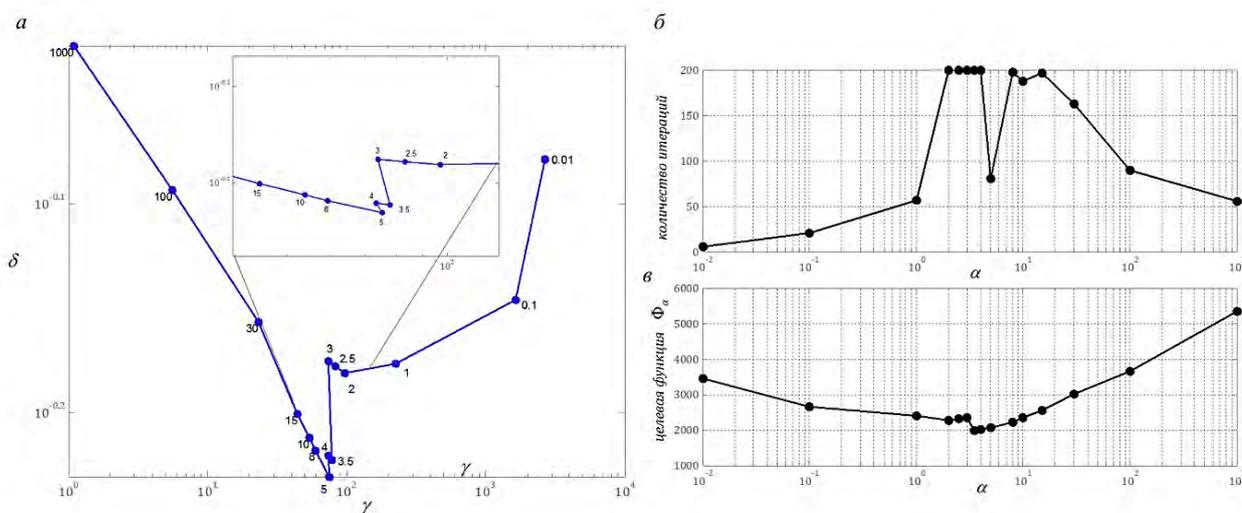


Рисунок 4 – Графики: а) *L*-кривой для расширенного набора значений параметра  $\alpha$ ; б) график зависимости количества итераций от параметра  $\alpha$ ; в) график зависимости целевого функционала  $\Phi_\alpha$  от параметра  $\alpha$

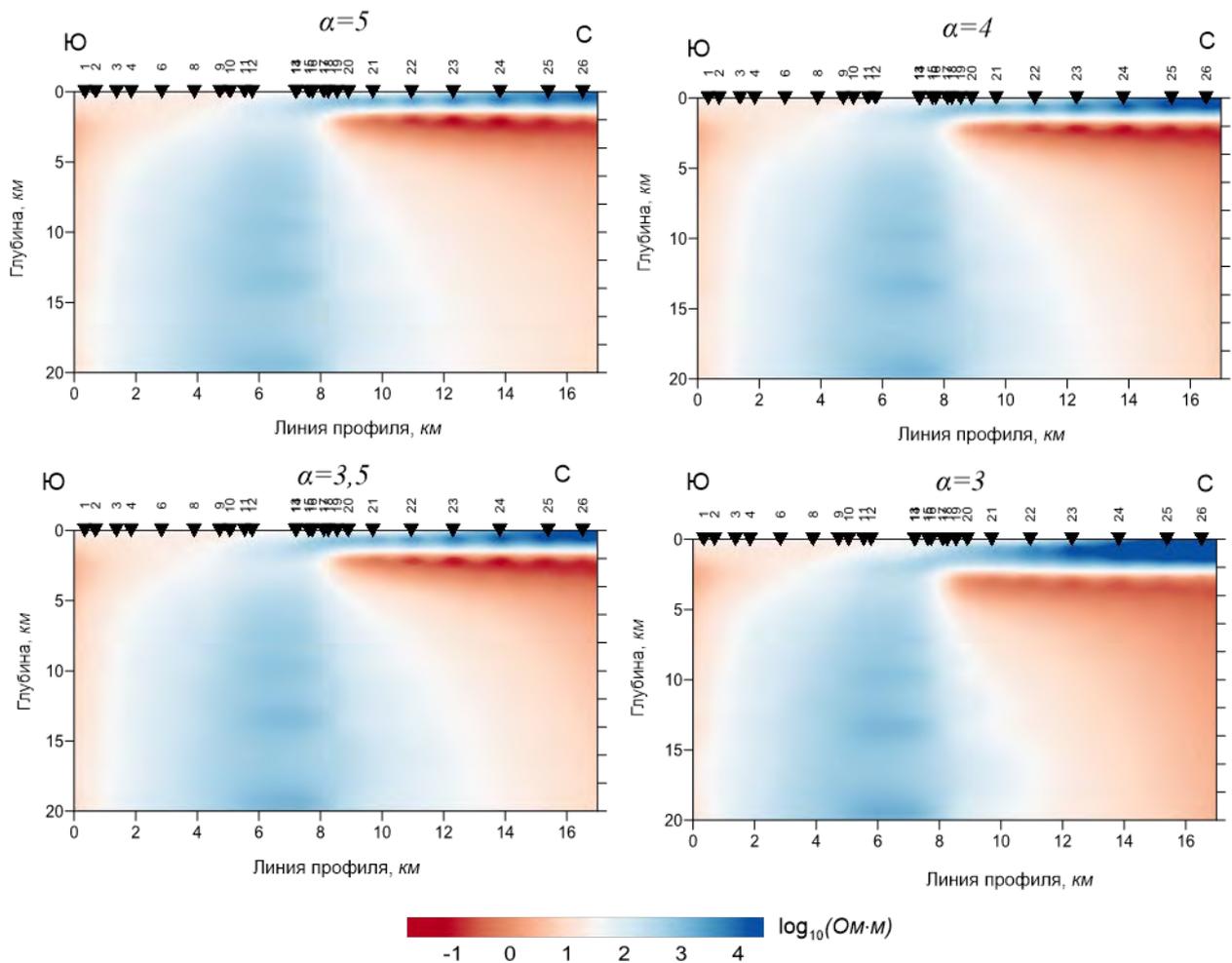


Рисунок 5 – Геоэлектрический разрез вдоль профиля Туук, полученный при 2D инверсии профильных МТ-данных на сетке  $36 \times 31$  для разных значений параметра регуляризации  $\alpha$

**Сетка  $125 \times 41$ .**  $L$ -кривая, полученная для по результатам 2D инверсий МТ-данных профиля Туук для базового набора значений параметра регуляризации  $\alpha$  (0,01; 0,1; 1; 10; 100; 1000) на сетке  $125 \times 41$ , изображена на рисунке 6а.  $L$ -кривая для набора значений  $\alpha$ , расширенного вблизи  $\alpha=1$  и  $\alpha=10$  (0,01; 0,1; 1; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5; 8; 10; 15; 30; 100; 1000), представлена на рисунке 7а.

По  $L$ -кривой для расширенного диапазона значений  $\alpha$  (рис. 7 а) видно, что для невязка  $\delta$  возрастает для  $\alpha=\{0,1; 0,01\}$ , поэтому исключим эти значения из рассмотрения. Для  $2 \leq \alpha \leq 4$  инверсия устойчива, что также подтверждается визуальной схожестью соответствующих геоэлектрических разрезов (рис. 8), а модель, полученная для  $\alpha=1$  (рис. 8) отличается от предыдущих формой проявившихся неоднородностей.

На рисунке 9, для сравнения с моделью, полученной для  $\alpha=3$ , представлены результаты инверсии МТ-данных с  $\alpha=\{10; 8; 5\}$ , откуда вновь мы можем наглядно убедиться, что с увеличением  $\alpha$  модель становится более сглаженной и теряется детализация неоднородностей. То есть, возможно, изломы, отобразившиеся на  $L$ -кривой для  $\alpha=10$  и  $\alpha=5$  являются случайными и не свидетельствуют о квазиоптимальности соответствующих значений параметра регуляризации.

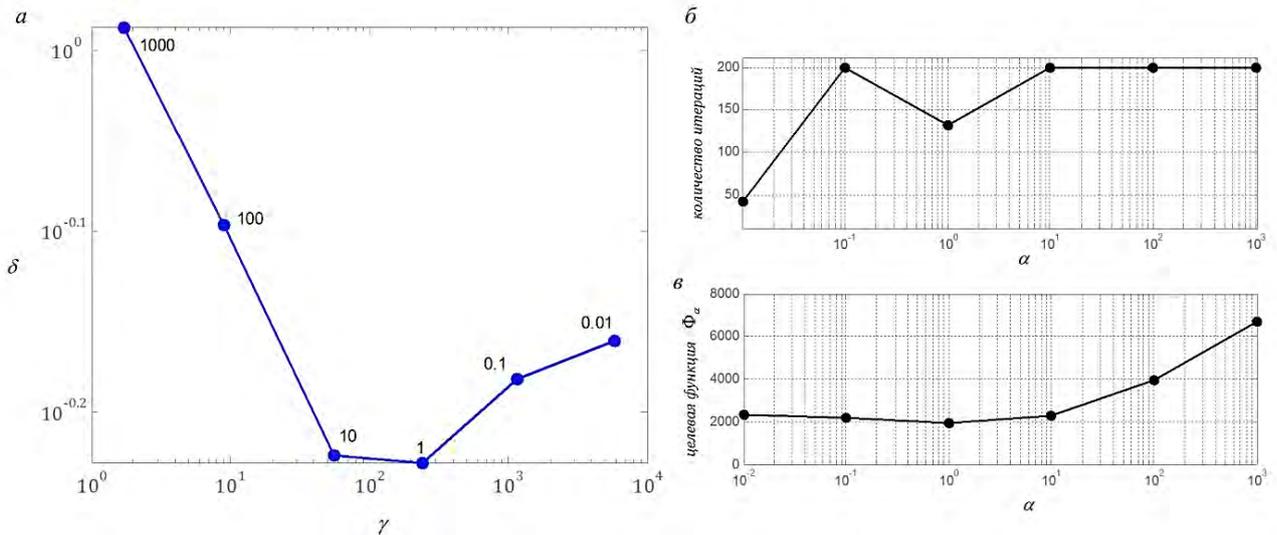


Рисунок 6 – Графики: а)  $L$ -кривой для базового набора значений параметра  $\alpha$ ; б) график зависимости количества итераций от параметра  $\alpha$ ; в) график зависимости целевого функционала  $\Phi_\alpha$  от параметра  $\alpha$

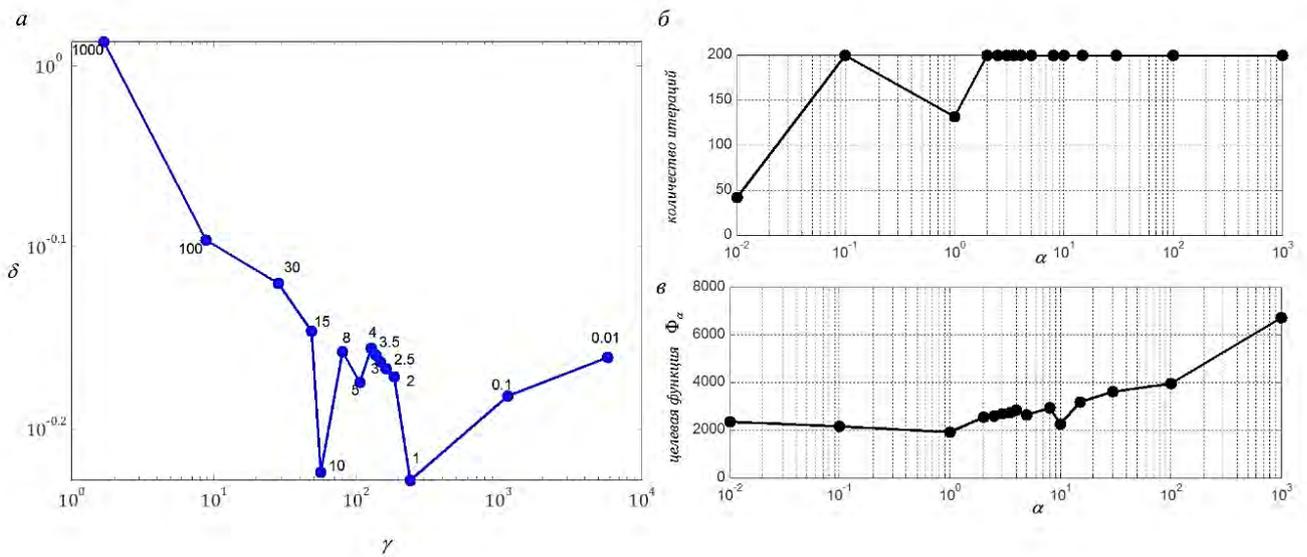


Рисунок 7 – Графики: а)  $L$ -кривой для расширенного набора значений параметра  $\alpha$ ; б) график зависимости количества итераций от параметра  $\alpha$ ; в) график зависимости целевого функционала  $\Phi_\alpha$  от параметра  $\alpha$

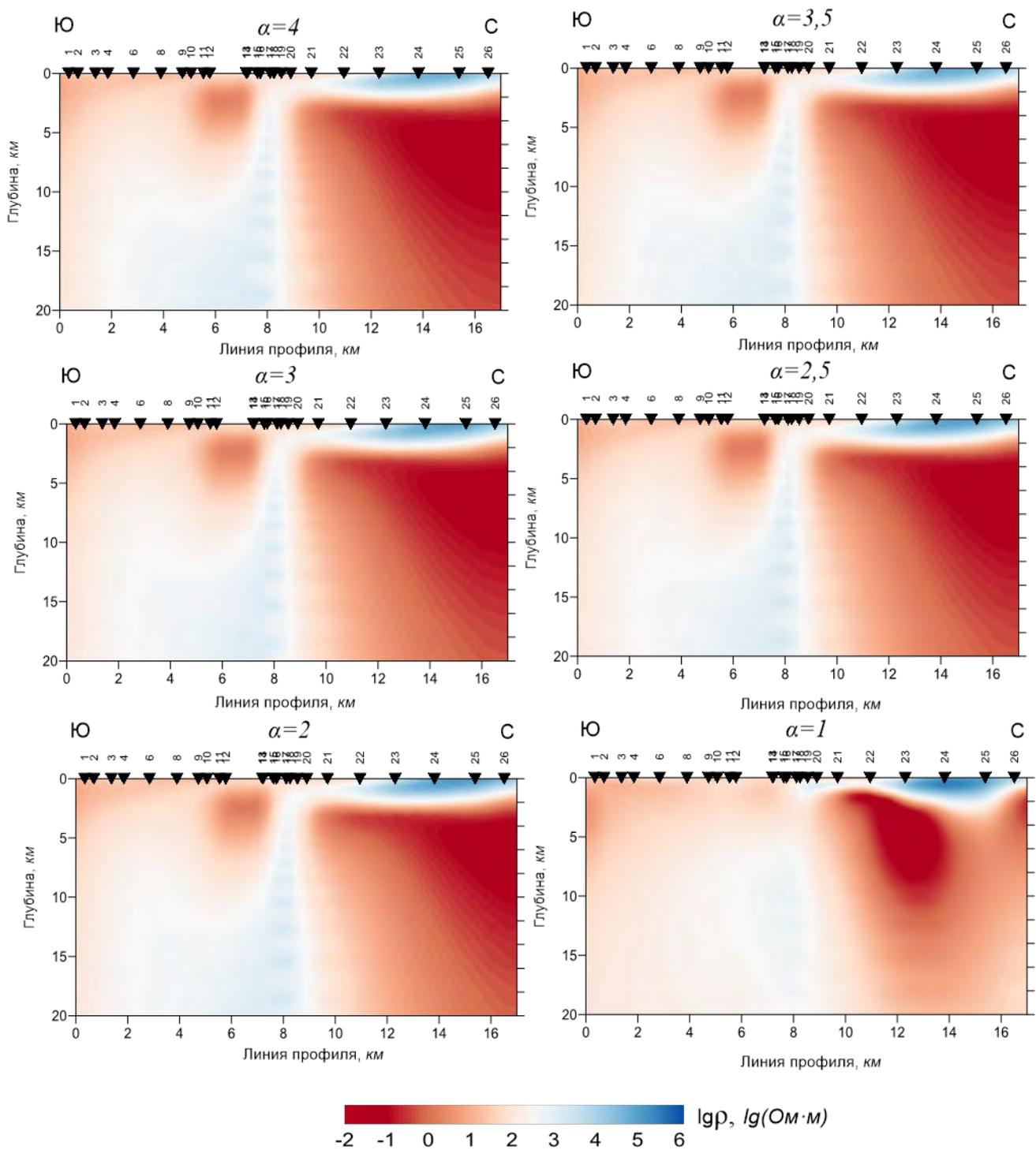


Рисунок 8 – Геоэлектрический разрез вдоль профиля Туюк, полученный при 2D инверсии профильных МТ-данных на сетке  $125 \times 41$  с использованием разных значений параметра регуляризации  $\alpha$

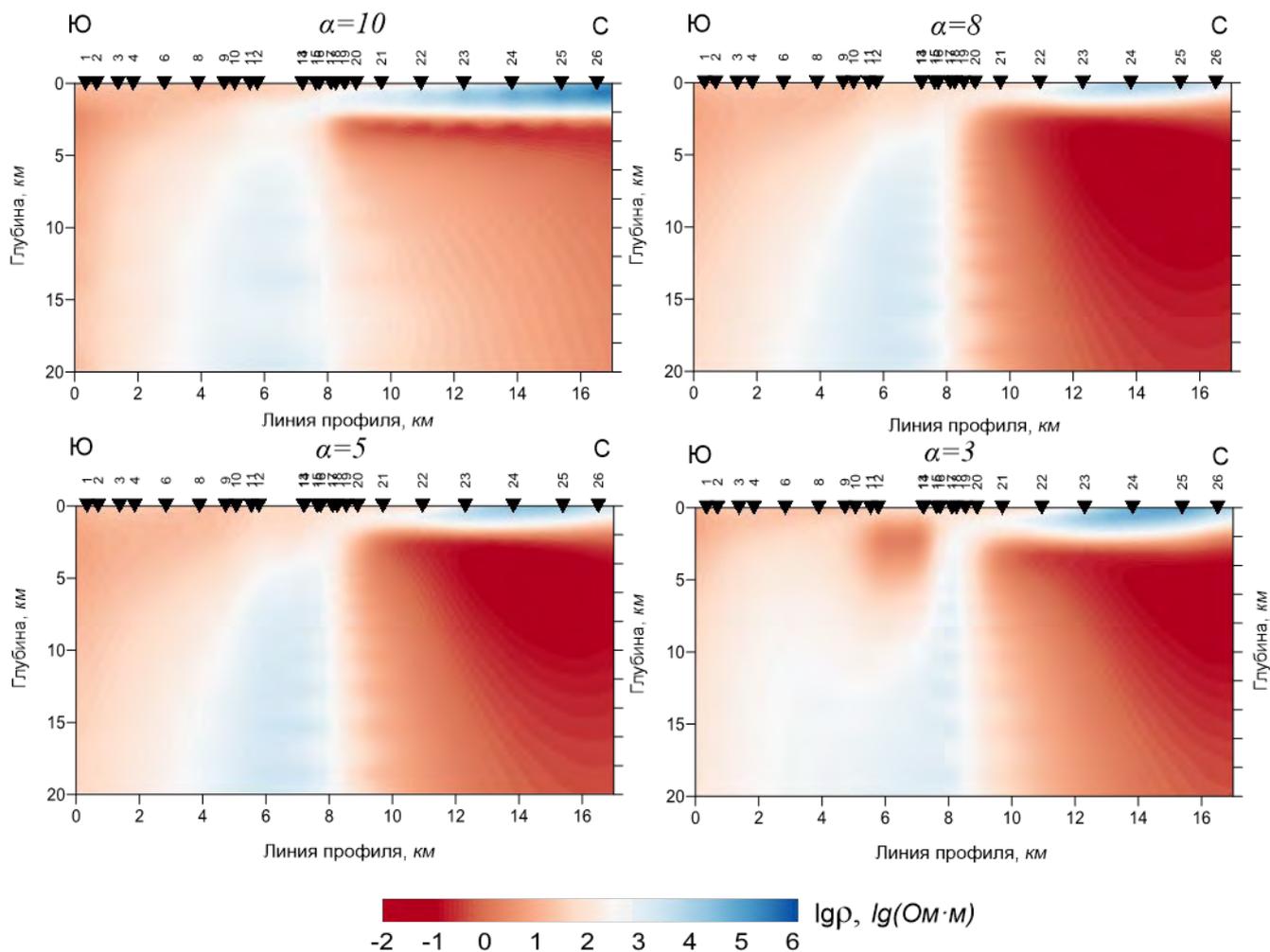


Рисунок 9 – Геоэлектрический разрез вдоль профиля Туюк, полученный при 2D инверсии профильных МТ-данных на сетке  $125 \times 41$  с использованием разных значений параметра регуляризации  $\alpha$

### Выводы

Из рисунка 10, где сопоставлены результаты по трем рассмотренным сеткам, видна хорошая согласованность между полученными решениями. Так же, по результатам визуальной оценки установлено, что полученные решения на всех сетках практически совпадают с соответствующими геоэлектрическими разрезами, получаемым при  $\alpha=3$ , что дополнительно подтверждает справедливость использования значения параметра регуляризации 3 для МТ-профиля Туюк.

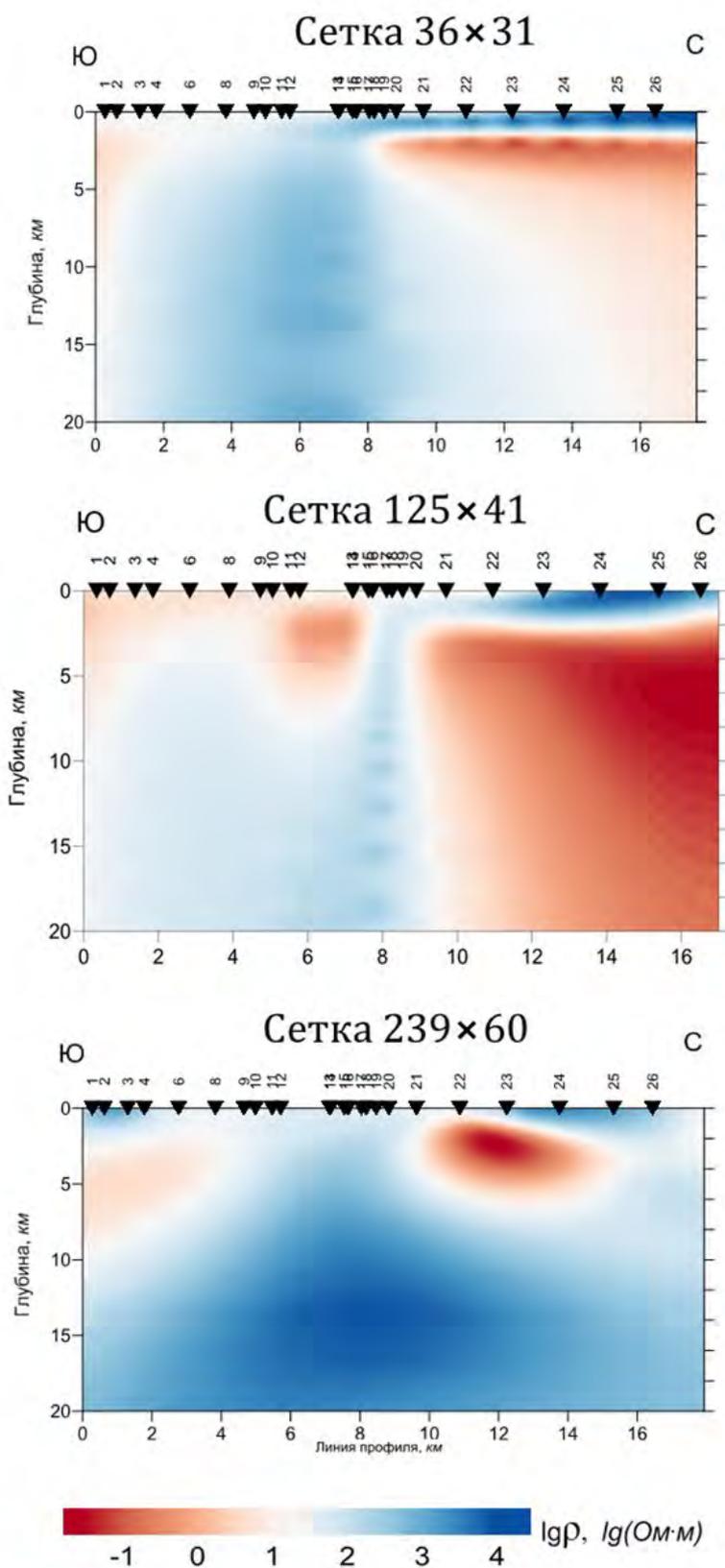


Рисунок 10 – Геоэлектрические разрезы вдоль профиля Туук, полученные при 2D инверсии профильных МТ-данных на разных сетках ( $\alpha=5$  для сетки 36×31;  $\alpha=3$  для сетки 125×41;  $\alpha=2$  для сетки 239×60)

*Представленные в работе результаты получены в рамках выполнения государственного задания Научной станции РАН в г. Бишкеке (тема АААА-А19-119020190063-2).*

## Литература

1. Баталев В.Ю., Бердичевский М.Н., Голланд М.Л., Голубцова Н.С., Кузнецов В.А. Интерпретация глубинных магнитотеллурических зондирований в Чуйской межгорной впадине // Известия АН СССР. Физика Земли. 1989. № 9. С. 42-45.
2. Трапезников Ю.А., Андреева Е.В., Баталев В.Ю., Бердичевский М.Н., Ваньян Л.Л., Вольхин А.М., Голубцова Н.С., Рыбин А.К. Магнитотеллурические зондирования в горах Киргизского Тянь-Шаня // Физика Земли. 1997. № 1. С. 3–20.
3. Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Ильичев П.В., Щелочков Г.Г. Магнитотеллурические и магнитовариационные исследования Киргизского Тянь-Шаня // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 10. С. 1566-1573.
4. Баталев В.Ю. Глубинное строение и геодинамика западной части Киргизского Тянь-Шаня по данным магнитотеллурических и магнитовариационных зондирований. Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Бишкек. 2002. 139 с.
5. Park S.K., BieLinski R., Thompson S.C., Rybin A., BataLev V. Structural constraints in neotectonic studies of thrust fauLts from the magnetoteLLuric method, Kochkor Basin, Kyrgyz Republic // Tectonics. 2003. Т. 22. № 2. С. 8А.
6. Баталева Е.А. Глубинная структура крупнейших разломных зон западной части Киргизского Тянь-Шаня и современная геодинамика (по данным магнитотеллурических зондирований). Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Бишкек. 2005. 200 с.
7. Рыбин А.К. Глубинное строение и современная геодинамика Центрального Тянь-Шаня по результатам магнитотеллурических исследований. М.: Научный мир. 2011. 232 с.
8. Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Рыбин А.К. Глубинное строение западной части зоны Таласо-Ферганского разлома по результатам магнитотеллурических зондирований // Литосфера. 2013. № 4. С. 136–145.
9. Баталева Е.А., Баталев В.Ю. Проявление разломных структур в электромагнитных параметрах (для территории Центрального Тянь-Шаня) // Вестник КРСУ. 2015. Т. 15. № 9. С. 160-164.
10. Баталева Е.А., Пржиялговский Е.С., Баталев В.Ю., Лаврушина Е.В., Леонов М.Г., Матюков В.Е., Рыбин А.К. Новые данные о глубинном строении Южно-Кочкорской зоны концентрированной деформации // Доклады Академии наук. 2017. Т. 475. № 5. С. 571–575.
11. Баталева Е.А., Мухамадеева В.А. Комплексный электромагнитный мониторинг геодинамических процессов Северного Тянь-Шаня (Бишкекский геодинамический полигон) // Geodynamics & Tectonophysics. 2018. Т. 9. № 2. С. 461-487.
12. Рыбин А.К., Баталева Е.А., Матюков В.Е. Детализация геоэлектрической структуры зоны сочленения Чуйской впадины и Киргизского хребта (миниполигон Кентор) // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2018. Т. 18. № 12. С. 134-140.
13. Баталева Е.А., Матюков В.Е. Детальное глубинное строение прибортовой зоны Иссык-Кульской впадины на примере профиля “Саруу” // Вестник КРСУ. 2018. Т. 18. № 4. С. 150-155.
14. Дзалба А.Л. Обработка магнитотеллурических данных с удаленной базой как один из способов повышения качества получаемого материала // Современные техника и технологии в научных исследованиях: Сб. материалов X Междунар. конф. молодых ученых и студентов. Бишкек: НС РАН. 2018. С. 22–27.
15. Нелин В.О. Усовершенствование метода вызванной поляризации для работ в труднодоступных горных условиях // Современные техника и технологии в научных исследованиях: Сб. материалов X Междунар. конф. молодых ученых и студентов. Бишкек: НС РАН. 2018. С. 81-84.
16. Колмогоров А.С. Измерение и обработка данных магнитотеллурического мониторинга // 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. С. 93-99.

17. Матюков В.Е. Улучшение разрешающей способности магнитотеллурических и магнитовариационных данных // 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. С. 128-134.
18. Bataleva E., Rybin A., Matiukov V. System for collecting, processing, visualization, and storage of the MT-monitoring data // *Data*. 2019. Т. 4. № 3. С. 99.
19. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. М.: Научный мир. 2009. 680 с.
20. Жданов М.С. Электроразведка: Учебник для вузов. М.: Недра. 1986. 316 с.
21. Жданов М.С. Теория обратных задач и регуляризации в геофизике. М.: Научный Мир. 2007. 710 с.
22. Тихонов А.Н. Решение некорректно поставленных задач и методы регуляризации // Доклады АН СССР. 1963. Т. 151. № 3. С. 501-504.
23. Hansen P.C. Analysis of discrete ill-posed problems by means of the L-curve // *SIAM Review*. 1992. Vol. 34. № 4. Pp. 561-580.
24. Hansen P.C. The L-curve and its use in the numerical treatment of inverse problems // *Computational Inverse Problems in Electrocardiology*. WIT Press. 2001. Vol. 3. Pp. 119-142.
25. Rodi W.L., Mackie R.L. Nonlinear conjugate gradients algorithm for 2-D magnetotelluric inversion // *Geophysics*. 2001. V 66. Pp. 174-187.
26. Матюков В.Е., Баталева Е.А. Роль параметра регуляризации при выполнении 2D инверсии магнитотеллурических данных // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. 2018. Т. 18. № 4. С. 170-174.
27. Tetsuo Matsuno, Alan D. Chave, Alan G. Jones, Mark R. Muller, Rob L. Evans Robust magnetotelluric inversion // *Geophysical Journal International* (2014) 196, Pp. 1365–137. DOI: 10.1093/gji/ggt484
28. Israi L. M., Tyagi D.K., Gupta P.K., Niwas S. Magnetotelluric investigations for imaging electrical structure of Garhwal Himalayan corridor, Uttarakhand, India // *Journal of Earth System Science*. 2008. No 3, Pp. 189–200.
29. Terra F., Bassrei A., Santos E. Application of the L-curve in seismic travelttime tomography: methodologies for the extraction of the optimal regularization parameter // *AGU Fall Meeting Abstracts*. 2007. Pp. 61-71.
30. Huang W., Liu L., Gao T., Li S., Hu S. The Application of the L-Curve Method in the Retrieval of Temperature Profiles Using Ground-Based Hyper-Spectral Infrared Radiance // *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi* [Article in Chinese]. 2016 Nov;36(11):3620-4.
31. Jennifer L. Mueller, Samuli Siltanen. *Linear and Nonlinear Inverse Problems with Practical Applications*. SIAM, 2012. 351 p.
32. Pei Y., Xu Y., Dong F. A modified L-curve method for choosing regularization parameter in electrical resistance tomography // *IEEE International Conference on Imaging Systems and Techniques (IST)*. Macau, 2015, Pp. 1-6. DOI: 10.1109/IST.2015.7294469
33. Забинякова О.Б. Оптимальный параметр регуляризации для двумерной инверсии магнитотеллурических данных профиля Туяк // Воздействие внешних полей на сейсмический режим и мониторинг их проявлений: Материалы докл. Междунар. Юбилейной науч. конф., г. Бишкек, 3–7 июля 2018 г. Бишкек: НС РАН. 2020. С. 32-36.

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ГИС НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВОСТОЧНЫЙ БЕРДАХ (УСТЮРТ)

Ибрагимов Х.<sup>1</sup>, Эшанкулова С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>АО «Узбекнефтегаз», г. Ташкент, Республика Узбекистан

<sup>2</sup>АО «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», г. Ташкент, Республика Узбекистан

*Аннотация.* Проведено детальное изучение петрографических характеристик пород, слагающих продуктивный горизонт, проанализированы фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов и выявлены корреляционные связи по данным месторождения Восточный Бердах.

*Ключевые слова:* ГИС, петрофизика, керн, фильтрационно-емкостные свойства, интерпретация

Современная нефтегазовая промышленность – одна из крупнейших отраслей экономики, важнейшая энергетическая база страны.

Высокие перспективы нефтегазоносности недр, накопленный научно-технический потенциал, богатый производственный опыт создают благоприятные предпосылки для дальнейшего развития отрасли. В последние годы уделяется особое внимание развитию геологических наук, в частности для поиска и разведки нефтяных и газовых месторождений. При этом, важной частью поиска и разведки углеводородов является детальное изучение петрофизических реологических и фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов.

Данная работа посвящена детальному изучению петрографических характеристик пород, слагающих продуктивный горизонт, анализу фильтрационно-емкостных и выявлению корреляционных связей по данным месторождения Восточный Бердах.

Месторождение Восточный Бердах расположено в пределах Муйнакского района Республики Каракалпакстан, в пределах Амударьинской низменности (рис. 1).

Начало геолого-геофизического изучения низовьев Амударьи относится к первой половине XIX века. Исследования эти были общими и носили рекогносцировочный характер. В течении дальнейшего столетия были проведены обширные геологические и геофизические исследования.

По результатам геофизических исследований, проведенных в 1989-2001 гг. была построена уточненная карта по отражающему горизонту  $T_{IV}$  вблизи кровли среднеюрских отложений (А.В. Рыбачков, 2001). Согласно этой карты кроме ранее выделявшегося западного купола - месторождения Восточный Бердах (район скв. 1,2,3), на востоке в районе пересечения сейсмопрофилей 02908190 и 49890387 отмечается новый, более крупный купол - структура Восточный Бердах. Структура представляла собой брахиантиклиналь северо-западного простирания с размерами по отражающему горизонту  $T_{IV}^I$ , приуроченному к низам средней юры,  $7,7 \times 4,0$  км и амплитудой 70 м по замкнутой изогипсе -3100 м.

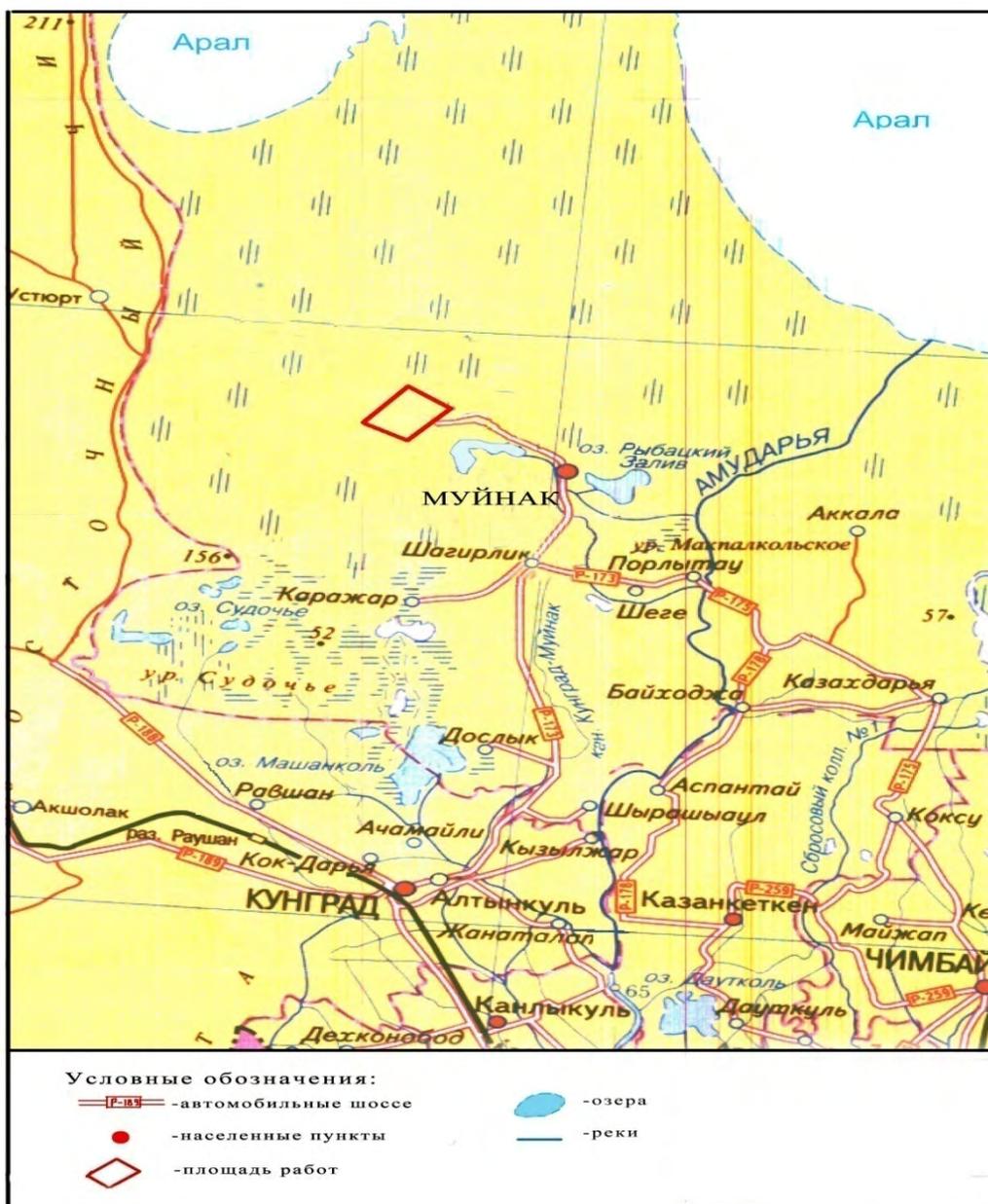


Рисунок 1 – Обзорная карта район работ

Целевой объект изучения расположен в северо-восточной части Судочьего прогиба, в пределах которого в настоящее время идут интенсивные поисково-разведочные работы, в результате которых открыт ряд газоконденсатных месторождений Сургиль, Шеге, Северный Бердах, Восточный Бердах, Учсай и др.

Регионально-продуктивным в пределах Судочьего прогиба являются средне-верхнеюрские отложения (рис. 2). Однако, эффективность геолого-геофизических исследований в данном районе весьма неоднозначное, что объясняется рядом причин.

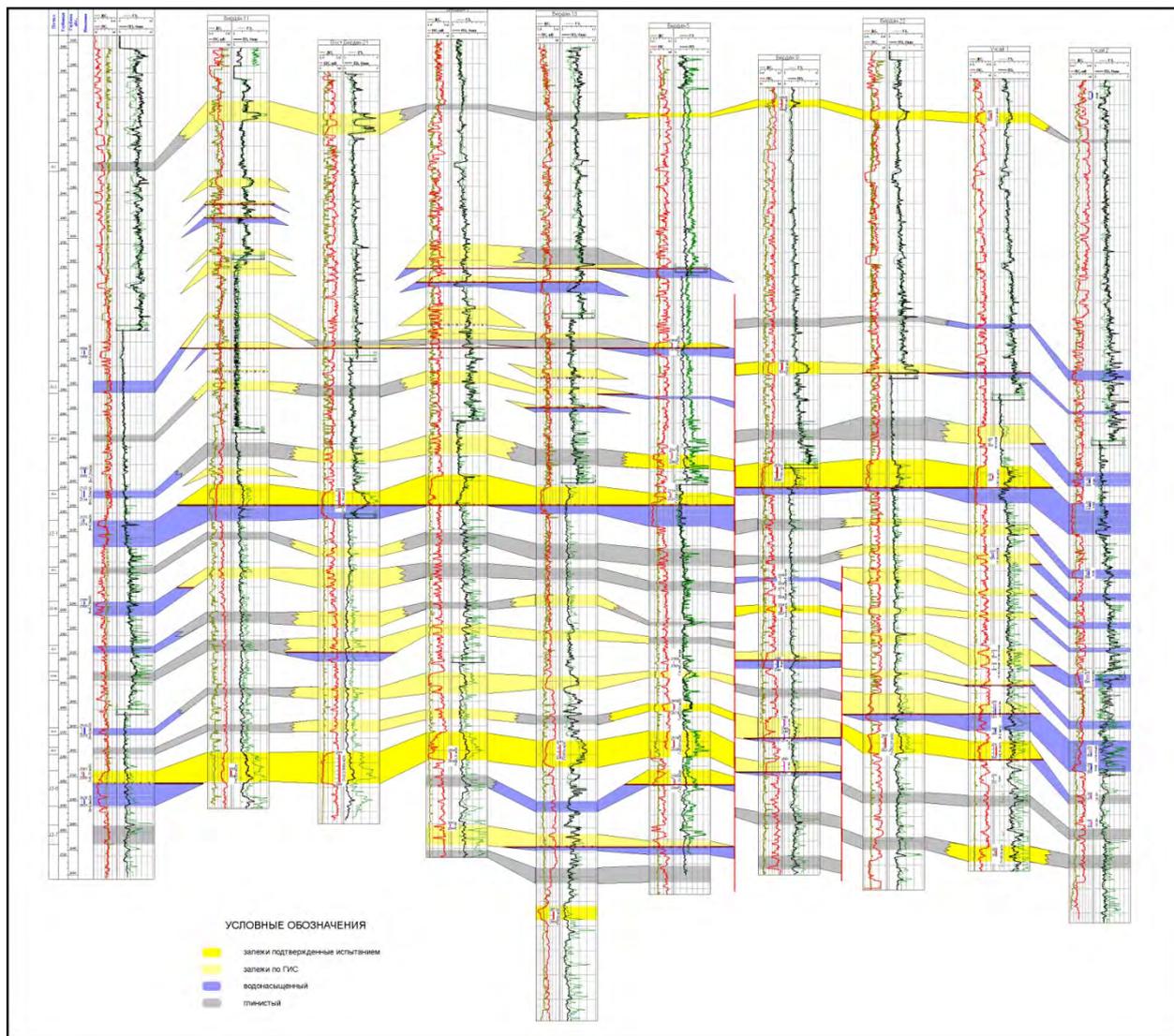


Рисунок 2 – Геологический профиль по линии 1-1b

Прежде всего, необходимо отметить крайне сложный характер строения продуктивной толщи, обусловленных трудно предсказуемой фациальной изменчивостью разреза по площади и расчлененности ее на многочисленные ловушки как пластово-сводового типа, так и литологически ограниченные.

Существенным фактором, осложняющим выявление продуктивных объектов, является широкое распространение в разрезах рассматриваемого комплекса, коллекторов, **характеризующихся мелко- и тонкозернистой структурой порового пространства и низкой проницаемостью, близкой к граничному значению.** Вскрытие их на глинистых растворах при больших репрессиях на пласт, что является обычным в практике поисково-разведочного бурения, приводит зачастую к полному блокированию естественной проницаемости пород фильтратом промывочной жидкости. В последующем при опробовании таких объектов получают, в лучшем случае, очень слабые притоки газа. По этой причине могут быть пропущены многие газонасыщенные объекты в разрезах продуктивной толщи в процессе их опробования. Указанные трудности вполне преодолимы, причем, в ближайшей перспективе за счет: повышения качества подготовки перспективных объектов сейсморазведочными работами ЗД, более широкого внедрения методики опробования сверху вниз в процессе бурения скважин с помощью испытателей на трубах; совершенствования технологии вскрытия продуктивных объектов и интенсификации притоков.

Применение указанных выше решений позволит повысить эффективность поисково-разведочных работ в районе и более объективно оценивать перспективы нефтегазоносности Восточного Устьярта.

Перед авторами исследования стояла задача детально изучить петрографические характеристики пород, путем анализа фильтрационно-емкостных свойств и выявления петрофизических корреляционных связей.

Для решения поставленной задачи необходимо:

- провести детальное изучение петрографических характеристик пород, слагающих продуктивный горизонт;
- установить тип коллектора, изучить результаты анализа фильтрационно-емкостных, на основе которых дать характеристику ФЕС пород;
- на основе выявленных корреляционных связей типа «керна-керна» установить граничные значения коллекторов, установить петрофизические связи между параметрами коллекторов для количественной интерпретации результатов ГИС.

Физико-литологическое описание авторами проводилось для 7 горизонтов: VII, VII, IX, X, XI, XII, XIII. Интерес вызывает горизонт IX, мощность которого составляет 80-120 м. Литологический состав горизонта не однороден и выражен тремя пластами песчаников. **На Восточном Бердахе горизонт сложен толщей переслаивания песчаных, алевролитовых и аргиллитовых пород. Песчаники этого горизонта от мелко – до крупнозернистых, полимиктовые, с гидрослюдистым цементом.** Их пористость по лабораторным данным составляет 16,91%, проницаемость –  $20 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>.

Для определения подсчетных параметров использовались три основных источника информации о разрезе, пересеченном скважиной: картаж, керн, испытание. Исследования на кернах дают полную информацию о литологии, пористости и структуре порового пространства. Эти данные при условии представительности выборки из изучаемого интервала разреза могут служить надежным основанием при отнесении породы к коллекторам и неколлекторам.

На месторождении Восточный Бердах с отбором керна пробурено 13 скважин суммарной колонковой проходкой 255 пог.м.

При этом было отобрано 192,4 м керна, что составило 75,5% от колонковой проходки.

Из интервала глубин 1564 до 4102 м, представляющих отложения юрского возраста, изготовлено на 537 образцов. Из них песчано-алевритовыми породами являются 353.

Ниже приводится фильтрационно-емкостная характеристика песчано-алевритовых пород, на основе которой в последующем был осуществлен отбор образцов, для проведения испытаний в термобарических условиях, обеспечивающий их полную представительность по значениям пористости и проницаемости.

Открытая пористость песчано-алевритовых пород верхней юры изменяется (рис. 3) от 9,25 до 18,7%. Распределение коэффициента открытой, пористости во всем диапазоне подчиняется логнормальному закону с максимумом на отрезке 8-12%. Средняя (средневзвешенная) величина коэффициента открытой пористости по горизонту составляет 11,9%.

Средняя пористость коллекторов (с учетом граничного значения  $k_{п.гр}$ ) составляет – 12,2%.

Проницаемость по газу песчано-алевритовых пород определено на 8 образцах и изменяется от  $0,14 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup> до  $5,96 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>.

Характер гистограммы распределения данного коллекторского параметра аналогичен изменению  $k_{п}$  с максимумом в диапазоне  $(0,1-1) \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>. Все 8 образцов оказались проницаемыми. Средняя величина коэффициента абсолютной проницаемости равна  $1,126 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup> (рис. 4).

Коэффициент остаточной водонасыщенности ( $k_{ов}$ ) для песчано-алевритовых пород верхней юры был определен только у одного образца и равен 51,4%.

Диапазон изменения коэффициента открытой пористости песчано-алевритовых пород средней юры составляет 0,47%-21,01%, что несколько шире, чем, для вышележащего верхнеюрского отложения.

Гистограмма распределения этого емкостного параметра имеет близкий к нормальному характер (рис. 5), с максимумом в диапазоне 8-12%. Среднее значение пористости пород (8,93%) несколько ниже, чем у верхнеюрских отложений. Средняя пористость коллекторов (с учетом граничного значения  $k_{п.гр}$ ) составляет – 12,95%.

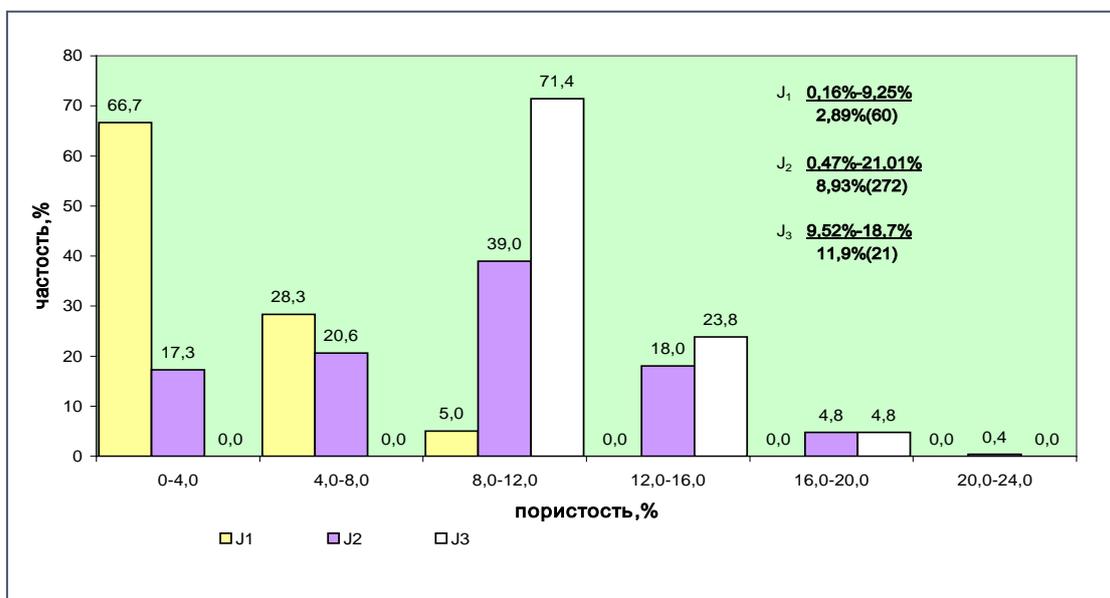


Рисунок 3 – Гистограмма распределения коэффициента открытой пористости для песчано-алевритовых пород юрских отложений

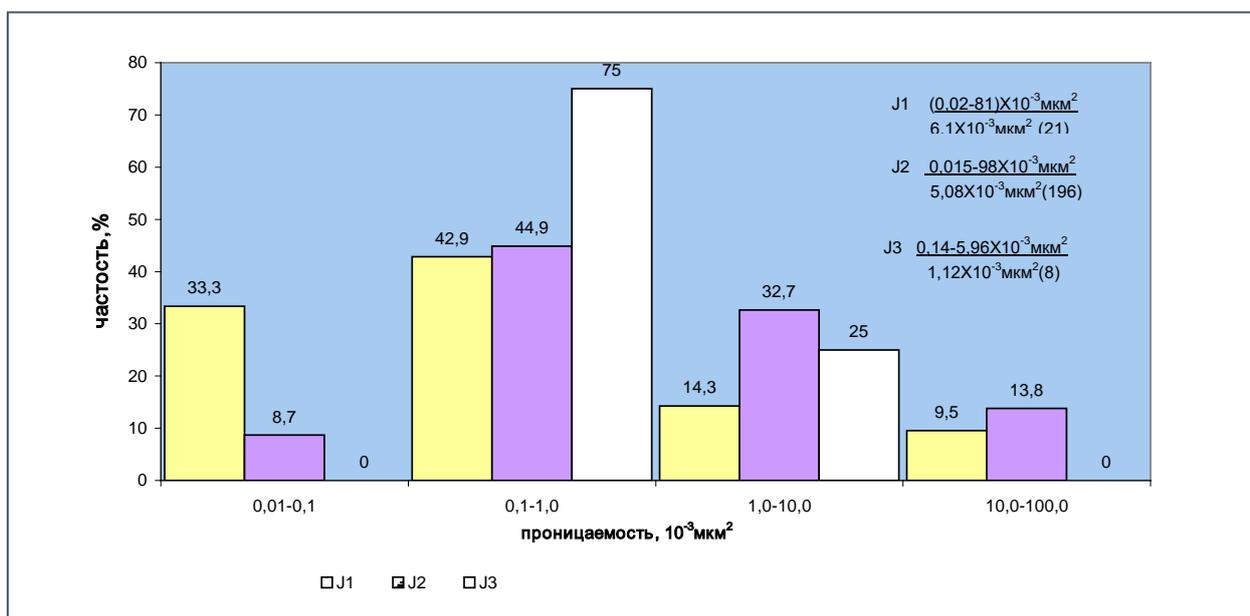


Рисунок 4 – Гистограмма распределения коэффициента абсолютной проницаемости для песчано-алевритовых пород юрских отложений

Одинаковый характер имеет гистограмма распределения коэффициента абсолютной проницаемости и пористости песчано-алевритовых пород средней юры (рис 4). Диапазон изменения проницаемости пород изменяется в пределах 0.01 -  $98 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$ . По результатам определения  $k_{пр}$ .

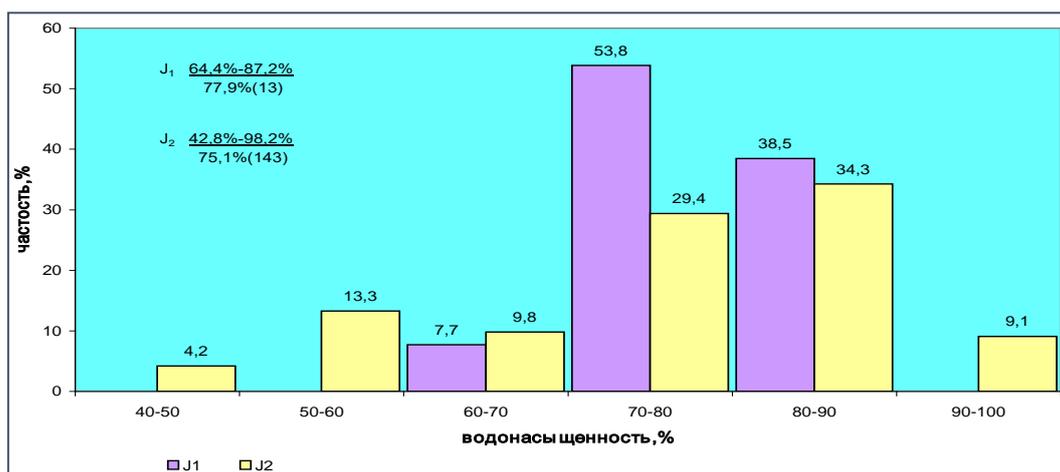


Рисунок 5 – Гистограмма распределения коэффициента остаточной водонасыщенности песчано-алевритовых пород отложений юры

На 196 образцах средняя значение этого фильтрационного параметра для разреза средней юры составляет  $5,0 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>. Для коллекторов данного горизонта средняя проницаемость составляет  $5,6 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>.

Характер распределения коэффициента остаточной водонасыщенности пород отложений средней юры близкий к нормальному с максимумом в диапазоне 80-90% (рис. 6). Среднее значение коэффициента остаточной водонасыщенности для пород J<sub>2</sub>, определенное на 143 образцах, составляет 75,1%. Средняя величина остаточной водонасыщенности для (с учетом граничных значений  $k_{ов,гр}$ ) коллекторов данного горизонта составляет 62,4%.

Открытая пористость песчано-алевритовых пород нижней юры изменяется (рис. 3) от 0,16 до 9,25%. Распределение коэффициента открытой, пористости во всем диапазоне подчиняется по нормальному закону с максимумом на отрезке 0-4%. Средняя (средневзвешенная) величина коэффициента открытой пористости по горизонту составляет 2,89%. Коллектора гранулярного типа (с учетом граничного значения  $k_{п,гр}$ ) в отложениях нижней юры отсутствуют.

Проницаемость по газу песчано-алевритовых пород определено на 21 образцах и изменяется от  $0,02 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup> до  $81,0 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>, причем проницаемые исключительно трещинные образцы. Характер гистограммы распределения данного коллекторского параметра близок к нормальному с максимумом в диапазоне  $(0,1-1,0) \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>. Средняя величина коэффициента абсолютной проницаемости равна  $6,1 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>.

Характер распределения коэффициента остаточной водонасыщенности пород отложений нижней юры близкий к нормальному с максимумом в диапазоне 70-80% (рис 5). Диапазон изменения  $k_{ов}$  колеблется в пределах 64,4%- 87,2%. Среднее значение коэффициента остаточной водонасыщенности для пород J<sub>1</sub>, определенное на 13 образцах, составляет 77,9%.

Установление граничных значений «коллектор-неколлектор» производилась на основе выявленных зависимостей между коллекторскими параметрами пород. Для интерпретации результатов гамма-гамма каротажа выявлена зависимость типа «кern-кern» -  $\delta = f(k_{п})$ , где:  $\delta$  – плотность г/см<sup>3</sup> и  $k_{п}$  – коэффициент открытой пористости, %. Для терригенной толщи, вскрытыми скважинами месторождения Восточный Бердах, корреляционная связь  $\delta=f(k_{п})$  приведена на рис. 6. В численном выражении зависимость имеет вид  $\delta=2,73-0,04k_{п}$  с коэффициентом корреляции  $r=0,89$ .

Полученную зависимость можно рекомендовать для практического использования при количественной интерпретации данных гамма-гамма каротажа.

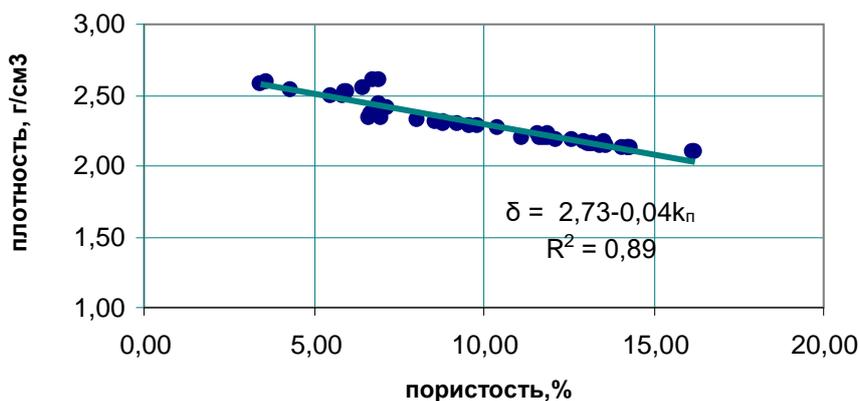


Рисунок 6 – Зависимость между плотностью и коэффициентом открытой пористости для песчано-алевролитовых пород средней и верхней юры

Для установления граничных значений коэффициента открытой пористости для песчано-алевролитовых отложений верхней и средней юры месторождения Восточный Бердах использовали графоаналитический метод. Для газовых пластов с поровым типом пористости коллекторами считаются образцы с проницаемостью выше  $0,27 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup> (А.С. Мунинов, 2008). Построенная этим методом кривая распределения коллекторов и неколлекторов для песчано-алевролитовых пород месторождения Восточный Бердах показана на рис. 7. Точка пересечения кумулятивных кривых соответствует значению пористости 10,5%.

Одним из методов выявления граничного значения коллектора по коэффициенту открытой пористости является метод сопоставления открытой пористости с эффективной пористостью  $k_{пэф}$ . Для расчета  $k_{пэф}$  используется уравнение:

$$k_{пэф} = k_{п} (1 - k_{ов}).$$

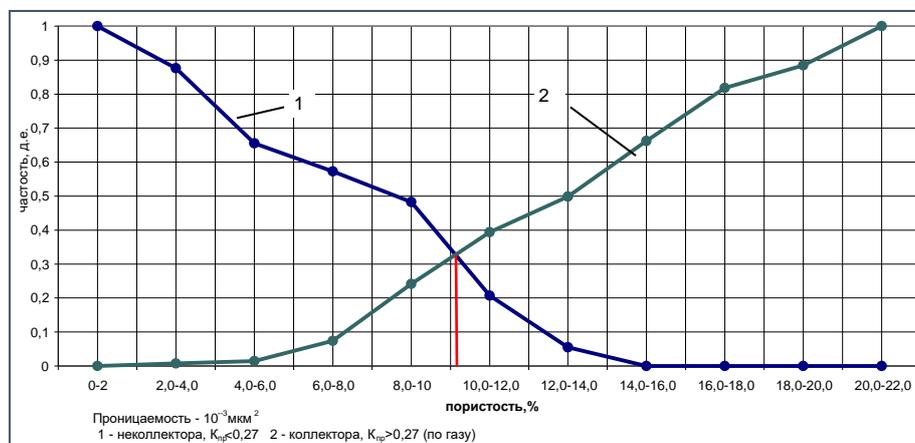


Рисунок 7 – Сопоставление кумулятивных кривых распределения коллекторов и неколлекторов в интервалах изменения коэффициента открытой пористости от 0 до 22% для песчано-алевролитовых пород средней и верхней юры

Значение коэффициента остаточной водонасыщенности  $k_{ов}$  определяется методом центрифугирования (режим 4500 об/мин, время - 30 мин). График сопоставления эффективной пористости  $k_{пэф}$  и открытой пористости  $k_{п}$  для песчано-алевролитовых пород верхнее и среднеюрских отложений горизонтов представлен на рис. 8.

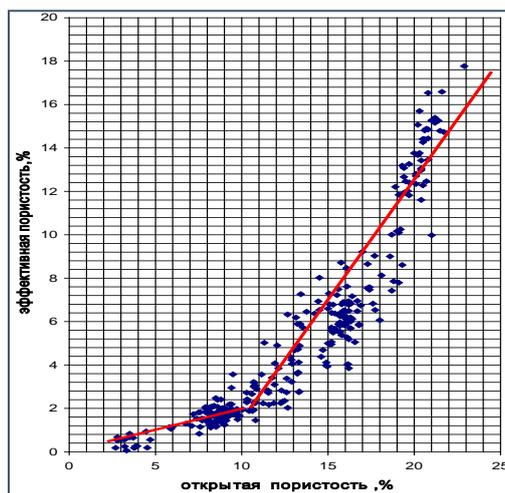


Рисунок 8 – Зависимость коэффициента эффективной пористости от коэффициента открытой пористости для песчано-алевролитовых пород средней и верхней юры

Из рис. 8. видно, что точка излома кривых  $k_{эф} = f(k_{п})$  соответствует значению  $k_{пэф} = 1,9\%$  и  $k_{п} = 10,5\%$ , которые для выделения коллекторов можно принять за граничные.

Значение  $k_{п гр}$  можно получить на основе выявленной зависимости между коэффициентом абсолютной проницаемости по газу  $k_{пргр}$  и коэффициентом эффективной пористости. На графике  $k_{пргр} = f(k_{эф})$  (рис. 9) представлена эмпирическая зависимость связывающая проницаемость породы с пористостью, полученных в результате обработки петрофизических данных испытания образцов в атмосферных условиях. Корреляционная связь имеет вид:

$k_{пргр} = 0,11 k_{эф}^{2,22}$  с коэффициентом корреляции  $r^2 = 0,79$ .

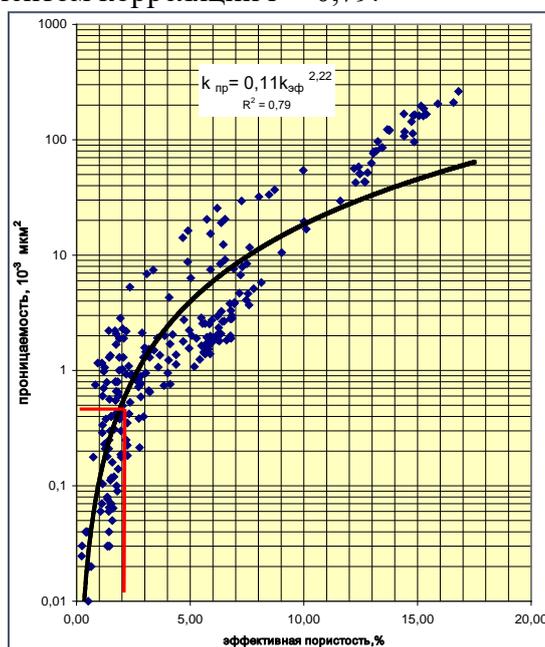


Рисунок 9 – Зависимость абсолютной проницаемости по газу (азот) от коэффициента эффективной пористости для песчано-алевролитовых пород средней и верхней юры

Согласно этому графику у пород коэффициент эффективной пористости которых меньше  $1,9\%$ , проницаемость всегда меньше  $0,43 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$ , т.е. практически непроницаемы, поэтому в качестве граничного значения коэффициента пористости для коллекторов с гранулярной пористостью можно принять значение  $10,5\%$ .

При изучении остаточной водонасыщенности песчано-алевролитовых пород из продуктивных отложений месторождения Восточный Бердах установлена корреляционная зависимости между  $k_{ов}$  и  $k_{п}$ . Результат выявленной зависимости между коэффициентом

остаточной водонасыщенности и коэффициентом открытой пористости в виде графика  $k_{ов} = f(k_{п})$  приведен на рис. 10. При оценке тесноты связи из общего количества точек исключаются данные по образцам с пористостью меньше 2%. В породах с такими коллекторскими свойствами получается большая ошибка в определении  $k_{ов}$  за счет пленки воды на внешней поверхности образца.

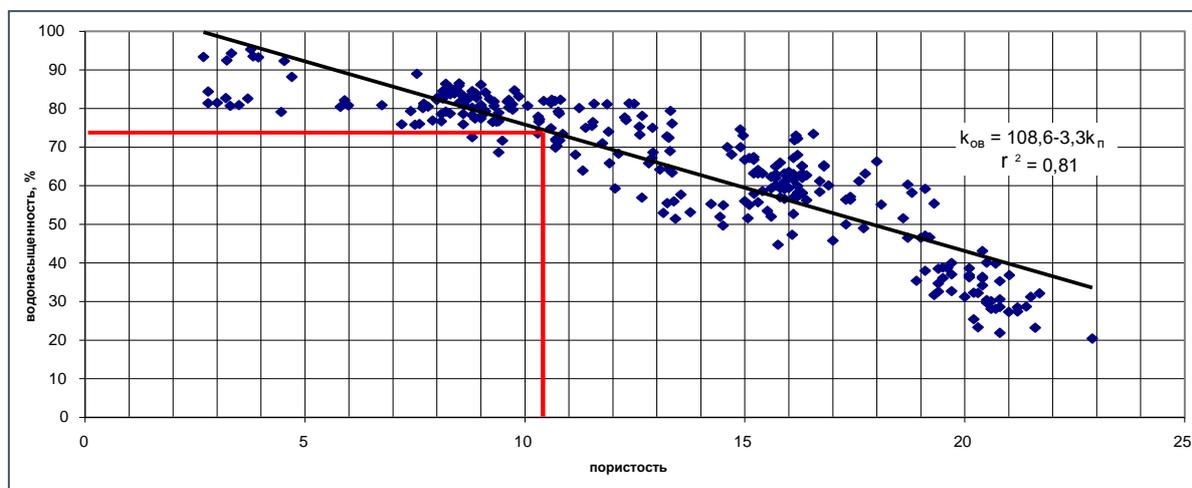


Рисунок 10 – Зависимость коэффициента остаточной водонасыщенности от коэффициента открытой пористости для песчано-алевролитовых пород средней и верхней юры

Как видно из графика, наблюдается увеличение количества связанной воды при снижении пористости и корреляционная связь описывается уравнением  $k_{ов} = 108,6 - 3,3k_{п}$  с коэффициентом корреляции  $r^2=0.81$ . Установление нижнего значения коэффициента остаточной водонасыщенности осуществляется путем проведения перпендикуляра с граничного значения коэффициента пористости (в нашем случае 10,5%) до пересечения с кривой  $k_{ов} = f(k_{п})$  и этой точке на ординате будет соответствовать значение граничной водонасыщенности. По нашим построениям значение нижнего предела  $k_{овгр}$  равно 73,9%.

Таким образом на основе анализа данных о фильтрационно-емкостных свойствах песчано-алевритовые породы верхне- и среднеюрских отложений месторождения Восточный Бердах имеют следующие петрофизические значения:

1. Граничное значение коэффициента пористости  $k_{пгр}$ :
  - по графоаналитическому методу  $k_{пгр} = 10,5\%$
  - по сопоставлению  $k_{пэф}$  с  $k_{п}$   $k_{пгр} = 10,5\%$
2. Граничное значение коэффициента проницаемости  $k_{пгр}$ :
  - по корреляционной зависимости  $k_{пр} = f(k_{эфп})$   $k_{пгр} = 0,43 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$
3. Граничное значение коэффициента остаточной водонасыщенности  $k_{овгр}$ :
  - по корреляционной зависимости  $k_{ов} = f(k_{п})$   $k_{овгр} = 74\%$

Из этих данных наиболее оптимальными величинами граничных значений коллекторов являются те, которые базируются на результатах полученных на более представительных коллекциях образцов. Обоснованными величинами граничных значений коллекторов, которые рекомендуются для практического использования считаются:  $k_{пгр} = 10,5\%$ ,  $k_{пгр} = 0,43 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$ ;  $k_{овгр} = 74\%$ .

### Литература

1. Добрынин В.М., Вендельштейн Б.Ю., Кожевников Д.А. Петрофизика. Учеб. для вузов. М.: Недра. 1991. 368 с.
2. Промысловая геофизика. Учеб. для вузов / Добрынин В.М., Вендельштейн Б.Ю., Резванов Р.А., Африкян А.Н. М.: Недра. 1986. 342 с.
3. Латышева М.Г., Вендельштейн Б.Ю., Тузов В.П. Обработка и интерпретация материалов геофизических исследований скважин. М.: Недра. 1990. 312 с.

4. РД 153-39.0-072-01. Техническая инструкция по проведению геофизических исследований и работ приборами на кабеле в нефтяных и газовых скважинах. Минтопэнерго РФ. М.: Герс, 2001.
5. Золоева Г.М., Лазуткина Н.Е. Комплексная интерпретация геофизических данных с целью оценки параметров коллекторов. М.: Макс Пресс. 2009. 148 с.
6. Вендельштейн Б.Ю., Резванов Р.А. Геофизические методы определения параметров нефтегазовых коллекторов. М.: Недра. 1978. 318 с.
7. Латышева М.Г. Практическое руководство по интерпретации диаграмм геофизических методов исследования. М.: Недра. 1991. 219 с.
8. Отчет ГИС Восточного Бердахского месторождения Устьюртского нефтегазоносного района. ОАО «УЗБЕКГЕОФИЗИКА».
9. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для ВУЗов / Под ред. К.З. Ушакова. М.: Изд-во Моск. гос. горного университета. 2005. 429 с.
10. Голикон В.Я., Короленко И.П. Радиационная защита при использовании ионизирующих излучений. М.: Недра. 1987. 187 с.
11. Козлитин А.М., Яковлев Б.Н. Чрезвычайные ситуации техногенного характера. Прогнозирование и оценка. Учеб. пособие / Под ред. А.И. Попова. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т. 2000. 123 с.

## ПЕТРОФИЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ГИС ДЛЯ ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ЮРСКОГО ВОЗРАСТА НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУЙИ СУРГИЛЬ

Каримов А.А.

19karimovamir95@mail.ru

Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений, г. Ташкент,  
Республика Узбекистан

*Аннотация. Работа посвящена петрофизическому обеспечению интерпретации данных ГИС (геофизических исследований скважин). В работе рассмотрены основные петрофизические зависимости, необходимые для проведения комплексной интерпретации данных ГИС, проведены обработка и анализ литолого-петрографических исследований. Определены граничные значения пород-коллекторов нижнеюрских терригенных отложений Устюртского нефтегазоносного региона.*

*Ключевые слова: петрофизика, керн, пористость, проницаемость, остаточная водонасыщенность, интерпретация, коллектор*

Площадь Куйи Сургиль в административном отношении находится на территории Муйнакского района Республики Каракалпакстан в 55 км к северо-западу от города Муйнак. В геологическом строении площади Куйи Сургиль принимают участие юрские, меловые и неоген-четвертичные отложения осадочного чехла. Литологическое описание пород исследуемой территории основывается на результатах макро- и микро-описаний кернового материала, по результатам интерпретации каротажных диаграмм параметрических и поисково-разведочных скважин на прилегающих площадях и месторождениях, а также с привлечением результатов сейсморазведочных работ, позволяющих произвести корректировку глубины залегания основных реперных горизонтов [1].

Структура Куйи Сургиль впервые выявлена в 1989 году и подготовлена под глубокое бурение сейсморазведкой МОГТ-2Д в 1991 году по отражающему горизонту  $T_{IV}^{III}$  - ( $J_1$ ), приуроченному к нижнеюрским отложениям [1].

По результатам бурения и с учетом данных сейсморазведки, получен продуктивный пласт нижнеюрских отложений -  $J_1^6$  [2].

По кровле газонасыщенной залежи пласта  $J_1^6$  структура представляет собой форму антиклинали субмеридианального простирания и по замкнутой изогипсе -3595 м ее размеры составляют: 8,5×2,8 м, амплитуда 81 м, площадь 11,3 км<sup>2</sup> [3].

Для оценки коллекторских свойств песчано-алевритовых пород изучен комплекс литолого-петрографических и петрофизических параметров образцов: плотность минералогическая и объемная, пористость-общая и открытая, газопроницаемость, остаточная водонасыщенность, карбонатность, удельное электрическое сопротивление и скорость распространения продольных волн, параметр пористости и параметр насыщения.

Фракционный состав песчано-алевритовых пород изучался на основе гранулометрического анализа, для установления вещественного состава песчано-алевритовых пород были изучены результаты рентгеноструктурного анализа (РСА).

Обработка результатов РСА показывают следующий минеральный состав терригенных пород нижней юры: кварц – 55,1%, полевой шпат – 45,6% (кислый плагиоклаз – 17,7%, КПШ – 12,6%), глинистыми минералами цемента – 13,5% (каолинит – 6,3%. серицит – 4,6%, хлорит – 2,7%). Отличительной особенностью минерального состава этих пород является низкое содержание карбонатов, которая в среднем составляет 2,3%, это обуславливает низкую эффективность глино-кислотной обработки призабойной зоны пласта,

проводимой с целью увеличения продуктивности скважин.

Данные гранулометрии и их сопоставление с ФЕС позволяют сделать выводы о границах коллектора внутри определенного пласта. Емкость матрицы может приниматься неизменной в интервале изучаемого коллектора, даже если фракционный состав матрицы изменяется по глубине залегания. При заполнении емкости матрицы тонкодисперсной компонентой выполняется линейная связь с объемным содержанием цемента, т.е. коллектор уплотняется за счет увеличения объемного содержания тонкодисперсной фракции с размером зерен меньше 0,01 мм. Полагается, что песчаная и алевритовая фракции (до 0,01 мм) слагают матрицу коллектора, в то время как глинистая и пелитовая фракции (менее 0,01 мм) представляют собой цемент, заполняя емкость матрицы.

Гранулометрический анализ терригенных пород нижнеюрских отложений показал следующее содержание фракций: песчаная - 60,3%; алевритовая - 30,5%; глинистая - 8,2%.

Между содержаниями песчаной и алевритовой фракций установлена очень тесная обратная корреляция (рис. 1), что указывает на замещение песчаной фракции алевритовой в пределах изучаемого коллектора, когда как пористость матрицы остается постоянной [3].

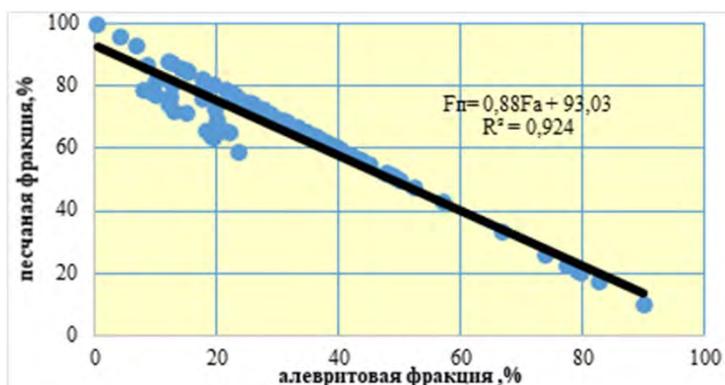


Рисунок 1 – Зависимость между содержанием песчаной и алевритовой фракцией

Для установления нижней границы коллекторов по коэффициенту открытой пористости  $K_p$  используем графоаналитический метод, основанный на построении интегральной функции распределения значений данного параметра по интервалам, относимым к коллекторам и не коллекторам.

Полученные кривые для терригенной газонасыщенной толщи представлены на рис. 2. Абсцисса точки пересечения кумулятивных кривых коллекторов и не коллекторов соответствует значению 8%, что соответствует граничному значению пористости.

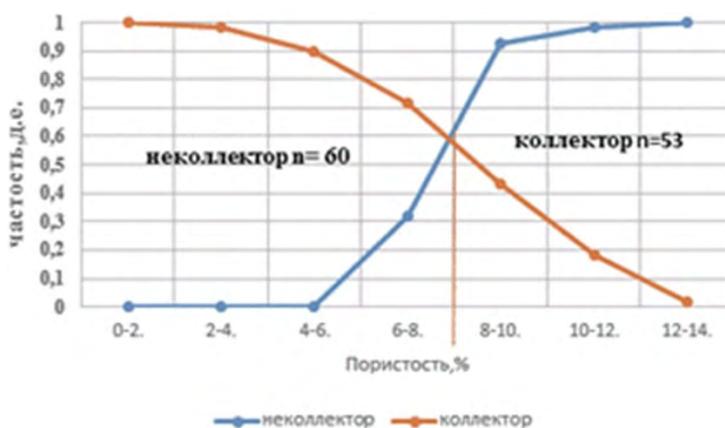


Рисунок 2 – Кумулятивная кривая "коллектор-не коллектор"

Граничное значение проницаемости находим по зависимости  $K_{пр}(K_p)$ . При  $K_{п.гр}=8\%$  (рис. 3).

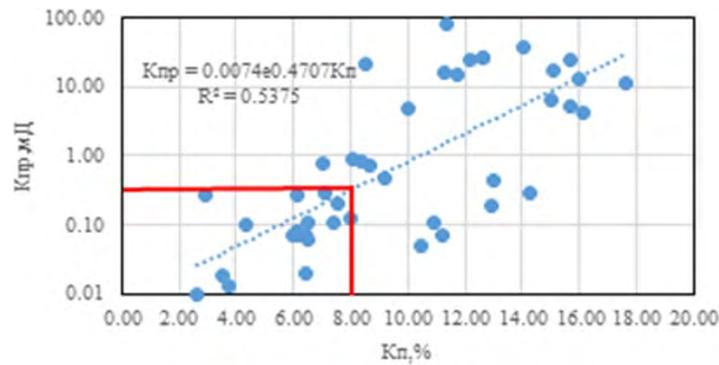


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента проницаемости от коэффициента пористости

Исходя из построенной зависимости граничное значение коэффициента проницаемости принимается  $K_{пр.гр} = 0,65 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$ . Для обоснования граничных значений коэффициента остаточной водонасыщенности  $K_{во.гр}$  используется корреляционная зависимость  $K_{во} = f(K_{п})$ . Результаты сопоставления значений пористости и водонасыщенности с целью выявления зависимости  $K_{во} = f(K_{п})$  для коллекторов нижнеюрских горизонтов приведены на рис 2. Тогда граничное значение коэффициента остаточной водонасыщенности  $K_{во.гр}$  для газонасыщенного коллектора равно -65% (рис. 4). Таким образом, граничные значения ФЕС терригенных толщ нижнеюрского возраста имеют следующие значения:

- $K_{п.гр} = 8\%$ .
- $K_{пр.гр} = 0,65 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$ .
- $K_{во.гр} = 65\%$ .

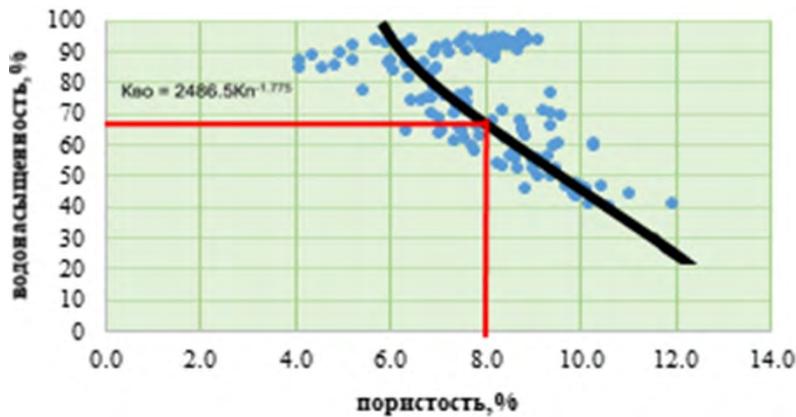


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента остаточной водонасыщенности от коэффициента пористости

Установлено, степень увеличения УЭС от давления зависит от пористости пород – чем меньше пористость, тем значительно увеличивается УЭС от давления. С увеличением температуры УЭС водонасыщенных пород уменьшается. Выявлено также, что изменение УЭС частично водонасыщенных пород от давления происходит менее интенсивно, чем водонасыщенных. Это видимо, связано тем, что в нефтегазонасыщенных породах при повышении давления остаточная вода из мелких пор, которые принимали участие в проводимости выжимаются в более крупные поры, повышая электропроводность образца.

Давления и температура также оказывает влияние на характер петрофизической зависимости. Зависимость «параметр пористости- пористость» (рис. 5) для атмосферных условий имеет вид:  $R_{п} = 1/k_{п}^{1,76}$ . Для пластовых условий эта зависимость имеет вид:  $R_{п} = 1/k_{п}^{1,90}$

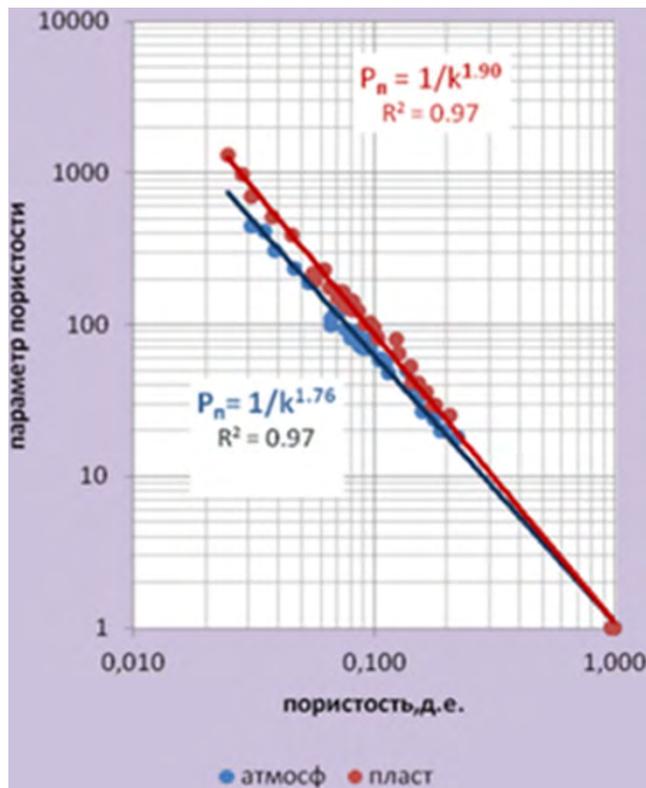


Рисунок 5 – Зависимость «параметр пористости- коэффициент пористости»

Анализ результатов моделирования частичной водонасыщенности образцов, методом центрифугирования, с измерением их УЭС позволили установить корреляционную зависимость между параметром насыщения и коэффициентом водонасыщения. Для исследованных песчано-алевритовых пород нижнеюрских отложений Устьюрта полученная зависимость имеет вид  $P_n = 1/ков^{1,73}$  (рис. 6).

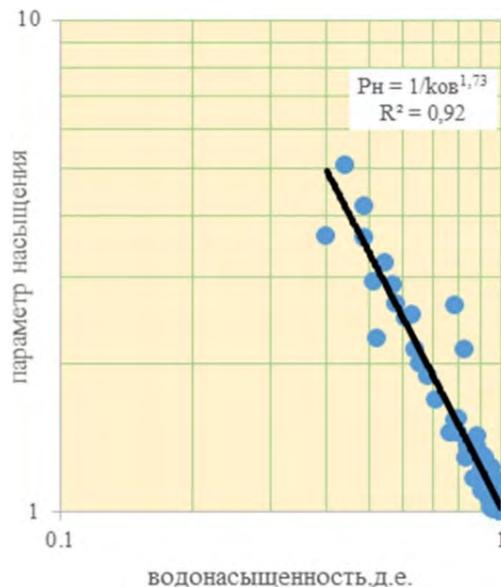


Рисунок 6 – Зависимость «параметр насыщения - остаточная водонасыщенность»

Объемная плотность пород-коллекторов нижнеюрских отложений меняется в широких пределах от 2,03 до 2,64 г/см<sup>3</sup>. Зависимость объемной плотности от коэффициента открытой пористости представлена на рисунке 7. Из построенной зависимости видно, что коллекторами являются все породы, объемная плотность которых меньше 2,4 г/см<sup>3</sup>. Полученная зависимость имеет вид:  $\sigma = -0,0379Кп + 2,7112$ , с коэффициентом корреляции  $R^2 = 0.96$ .

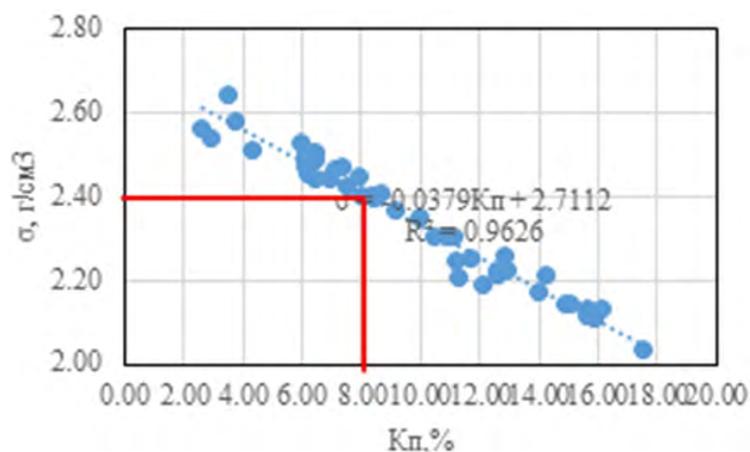


Рисунок 7 – Зависимость «объемная плотность - коэффициент пористости»

Изучение упругих свойств песчано-алевритовых пород нижнеюрских отложений Устюртского нефтегазоносного региона осуществлено на установке высокого давления и температуры были изучены следующие петрофизические параметры образцов горных пород: скорость продольных и поперечных волн, интервальное время, коэффициент открытой пористости, при различных соотношениях всестороннего эффективного давления (3, 10, 20, 30, 40, 50 МПа) и температуры (20, 40 и 100 °С). Определение скоростей продольных и поперечных волн изучалось методом импульсного прозвучивания с использованием датчиков с резонансной частотой 750 кГц.

Исследования показали, что изменения упругих параметров песчано-алевритовых пород от давления и температуры определяются множеством параметров, характеризующих свойства фаз, твердого скелета породы и структуру среды. Песчано-алевритовые породы нижнеюрского возраста Устюрта в атмосферных условиях характеризуется скоростью продольных волн 2800-4500 м/с, а поперечных 1250-2500 м/с. При термобарических условиях близких к пластовым диапазон изменения продольных волн составляет 3000-4900 м/с.

Результаты определения скоростей продольных и поперечных волн и изменения коэффициента открытой пористости песчано-алевритовых пород при различных термобарических условиях, позволили получить петрофизические зависимости «интервальное время-пористость». Зависимости, полученные для различных термобарических условий, имеют вид (рис. 8, 9):

Атмосферные условия -  $\Delta T_p = 7,85k_p + 200$  и  $\Delta T_s = 16,6k_p + 364$

Пластовые условия -  $\Delta T_p = 4,1k_p + 181$  и  $\Delta T_s = 8,01k_p + 360$ .

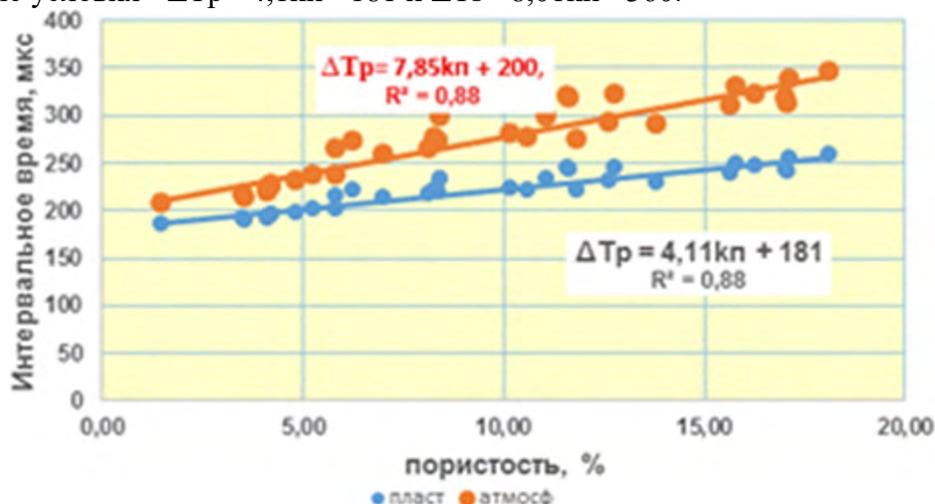


Рисунок 8 – Зависимость интервального времени пробега продольных волн от коэффициента открытой пористости для песчано-алевритовых пород при различных термобарических условиях

Результаты интерпретации приведены на рисунке ниже.

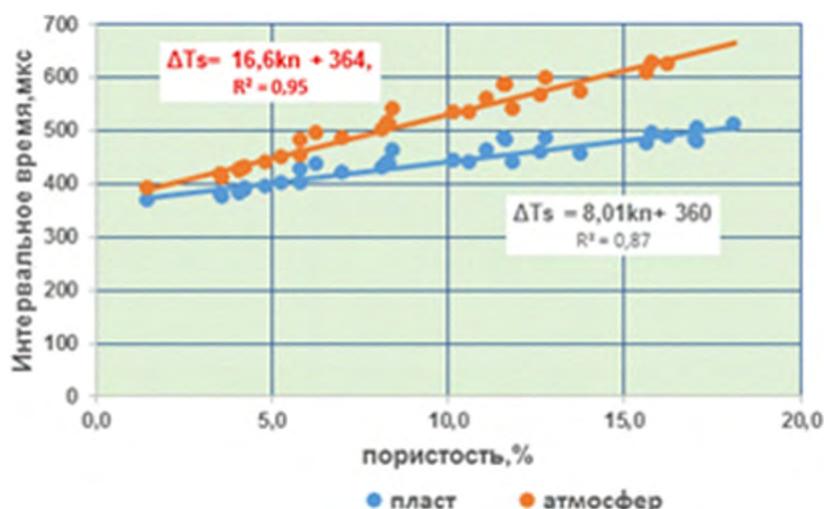


Рисунок 9 – Зависимость интервального времени пробега поперечных волн от коэффициента открытой пористости для песчано-алевритовых пород при различных термобарических условиях

Эти зависимости предлагаются для практического использования при количественной интерпретации материалов акустического каротажа. Анализ полученных зависимостей показывает, что влияние термобарических условий весьма существенно и их не учет может привести к ошибке в определении пористости по данным акустических методов ГИС.

В дальнейшем при проведении комплексной интерпретации ГИС были использованы результаты обработки и анализа петрофизических исследований, в том числе граничные значения пород-коллекторов нижнеюрских терригенных отложений, а также зависимости «объемная плотность – пористость», «интервальное время – пористость», «параметр пористости – пористость», «параметр насыщения – остаточная водонасыщенность».

При проведении комплексной интерпретации было выполнено литологическое расчленение разреза, выделены пласты-коллектора, определен коэффициент пористости по гамма-методу, определен коэффициент газонасыщенности по уравнению Дахнова-Арчи (рис. 10).

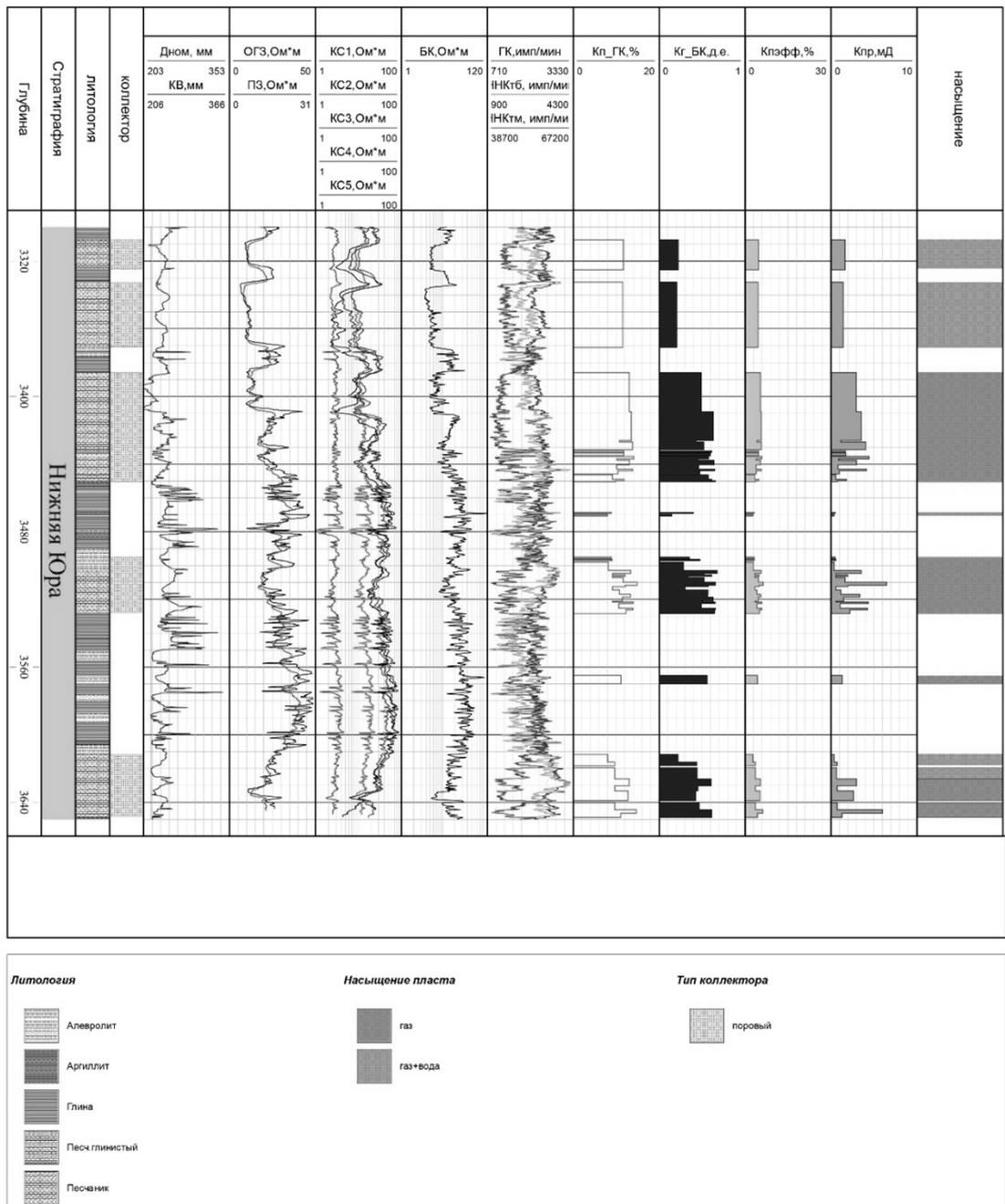


Рисунок 10 – Результаты комплексной интерпретации скважины №2 месторождения Куйи Сургиль

**Выводы по проделанной работе:**

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы для песчано-алевролитовых пород нижнеюрских отложений было сделано следующее:

- Установлены граничные значения пород-коллекторов нижнеюрских отложений месторождения Куйи Сургиль, на основе построенных зависимостей между фильтрационно-емкостными свойствами.
- Построены петрофизические зависимости типа «жерн-жерна» для проведения интерпретации данных ГИС (определение коэффициента газонасыщенности  $K_g$ )
- Для проверки достоверности определения коэффициента пористости по гамма-методу было произведено сопоставление результатов определения пористости по керну и

пористости по ГИС, по результатам сопоставления рекомендуется использовать пористость, рассчитанную по данным ГИС для использования при подсчете запасов на данном месторождении.

#### **Рекомендации по проделанной работе:**

1. Для повышения качества каротажных данных рекомендуется повысить уровень метрологического обеспечения аппаратуры акустического каротажа и метода ПС, а также вовремя проводить контроль качества получаемых из скважины данных для их своевременной отбраковки.
2. Так как в основе, примененной на данном месторождении методики для определения пористости горных пород лежала связь «кern-ГИС» рекомендуется увеличить отбор керна, для того чтобы посмотреть статистику на большей выборке и получить более устойчивые связи для определения пористости. Применение данной методики возможно и на других месторождениях Устюртского нефтегазоносного региона, при условии, что другие методы определения пористости не позволяют корректно определить пористость.
3. Добавить в проводимый комплекс ГИС более современные методы, такие как:
  - Волновой акустический каротаж по результатам обработки которого можно получить информацию о физико-механических свойствах пород, оценить наличие в пластах кавернозной и трещинной составляющей, позволит уточнить тип пластов-коллекторов;
  - Гамма-каротаж спектрометрический позволит оценить глинистость пород в разрезе, уточнить минеральный состав пород, фильтрационно-емкостные свойства;
  - Импульсный нейтронный гамма-метод спектрометрический использовать для определения текущей газонасыщенности и положения контактов;
  - Ядерномагнитный метод для определения структуры порового пространства и определения коэффициентов общей и открытой пористости, коэффициента остаточной водонасыщенности.
4. Проведение специальных исследований керна на определение фазовой проницаемости и моделирование процессов извлечения заземленного газа.

#### **Литература**

1. Производственные отчеты по месторождениям Устюртского нефтегазоносного региона. Ташкент. Фонды АО «ИГИРНИГМ».
2. Муминов А.С., Ахмедов П.У. Разработка рекомендации по повышению достоверности количественной интерпретации результатов ГИС на основе изучения петрофизических свойств пород-коллекторов новых месторождений Судочьего прогиба в условиях модулирующие пластовые. Ташкент. Фонды АО «ИГИРНИГМ». 2006.
3. Кожевников Д.А., Коваленко К.В. Изучение коллекторов нефти и газа по результатам адаптивной интерпретации геофизических исследований скважин. М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. 2011. 219 с.

## СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ РАСЧЁТА ВНУТРИСУТОЧНЫХ ПОЗИЦИЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ BERNESE

Кенигсберг Д.В.

*kenig@gdirc.ru*

Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызстан

*Аннотация.* В работе представлены результаты обработки файлов полевых GPS-наблюдений в программном комплексе Bernese GNSS Software четырьмя различными методами. Проведено сравнение вариационных характеристик внутрисуточных картезианских координат XYZ для пяти станций на основе статистических параметров. В программе Bernese в основном используются алгоритмы расчёта позиций Precise Point Positioning (PPP) и Rinex2Sinex (R2S), которые могут осуществляться "ручным" или "автоматическим" способами. Для корректного сравнения полученных разными способами координат рассчитана локальная система отсчёта посредством центрирования каждого набора данных. Сравнение статистических параметров свидетельствует о том, что показатели разброса внутрисуточных координат, полученных алгоритмом PPP, в среднем на 19% меньше, чем для метода R2S. Кроме этого, автоматический способ в среднем на 2% лучше в устойчивости координат, чем ручной процесс как для PPP, так и для R2S.

*Ключевые слова:* Bernese GNSS Software, внутрисуточные координаты XYZ, алгоритмы расчёта PPP и R2S, локальная система отсчёта

**Введение.** В программном комплексе Bernese GNSS Software возможна обработка файлов наблюдений RINEX для получения внутрисуточных координат. Это возможно сделать несколькими способами, причём результат каждого из них имеет свои качественные характеристики.

Алгоритм расчёта PPP (Precise Point Positioning) предназначен для получения координат станций на сантиметровом уровне, как посуточных, так и внутрисуточных. Помимо этого PPP позволяет получить геоцентрические координаты, параметры тропосферы и региональные ионосферные модели [1].

Алгоритм расчёта R2S (Rinex2Sinex) выполняет те же самые функции, однако его главное отличие состоит в том, что файлы наблюдений RINEX подвергаются дополнительным процедурам обработки, в результате чего посуточные координаты получаются несколько более точными [2].

**Способы реализации алгоритмов.** Оба алгоритма могут быть реализованы как вручную, так и автоматически. Ручной (Manual) способ (PPP-M, R2S-M) требует пользовательских настроек в процессе расчётов координат и определения списка программ, которые выполняются в зависимости от метода обработки [3].

В Bernese GNSS Software есть специальный режим BPE (Bernese Processing Engine), предназначенный для автоматического запуска любого из двух алгоритмов (PPP-A, R2S-A). В этом случае список программ больше и их настройки заданы по умолчанию.

**Расчёт и стабилизация внутрисуточных координат.** Для сравнения было выбрано пять станций: IAT3, CHUM, PODG, POL2, SEL2 и для каждой из них были рассчитаны внутрисуточные координаты всеми четырьмя способами. Пример расчёта для станции IAT3 приведён на рис. 1.

-----  
 LOCAL GEODETIC DATUM: IGS14 EPOCH: 2017-01-08 00:00:30

STATION NAME	WEEK	SECONDS	X (M)	Y (M)	Z (M)	F
IAT3	1931	30.	1228029.1325	4535611.5431	4301040.0721	K
IAT3	1931	60.	1228029.1374	4535611.5424	4301040.0793	K
IAT3	1931	90.	1228029.1391	4535611.5488	4301040.0828	K
IAT3	1931	120.	1228029.1371	4535611.5410	4301040.0748	K
...	...	...	...	...	...	
IAT3	1931	86280.	1228029.1371	4535611.5634	4301040.0728	K
IAT3	1931	86310.	1228029.1359	4535611.5596	4301040.0727	K
IAT3	1931	86340.	1228029.1337	4535611.5533	4301040.0668	K
IAT3	1931	86370.	1228029.1374	4535611.5778	4301040.0816	K

Рисунок 1 – Фрагмент внутрисуточных координат, рассчитанных для станции IAT3 автоматическим алгоритмом PPP-A

Для алгоритма R2S одна из станций должна быть зафиксированной в качестве системы отсчёта, т.е. ее координаты не будут меняться от эпохи к эпохе. В нашем случае, для этой цели выбрана станция POL2. Однако это не свидетельствует в пользу того, что координаты этой станции являются абсолютно точными, т.к. ошибки в определении координат по эпохам распределяются между остальными станциями. Для корректного сравнения разных методов позиционирования следует перейти к локальной системе отсчёта, взяв в качестве нулевой позиции центр масс данных для всех станций по эпохам, и назовем его AVRS [4]. По всем координатам центры масс данных для каждой эпохи и каждого метода были рассчитаны следующим образом:

$$x_{AVRS}^i = \frac{1}{5}(x_{IAT3}^i + x_{CHUM}^i + x_{PODG}^i + x_{POL2}^i + x_{SEL2}^i) \quad (1)$$

Таким же образом посчитаны координаты для  $y$  и  $z$ .  
 Затем вычисляются новые координаты для каждой из станций:

$$X_{IAT3}^i = x_{IAT3}^i - x_{AVRS}^i; \quad (2)$$

аналогично для  $Y$  и  $Z$  для всех пяти станций четырёх методов. В результате этих процедур убирается влияние разных систем отсчёта, используемых разными алгоритмами. При этом разброс радиус-векторов ( $XYZ$ ) внутрисуточных позиций станций от их среднего значения сокращается в среднем на 17%.

**Сравнение внутрисуточных координат при различных методах расчёта.** Переход к локальной системе отсчёта приводит к некоторой стабилизации координат и уменьшению их разброса [4] для исследуемых станций.

Далее мы проводим расчёты с центрированными радиус-векторами  $\overline{XYZ}_C$ . Чтобы их вычислить, необходимо центрировать каждую компоненту координат относительно её среднего значения. Для этого сначала вычисляем среднее:

$$Avr_X = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n} \quad (3)$$

Аналогично рассчитываются  $Avr_Y$  и  $Avr_Z$ .

Далее выполняется собственно операция центрирования по каждой координате и каждой эпохе ( $X_{Ci}, Y_{Ci}, Z_{Ci}$ ):

$$X_{Ci} = X_i - Avr_X \quad (4)$$

Центрированные координаты по каждой эпохе образуют центрированный радиус-вектор  $\overline{XYZ}_{Ci}$ , длина которого может служить мерой отклонения полученных из Bernese координат:

$$L_i = \left| \overline{XYZ}_{Ci} \right| = \sqrt{X_{Ci}^2 + Y_{Ci}^2 + Z_{Ci}^2} \quad (5)$$

Далее на основе всех  $L_i$  метода вычисляем их среднее и стандартное отклонение:

$$Avr_L = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{n} \quad (6)$$

$$StD_L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - Avr_L)^2}{n}} \quad (7)$$

а также выбираем максимальное значение  $Max_L$ . Результаты таких расчётов сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Пример расчёта вариационных параметров для станции IAT3

Name	Date	Seconds	X, мм	Y, мм	Z, мм	Xс, мм	Yс, мм	Zс, мм	L, мм	
IAT3	08.01.2017	30	-110051626.5	1689829.7	24617223.5	12.1	-22.5	-4.6	25.9	
		60	-110051629.8	1689832.2	24617218.2	8.8	-20.0	-9.8	23.9	
		90	-110051630.5	1689828.2	24617218.8	8.2	-24.0	-9.3	27.0	
		120	-110051630.1	1689835.1	24617223.2	8.6	-17.1	-4.9	19.7	
		150	-110051631.1	1689835.9	24617220.3	7.6	-16.3	-7.8	19.6	
		180	-110051631.5	1689839.9	24617221.7	7.2	-12.3	-6.4	15.6	
		210	-110051629.9	1689831.8	24617221.2	8.8	-20.4	-6.8	23.2	
		...	...	...	...	...	...	...	...	...
		86220	-110051650.0	1689857.9	24617227.3	-11.3	5.7	-0.7	12.7	
		86250	-110051647.8	1689852.9	24617226.0	-9.2	0.7	-2.1	9.4	
		86280	-110051647.2	1689852.8	24617232.2	-8.6	0.6	4.1	9.5	
		86310	-110051650.0	1689857.9	24617227.3	-11.3	5.7	-0.7	12.7	
		86340	-110051647.8	1689852.9	24617226.0	-9.2	0.7	-2.1	9.4	
		86370	-110051649.1	1689858.7	24617228.8	-10.4	6.5	0.7	12.3	
		86400	-110051647.5	1689861.2	24617228.6	-8.9	9.0	0.5	12.7	
		<b>Avr</b>	<b>-110051638.7</b>	<b>1689852.2</b>	<b>24617228.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>13.07</b>	
		<b>Max</b>	<b>-110051624.4</b>	<b>1689982.5</b>	<b>24617289.0</b>	<b>14.3</b>	<b>130.3</b>	<b>60.9</b>	<b>143.92</b>	
<b>StD</b>	<b>6.1</b>	<b>11.6</b>	<b>8.5</b>	<b>6.1</b>	<b>11.6</b>	<b>8.5</b>	<b>8.53</b>			
<b>NUM</b>	<b>2880</b>	<b>2880</b>	<b>2880</b>	<b>2880</b>	<b>2880</b>	<b>2880</b>	<b>2880</b>			

Здесь  $Avr$  – среднее,  $Max$  – максимальное,  $StD$  – стандартное отклонение,  $Num$  – количество эпох по колонкам.

Выделенные зелёным цветом значения вариационных параметров для длин центрированных радиус-векторов составляют содержание Таблицы 2, и являются сравнительной мерой качества расчёта внутрисуточных координат для каждого из рассматриваемых алгоритмов.

Таблица 2 – Вариационные параметры для четырёх методов Bernese

Stations	PPP						R2S					
	Manual			Automatic			Manual			Automatic		
	Max	Avr	StD									
IAT3	148.10	13.77	8.86	143.92	13.07	8.53	220.85	13.54	11.95	220.73	13.48	11.96
CHUM	182.18	25.16	14.52	184.25	22.75	13.41	256.37	26.61	17.16	258.06	27.19	17.42
PODG	150.16	13.69	9.56	146.53	13.32	9.18	209.16	15.46	12.30	209.03	15.75	12.44
POL2	132.94	13.39	9.39	129.74	12.74	9.31	212.64	12.99	11.28	212.21	13.12	11.44
SEL2	610.66	39.22	34.97	602.12	34.27	32.83	897.30	32.26	46.34	898.28	33.24	46.69
<b>Среднее</b>	<b>244.81</b>	<b>21.05</b>	<b>15.46</b>	<b>241.31</b>	<b>19.23</b>	<b>14.65</b>	<b>359.26</b>	<b>20.17</b>	<b>19.81</b>	<b>359.66</b>	<b>20.56</b>	<b>19.99</b>

Из таблицы 2 видно, что самой неустойчивой (подвижной) станцией является SEL2, причём наихудшее её позиционирование наблюдается для метода R2S-A, где отмечен самый большой разброс координат.

Для наглядного представления результатов данные из таблицы 2 отразим на рисунках по отдельным вариационным характеристикам.

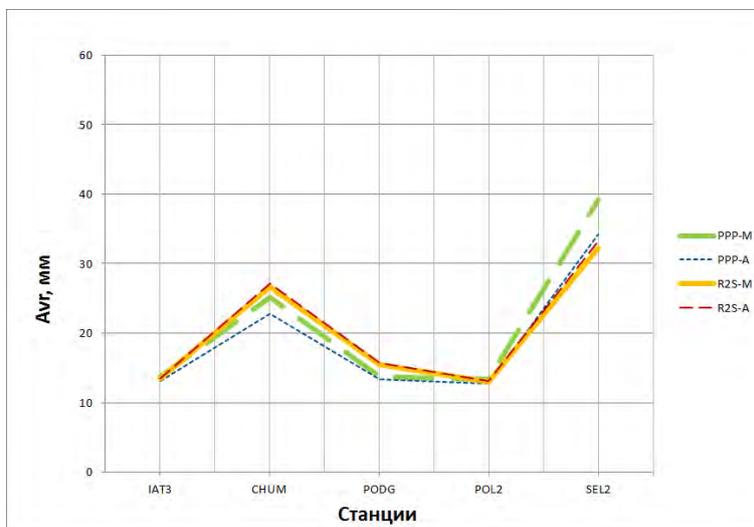


Рисунок 2 – График средних отклонений по пяти обработанным станциям

На рис. 2 видно, что средние отклонения для станций IAT3 и POL2 во всех четырех методах лежат в очень малом диапазоне и почти не отличаются между станциями. Также здесь видно, что для ручного способа расчёта координат R2S-M отмечается несколько меньший разброс по сравнению с R2S-A. Это обусловлено тем, что этот метод по умолчанию ориентирован на расчёт среднесуточных координат. Другие рисунки, приведённые ниже, тоже показывают, что эта разница незначительная. Большее различие на рис. 2 наблюдается между методами PPP-M и PPP-A, причём, благодаря оптимизированным по умолчанию настройкам метода PPP-A, его разброс от станции к станции меньше, чем у PPP-M.

По разбросу максимальных значений от станции к станции, изображённых на рис. 3, ручной и автоматический способы расчёта в рамках одного алгоритма не отличаются между собой, но здесь отчётливо видно, что PPP-A и PPP-M имеют меньшие значения, чем R2S-A и R2S-M.

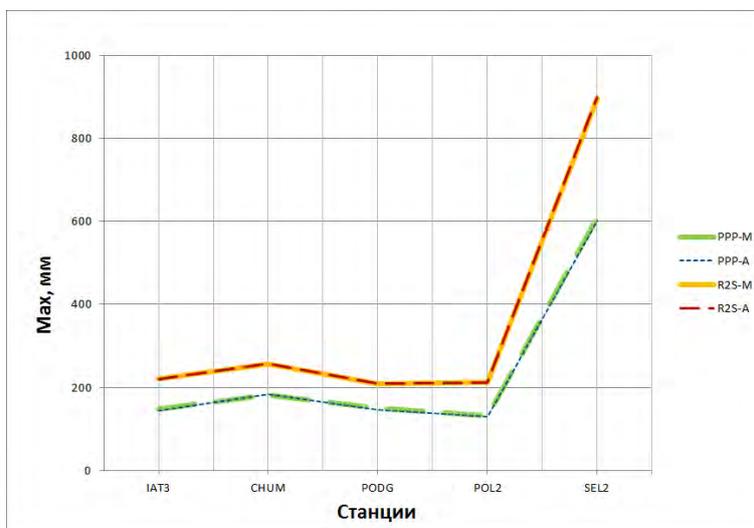


Рисунок 3 – График максимальных значений по пяти обработанным станциям

Помимо этого, на рис. 3 и рис. 4 лучше всего видно, что станция SEL2 имеет самые большие показатели вариационных параметров. Скорее всего, это обусловлено неблагоприятными локальными особенностями местонахождения станции. Однако даже при этом в методах расчёта PPP-A и PPP-M SEL2 имеет меньшие показатели, чем в методе R2S-M. Стандартные отклонения на рис. 4 также выделяют преимущество ручного и автоматического метода PPP перед R2S

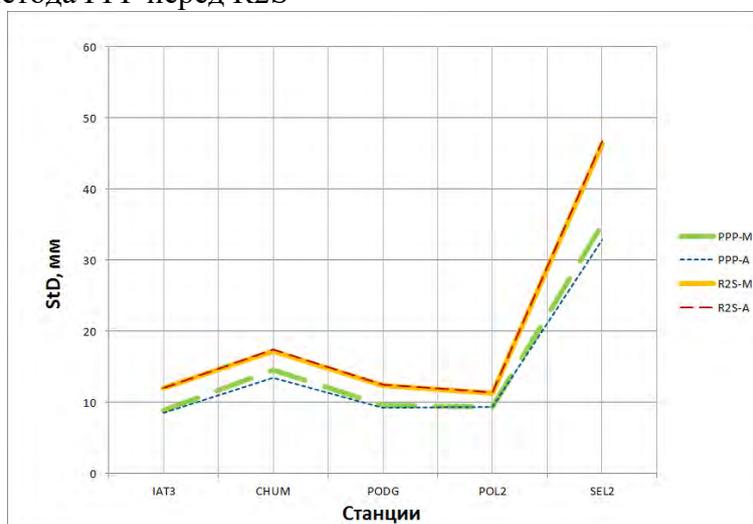


Рисунок 4 – График стандартных отклонений по пяти обработанным станциям

**Выводы.** Из приведенных выше данных для сравнения следует, что автоматический алгоритм PPP-A является наиболее качественным методом для получения внутрисуточных позиций, поскольку у него наименьший разброс вариационных параметров для всех пяти исследуемых станций. Ему несколько уступает алгоритм PPP-M, видимо из-за меньшего количества исполняемых процедур. В общем случае, самым диспергированным внутрисуточным методом позиционирования является R2S-M. Возможно, что для улучшения показателей разброса позиционирования для алгоритма R2S необходимо использовать результаты предварительной обработки методом PPP.

Следует также отметить полезность используемой нами процедуры перехода к локальной системе отсчёта при любом методе расчёта позиционирования в Bernese, поскольку при этом происходит стабилизация временных рядов координат всех станций. Также эта процедура даёт основание для корректного сравнения координат, рассчитанных в разных системах отсчёта.

Помимо вышеизложенного, оценка вариационных параметров внутрисуточного позиционирования позволяет классифицировать наблюдаемые нами станции по степени стабильности, устойчивости координат или зашумлённости регулярно фиксируемого ГНСС сигнала. Так станция POL2 примерно в 3-5 раза имеет лучшие показатели устойчивости координат, чем станция SEL2. Естественным образом встаёт вопрос о проведении паспортизации всех исследуемых нами станций на предмет качества позиционирования и уровня шума.

*Автор работы выражает благодарность своему научному руководителю к.ф.-м.н., заведующему ЛГПС ИС РАН С.И. Кузикову за выбор направления, советы при проведении работ и рекомендации по оформлению статьи.*

### Литература

1. Dach R., Lutz S., Walser P., Fridez P. User manual of the Bernese GNSS Software, Version 5.2. Astronomical Institute, University of Bern. Teor. Appl. 2015. 826 p.
2. Dach R., Lutz S., Walser P., Fridez P. Tutorial on the Bernese GNSS Software, Version 5.2. Astronomical Institute, University of Bern. Teor. Appl. 2015. 166 p.

3. Кенигсберг Д.В. Высокоточные позиционирования в Bernese GNSS Software и сравнение с результатами расчётов в Gamit/GLOBK // Современная техника и технологии в научных исследованиях. Сб. материалов XII Междунар. конф. молодых учёных и студентов, г. Бишкек, 22-24 апреля 2020 г. Бишкек: ИС РАН. 2020. С. 85-89.
4. Кузиков С.И., Образцова Т.С. Точность воспроизведения заданных смещений GPS антенны // Вестник КРСУ. 2011. Т. 11. № 4. С. 129-134.

## ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПАЛЕЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ПЛОЩАДИ КАРАКУДУК

Ким Ж.Л.<sup>1</sup>, Абзалов А.П.<sup>1</sup>, Маликов М.Р.<sup>1</sup>, Бердиназаров Б.Б.<sup>2</sup>

*jannkakim@icloud.com, akmal1581@bk.ru, alirakhmon48@gmail.com, bbbburxon@gmail.com*

<sup>1</sup>АО «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», г. Ташкент,  
Республика Узбекистан

<sup>2</sup>Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова, г. Ташкент,  
Республика Узбекистан

*Аннотация. В работе рассмотрены результаты сейсморазведочных и буровых работ по палеозойским отложениям в пределах Каракудукской площади, Устюртского нефтегазоносного региона Республики Узбекистан. Основной целью представленных исследований является повышение эффективности и определение направления для дальнейших геологоразведочных работ на площади Каракудук.*

*Ключевые слова: модель, площадь, палеозой, сейсморазведка, бурение, горизонт, скважина, месторождение, анализ, сейсмопрофиль, тектоника, пласт*

**Введение.** В Устюртском нефтегазоносном регионе основной прирост запасов газа и конденсата получают за счет залежей и скоплений углеводородов, открытых за последние годы в юрских отложениях центральной части Северо-Устюртской впадины.

Актуальность темы исследований обусловлена достижением однозначности геологического обоснования расшифровки геофизических данных 3D, полученных при исследовании палеозойских отложений.

В административном отношении структура Каракудук (палеозой) расположена на территории Кунградского района Республики Каракалпакстан, в тектоническом плане – Северо-Устюртская впадина, северная часть Куаныш-Коскалинского вала (рис. 1).

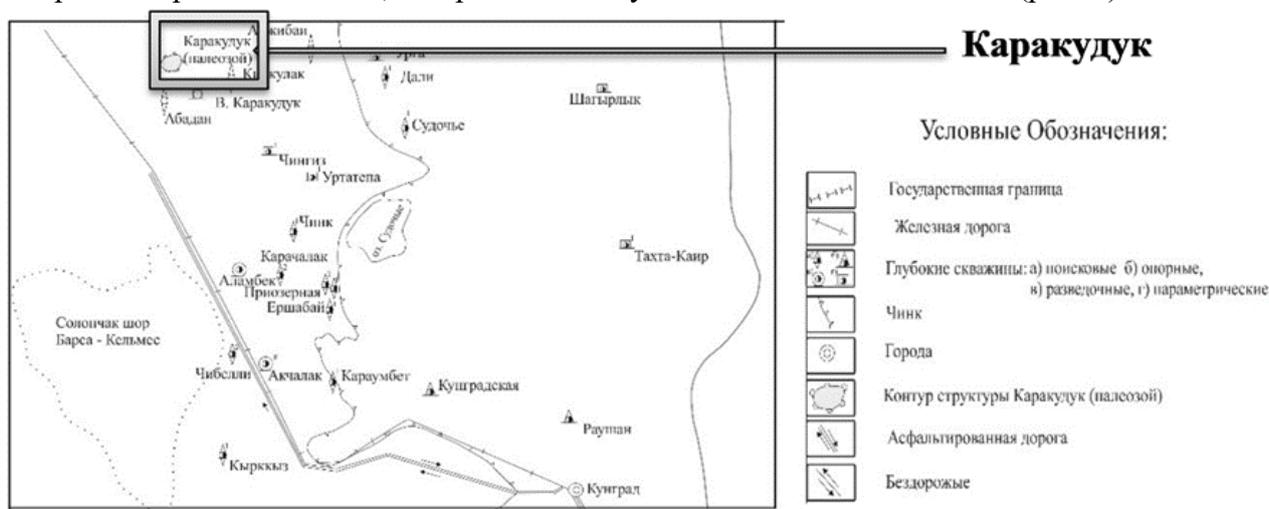


Рисунок 1 – Обзорная карта района работ

**Поисково-разведочные работы.** На рассматриваемой площади были пробурены 1 опорная и 7 поисковых глубоких скважин, вскрывших продуктивный горизонт в верхней части палеозойских отложений. В 2019-2020 гг. с целью определения продуктивности палеозойских отложений и на основе материалов сейсморазведки 3D, вновь пробурена новая поисковая скв. №1-Каракудук (Pz). В скважине №1-Каракудук проведен комплекс промыслово-

геофизических исследований (ГИС), выполнен отбор кернового материала из газо-нефте содержащих интервалов разреза [1].

Расчленение разреза нефтегазоносного комплекса и выделение пластов выполнено по данным промысловой геофизики с использованием следующих видов каротажа: электрических и кавернометрических измерений.

В основу геологических данных по выделению пластов известковистых песчаников положено выравнивание на хорошо прослеживающемся репере кровли палеозойских отложений, которые по всему разрезу характеризуются четким и выдержанным горизонтом (рис. 2).



**Условные обозначения:**

- Пески, суглинки
- Песчаники
- Мергели
- Известняки
- Глины
- Алевриты
- Аргиллиты

Рисунок 2 – Схематическая литологическая колонка скв. №1-Каракудук (Pz)

**Результаты анализа.** Результаты выделения горизонтов, пластов, а также расчленение геологического строения с использованием данных ГИС приведено в разрезе скв. №1-Каракудук (Pz):

- особенности строения продуктивного комплекса, изменение толщ продуктивных пластов, их вещественный состав;
- толщина пермско-триасовых отложений меняется в широких пределах (от 150 до 750 м, иногда до 1200 м);
- изучаемые разрезы являются полифациальными и изменчивыми по литологическому составу;
- внутри пермских и триасовых отложений выделяются гравелиты разномерные, песчаные, алевритистые, буровато-серого цвета с желтоватым оттенком. Минералогический состав в основном кварцевый, до 16% встречаются чёрные минералы - сидерит, ильменит. В результате вторичных процессов образуются такие минералы как хлорит и альбит [2].

При использовании комплекса методов исследований (ГИС, литология, фация, фармация, палеонтология) для дифференциации и определения литологического состава пластов каждого яруса по данным промысловой геофизики была выполнена типизация кривой методом собственной поляризации (ПС). Выполнен анализ вышеуказанных характеристик для нижнеюрских и верхнепалеозойских отложений. По кровле для каждого яруса отложений можно построить структурные карты с учетом данных структурной интерпретации сейсморазведки 3D (рис. 3 и 4).

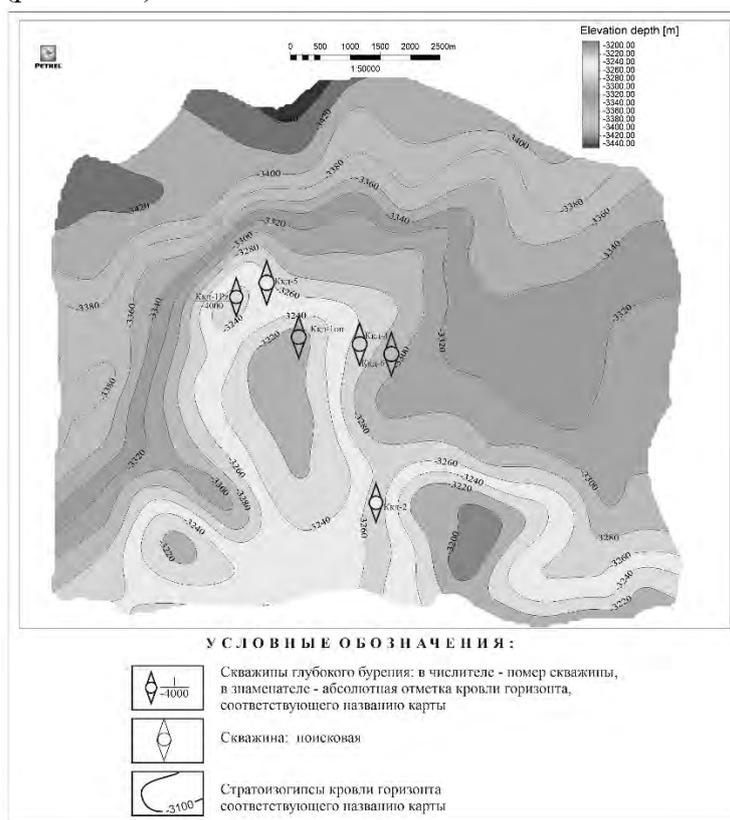


Рисунок 3 – Структурная карта по отражающему горизонту  $T_{IV}^{III}$ , приуроченному к внутри-нижнеюрским отложениям ( $J_1$ )

После обработки результатов, интерпретации и корреляции разреза с учетом данных ПС появилась возможность спрогнозировать зоны распределения песчаной части исследуемой скважины. Полученный результат важен, так как, исследуя полученные данные, возможно прогнозировать мощные вторично перекристаллизованные песчаные пропластки между скважинами [3].

**Результаты испытания.** По поисковым скважинам №№ 1, 2, 3, 5, 6, 7 и вновь полученным данным 3D сейсморазведки (пробуренной поисковой скв. №1-Каракудук (Pz)), при испытании в открытом стволе во всех скважинах в продуктивных горизонтах промышленные притоки не получены, а были получены отрицательные результаты: вода с растворенным газом с уд.весом 1,125 г/см<sup>3</sup>.

Поскольку данная статья посвящена анализу и оценке перспектив нефтегазоносности палеозойских отложений, ниже приводится описание структурной поверхности отложений палеозоя и рассматривается локальная структура Каракудук.

По кровле палеозойских отложений на данной территории выделяются локальное поднятие и прогибы. Составленная структурная карта показывает, что кровля и подошва залегают конформно. На основании построенной модели определено геологическое строение антиклинальной структуры Каракудук (рис. 4).

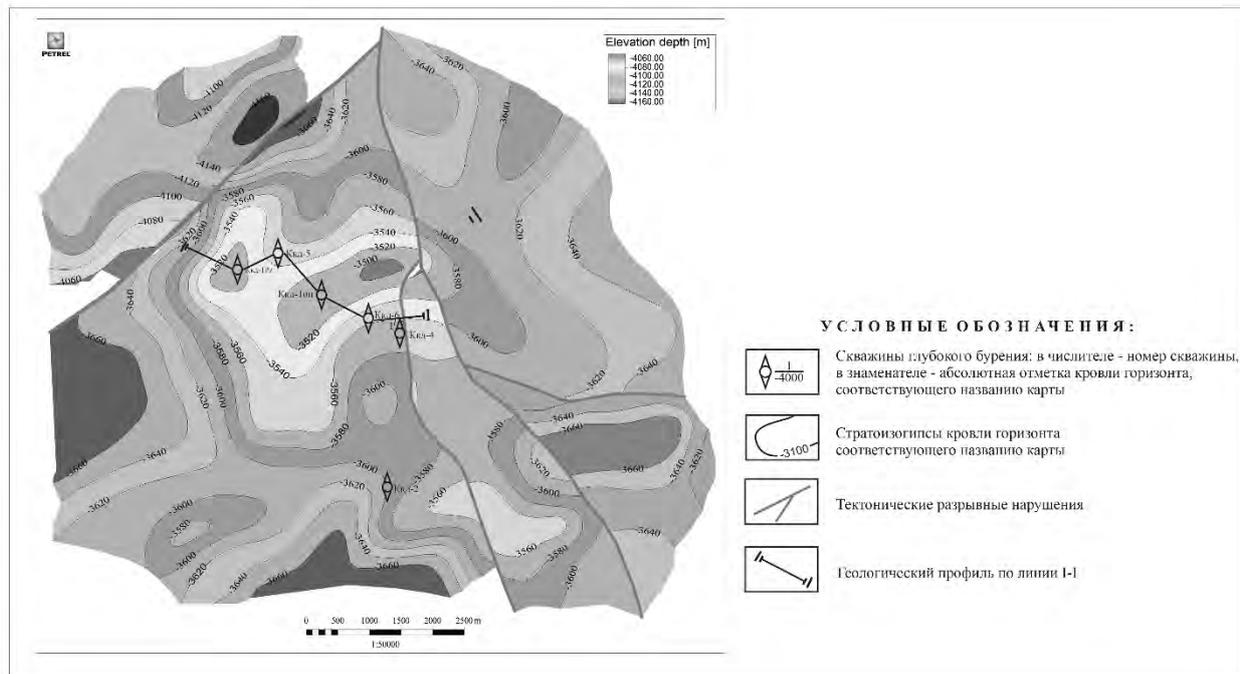


Рисунок 4 – Структурная карта по отражающему горизонту T<sub>VII</sub>, приуроченному к отложениям верхнепалеозойского возраста (Pz)

Отложения палеозойского возраста в северо-западной части Куаныш-Коскалинского вала и, в целом, в Устюртском регионе сложены, в основном, карбонатно-терригенным комплексом пород континентального, прибрежно-морского и морского происхождения.

Палеозойские отложения здесь представлены толщей, в основном, глинистых пород, содержащих отличные по толщине пачки песчаников и гравелитов, выделяемых как продуктивные горизонты.

Эти песчаные пропластки по разрезам скважин могут повторятся несколько раз, что в конечном итоге приводит к мощной толще повторяющегося разреза [4].

В результате проведенных геологоразведочных работ, в Каракудукском антиклинальном участке, в палеозойских отложениях, обнаружены многопластовые тектонические ловушки, где мощность палеозойских отложений составляет от 280 м до 530 м. На геологическом профиле видно, что на этом участке мощность терригенных и палеозойских отложений увеличивается в восточной части, где и обнаруживаются многопластовые тектонические ловушки (рис. 5).

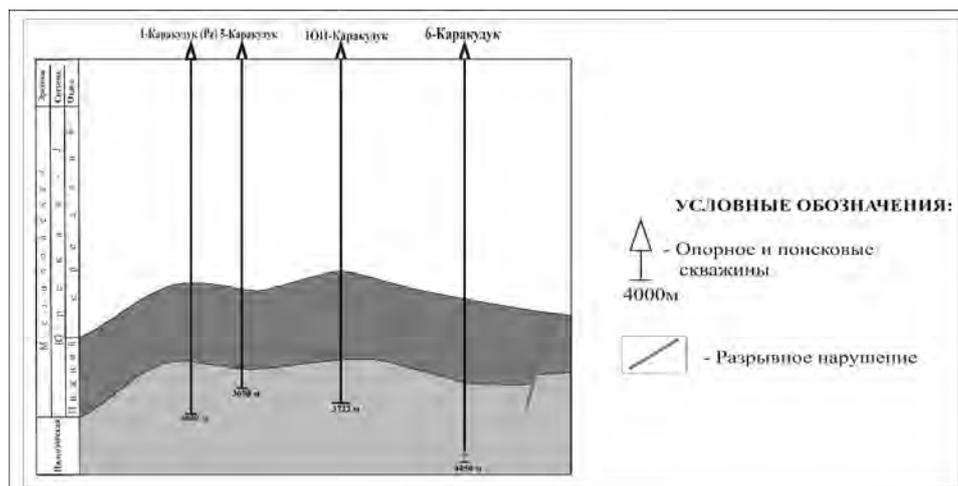


Рисунок 5 – Геологический профиль по линии I-I

Таким образом, результаты исследований показывают, что в центральной части Каракудукской площади, мощность терригенных, юрских и палеозойских отложений резко увеличивается.

Накопившиеся новые геолого-геофизические и буровые данные по палеозойским отложениям, полученные при проведении поисково-разведочных работ на территории Каракудукской структуры, позволяют сделать вывод о бесперспективности изучаемой территории, что дает правильное направление и стратегии поиска нефти и газа, приуроченной к неантиклинальным ловушкам в палеозойских отложениях [5].

### Выводы и рекомендации

1. 3D интерпретация сейсмических данных для района Каракудук Куаныш-Коскалинского вала позволила получить дополнительные новые представления о геологическом строении территории палеозойского времени [6].
2. Установлено, что по результатам испытания поисковой скважины №1-Каракудук (Pz), построенной геологической модели, можно сделать вывод, что нижнеюрские и палеозойские отложения осложнены тектоническими нарушениями.
3. В связи с определением бесперспективности исследуемой площади рекомендуется остановить дальнейшие геологоразведочные работы (ГРП) на площади Каракудук.

### Литература

1. Абдуллаев Г.С., Хайитов Н.Ш., Шарафутдинова Л.П., Джалилов Г.Г. Особенности строения нижнепермских отложений, вскрытых на площади Сатбай скважиной 1 (Южный Устюрт) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2017. Т. 12. № 4. С. 1-15.
2. Тухтаев К.М., Сафаров З.Х., Юлдашева М.Г. Перспективы нефтегазоносности Устюртского региона // Современный прогноз углеводородного потенциала недр и прогрессивные технологии поисково-разведочных работ на нефть и газ. Материалы Республ. науч.-практ. конф. Ташкент: АО «ИГИРНИГМ». 2016. С. 3-6.
3. Юлдашева М.Г., Евсеева Г.Б., Каршиев О.А. Перспективы наращивания нефтегазового потенциала за счет нижнесреднеюрских терригенных отложений в Бухаро-Хивинском и Устюртском нефтегазоносных регионах // Узбекский журнал нефти и газа. 2016. Спец. вып. С. 24-28.
4. Юлдашева М.Г. Результаты анализа геолого-геофизических данных Юго-Восточного склона Центрально-Устюртской системы дислокаций с целью выявления новых нефтегазоперспективных объектов // Геология и минеральные ресурсы. Ташкент. 2019. Вып. 5. С. 64-66.
5. Электронный ресурс: <http://www.geoinform.ru>.
6. Электронный ресурс: <http://neft-gaz-novacii.ru/ru>.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА С ШУМОПОДОБНЫМИ ЗОНДИРУЮЩИМИ СИГНАЛАМИ

Коломейцев Д.В.

*kolomeitsev\_denis@mail.ru*

Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация. В работе представлена разработка специального градуировочного устройства, входящего в состав создаваемого в Научной станции РАН нового электроразведочного измерительного комплекса с шумоподобными сигналами, предназначенного для использования в составе действующей на территории Бишкекского геодинамического полигона системы электромагнитного мониторинга напряженно-деформированного состояния земной коры. Разработанное устройство предназначено для измерения и оперативного контроля основных технических характеристик и параметров измерительного комплекса перед каждым сеансом измерения. Это гарантирует надежную работу измерительного комплекса в процессе проведения научных экспериментов и исследований, высокую достоверность и качество получаемых с его помощью данных. Получаемые в процессе градуировки характеристики и параметры измерительной аппаратуры, используются при обработке зарегистрированных измерительным комплексом сигналов отклика земной коры на зондирующее воздействие и в процессе их дальнейшей геофизической интерпретации.*

*Ключевые слова: электроразведочный комплекс, шумоподобные сигналы, зондирование становлением поля, индукционный датчик сигналов, устройство градуировки, переходная характеристика*

**Введение.** В лаборатории перспективных аппаратных разработок Научной станции РАН ведутся работы по разработке современного электроразведочного комплекса с шумоподобными сигналами (ЭРК ШПС). ЭРК ШПС планируется использовать в составе действующей на территории Бишкекского геодинамического полигона (БГП) системе электромагнитного мониторинга напряженно-деформированного состояния земной коры. Применение ЭРК ШПС обеспечит дальнейшее совершенствование технологии мониторинга современных геодинамических процессов, происходящих в земной коре, повышение качества и надежности получаемых с его помощью научных данных. К настоящему времени в нескольких точках на территории БГП были проведены первые полевые эксперименты по отработке технологии электромагнитного мониторинга с помощью изготовленного экспериментального образца ЭРК ШПС. В основе работы комплекса лежит известный электроразведочный метод зондирования земной коры становлением поля в ближней зоне (ЗСБ) [1]. Отличием ЭРК ШПС от известных (типовых) электроразведочных комплексов, использующих технологию ЗСБ, является применение для зондирования специальных шумоподобных сигналов (ШПС) [2, 3]. За счет применения ШПС ожидается значительное увеличение глубины зондирования земной коры при малых энергетических затратах на генерацию зондирующего воздействия.

На рис. 1 представлены общий вид (а) и структурно-функциональная схема (б) измерительного комплекса ЭРК ШПС.

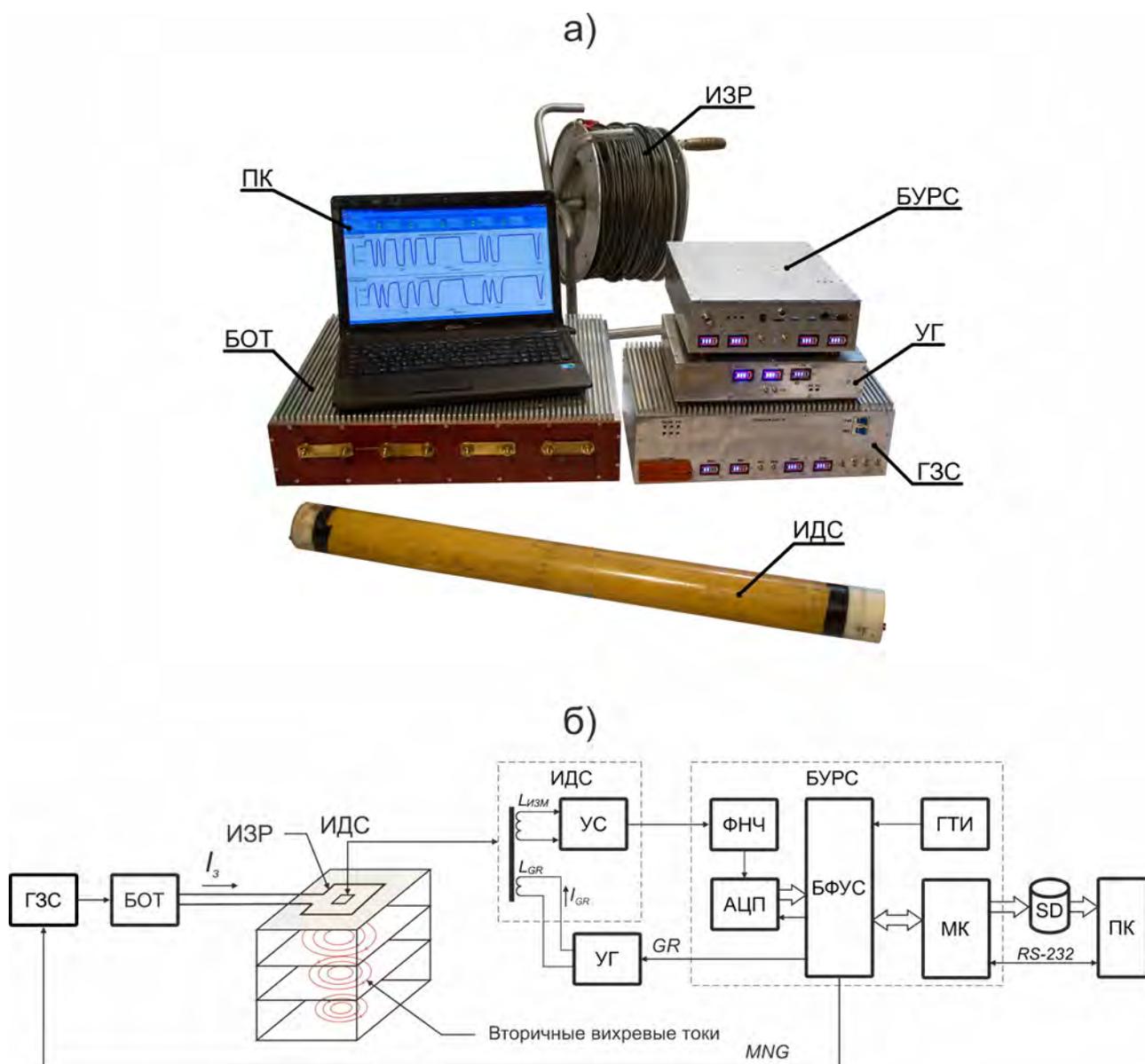


Рисунок 1 – Измерительный комплекс ЭРК ШПС, внешний вид (а), схема структурно – функциональная (б): ИЗР – индукционная зондирующая рамка; ИДС – индукционный датчик сигналов; ГЗС – генератор зондирующих сигналов; УГ – устройство градуировки; БУРС – блок управления и регистрации сигналов; ПК – переносной компьютер; БОТ – блок ограничения тока; УС – усилитель; ФНЧ – фильтр низких частот; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; БФУС – блок формирования управляющих сигналов; МК – микроконтроллер; ГТИ – генератор тактовых импульсов

ЭРК ШПС состоит из генераторного устройства с возбудителем поля и приемно-регистрирующей части, соединенной с измерительным преобразователем. Источником поля является индукционная зондирующая рамка (ИЗР), в которую через блок ограничения тока (БОТ) подаются биполярные шумоподобные последовательности импульсов тока, формируемые генератором зондирующих сигналов (ГЗС). Приемно-регистрирующая часть включает в себя индукционный датчик сигналов (ИДС), блок управления и регистрации сигналов (БУРС) и переносной компьютер (ПК, Notebook). В ЭРК ШПС применен специальный широкополосный индукционный датчик сигналов интегрирующего типа, разработанный в ИС РАН [4]. Под действием переменного магнитного поля, создаваемого вторичными вихревыми токами (рис. 1), генерируемыми в земной коре, на зажимах измерительной катушки индукционного датчика ( $L_{ИЗМ}$ ) возникает напряжение (э.д.с.), величина которого определяется скоростью изменения потока магнитной индукции,

проходящего через витки этой катушки. Усилитель (УС) предназначен для усиления тока, протекающего в цепи короткозамкнутой измерительной катушки ИДС и преобразование его в напряжение. Таким образом выходной сигнал усилителя становится пропорциональным потоку магнитной индукции. После корреляционной обработки зарегистрированных шумоподобных сигналов обеспечивается их дифференцирование и восстанавливается пропорциональность их наведенной в измерительной катушке индукционного датчика э.д.с.

Фильтр низкой частоты (ФНЧ), на вход которого поступает сигнал с выхода ИДС выполняет роль «антиалиасингового» фильтра, устраняющего эффект наложения спектров сигналов при их преобразовании в цифровой вид. ФНЧ обеспечивает подавление сигналов на частотах выше частоты Найквиста ( $f_H = f_D/2$ , где  $f_D$  – частота дискретизации сигнала). Важной особенностью этого фильтра является строгая монотонность его переходной характеристики.

С помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) сигналы с выхода ФНЧ преобразуются в цифровой вид и сохраняются в запоминающем устройстве (SD - карта памяти). Компьютер (ПК) обеспечивает математическую обработку зарегистрированных сигналов и технологическую настройку (программирование) БУРС.

Для надежной работы измерительного комплекса необходимо гарантировать высокую стабильность и точность его основных технических характеристик в процессе проведения зондирований земной коры. С целью измерения и контроля основных технических характеристик ЭРК ШПС в его состав введено специальное градуировочное устройство (УГ, рис. 1). С помощью специальных сигналов, формируемых в УГ и подаваемых на вход ИДС и БУРС, обеспечивается измерение и оперативный контроль технических характеристик и параметров измерительного тракта ЭРК ШПС. Дополнительно, с помощью УГ выполняются проверки работоспособности комплекса с применением модельных сигналов становления поля и выполняются градуировки с помощью сигналов, имитирующих так называемое «прямое поле», создаваемое в точке приема зондирующей рамкой через верхнее полупространство, т.е. воздух. Формирование сигналов, подаваемых на вход градуировочной катушки ИДС ( $L_{GR}$ , рис. 1) или на вход БУРС, осуществляется под управлением команд (сигналы GR), поступающих от блока формирования управляющих сигналов (БФУС, рис. 1).

**Режимы работы и структурно-функциональная схема УГ.** Рассмотрим приемно-измерительный тракт ЭРК ШПС как линейный четырехполюсник. Известно, что параметры такого четырехполюсника определяются через его переходную характеристику. В процессе разработки и с учетом технических требований, предъявляемых к ЭРК ШПС был определен перечень контролируемых характеристик и соответствующих им режимов тестирования измерительного комплекса. Различаются четыре режима работы аппаратуры при проведении градуировочных работ с измерительным комплексом ЭРК ШПС с помощью разработанного и изготовленного УГ:

- 1) режим измерения переходной (ПХ), импульсной переходной (ИПХ) и амплитудно-частотной (АЧХ) характеристик приемного измерительного тракта;
- 2) режим измерения ПХ, ИПХ и АЧХ блока управления и регистрации сигналов;
- 3) режим проверки работоспособности измерительного комплекса на модельных сигналах становления поля;
- 4) режим специальной градуировки измерительного канала шумоподобными сигналами, имитирующими «прямое поле».

В первом режиме в УГ формируются периодические биполярные последовательности прямоугольных импульсов тока, которые подаются в градуировочную катушку индукционного датчика сигналов. Во втором режиме УГ генерирует тестовые сигналы в виде периодически повторяемых биполярных прямоугольных импульсов напряжения, которые подаются на вход блока управления и регистрации сигналов. В третьем режиме на вход БУРС от УГ поступают модельные сигналы, имитирующие становление поля в земной коре. В четвертом режиме от УГ на вход БУРС поступают сигналы, имитирующие «прямое поле», создаваемое индукционной зондирующей рамкой в измерительной катушке ИДС. Получаемые в этом режиме данные в дальнейшем предполагается использовать при обработке

данных зондирования земной коры. В соответствии с выполняемыми устройством градуировки функциями и режимами работы была разработана его структурно-функциональная схема, показанная на рис. 2.

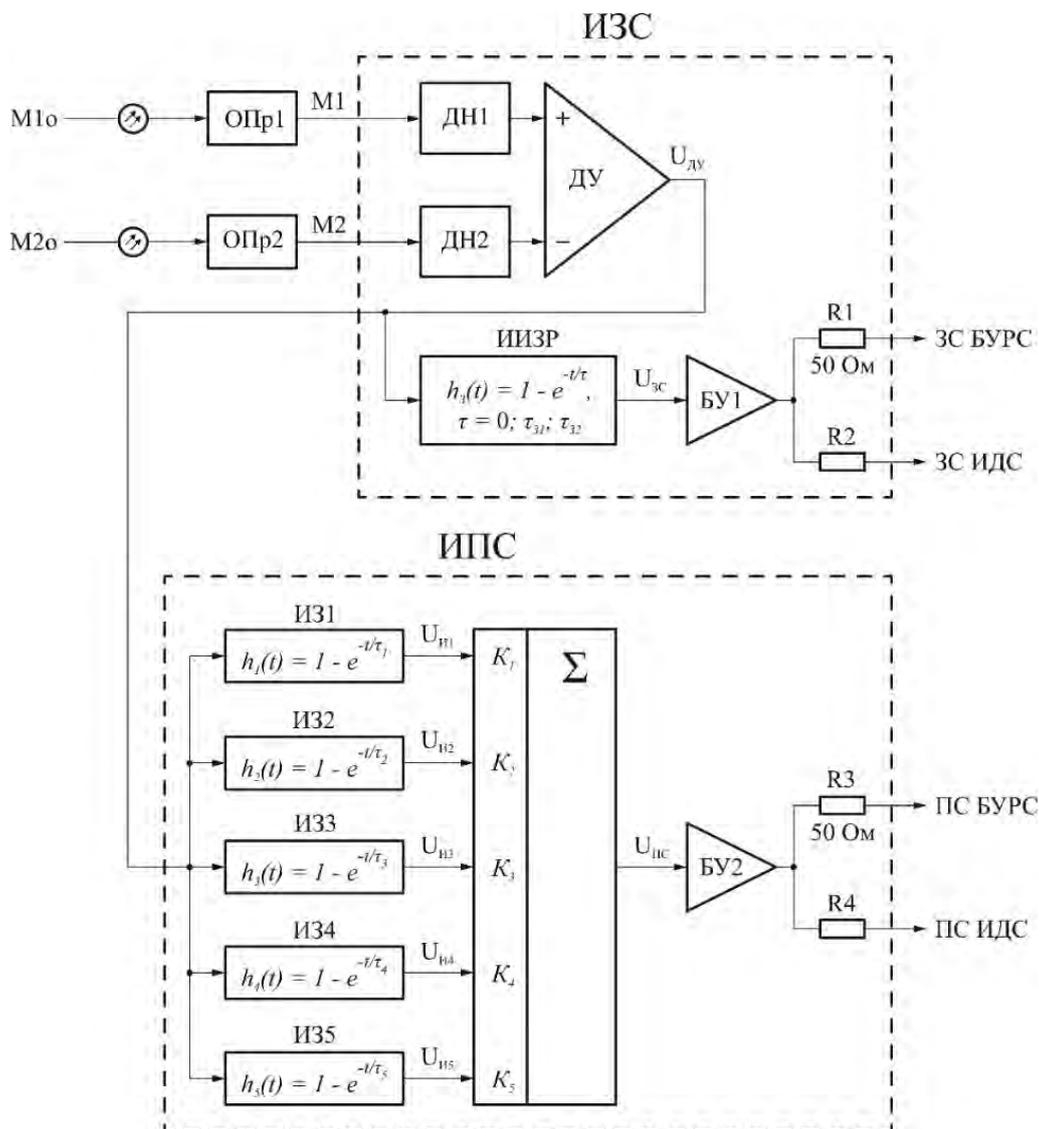


Рисунок 2 – Устройство градуировки, схема структурно-функциональная: ИЗС – имитатор зондирующих сигналов; ИПС – имитатор полевых сигналов; ОПр1, ОПр2 – оптические приемники управляющих сигналов; ИЗ1÷ИЗ5 – интегрирующие звенья;  $\Sigma$  – сумматор; ДН1, ДН2 – резистивные делители напряжения; ДУ – дифференциальный усилитель; ИИЗР – имитатор индукционной зондирующей рамки; БУ1, БУ2 – буферные усилители

Устройство градуировки состоит из имитатора зондирующих сигналов (ИЗС), имитатора полевых сигналов (ИПС) и двух оптических приемников (ОПр1 и ОПр2). ОПр1 и ОПр2 обеспечивают преобразование оптических сигналов  $M1o$  и  $M2o$ , поступающих по оптоволоконным линиям связи от БУРС на вход УГ, в цифровые сигналы  $M1$  и  $M2$ . Эти сигналы поступают на вход ИЗС, где с помощью делителей напряжения (ДН1 и ДН2) и дифференциального усилителя (ДУ) преобразуются в последовательность биполярных прямоугольных импульсов калиброванной амплитуды  $U_{ду}$ . Сигнал  $U_{ду}$  поступает на вход имитатора индукционной зондирующей рамки. В ИИЗР последовательность прямоугольных биполярных импульсов преобразуется в биполярные импульсы напряжения с экспоненциальными фронтами, имитирующими поток магнитной индукции, создаваемый зондирующей рамкой в точке приема. ИИЗР представляет собой инерционное интегрирующее звено первого порядка с переходной характеристикой  $h_3(t)$ :

$$h_3(t) = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}},$$

где  $\tau \approx L/R_{БОТ}$  – постоянная времени звена, которая может переключаться и принимать три значения  $\tau = \tau_{31} = 4,0$  мкс,  $\tau = \tau_{32} = 16,0$  мкс и  $\tau \approx 0$  в зависимости от параметров цепи зондирующей рамки ( $R_{БОТ} = 100; 25$  Ом – сопротивление блока ограничения тока и  $L = 400$  мкГн, для  $\tau \approx 0$   $L = 0$  мкГн – в идеале).

Сигнал  $U_{ЗС}$  через буферный усилитель (БУ1), обеспечивающий работу УГ на низкоомную нагрузку поступает на выходы устройства градуировки. Выход ЗС БУРС служит для подачи градуировочных сигналов на вход БУРС. Резистор  $R1 = 50$  Ом совместно с входным сопротивлением БУРС ( $R_{ВХБУРС} = 50$  Ом) обеспечивают помехоустойчивую передачу сигналов от УГ к БУРС через радиочастотный кабель с волновым сопротивлением 50 Ом. Выход ЗС ИДС предназначен для подключения к градуировочной катушке индукционного датчика сигналов. Резистор  $R2$  определяет амплитуду импульсов тока, подаваемых в градуировочную катушку датчика.

Биполярные прямоугольные импульсы  $U_{ДУ}$  также поступают на вход имитатора полевых сигналов (ИПС) в состав которого входят пять параллельно включенных интегрирующих звеньев первого порядка (ИЗ1 ÷ ИЗ5), сумматор ( $\Sigma$ ) и буферный усилитель (БУ2). Для моделирования сигнала становления поля применена экспоненциальная аппроксимация кривой становления поля [5, 6] соответствующая пятислойной модели электрического разреза земной коры. В этом случае переходная характеристика имитатора полевых сигналов  $h(t)$  определяется аналитическим выражением:

$$h(t) = \sum_{i=1}^5 K_i \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau_i}} \right) = 1 - \sum_{i=1}^5 K_i \cdot e^{-\frac{t}{\tau_i}}; \quad \sum_{i=1}^5 K_i = 1, \quad (1)$$

где  $K_i$  – весовые коэффициенты суммирования экспоненциальных составляющих модели,  $\tau_i$  – постоянные времени экспоненциальных составляющих модели.

Весовые коэффициенты  $K_i$  и постоянные времени  $\tau_i$  экспоненциальных составляющих модельного сигнала подобраны таким образом, чтобы динамический диапазон регистрируемых сигналов составлял не менее 140 дБ. Одной из составляющих модели является компонента с постоянной времени  $\tau_1 \approx 4,0$  мкс, имитирующая сигнал так называемого «прямого поля», которое в витках измерительной катушки ИДС индуцирует э.д.с. через прямую индуктивную связь между зондирующей рамкой и измерительной катушкой датчика.

Сигнал с выхода сумматора  $U_{ПС}$ , прошедший через буферный усилитель (БУ2), обеспечивающий работу УГ на низкоомную нагрузку, как и в случае ИЗС поступает на выходы устройства градуировки. Выход ПС БУРС используется для подачи градуировочных сигналов на вход БУРС, а к выходу ПС ИДС подключается градуировочная катушка ИДС, ток в которой определяется резистором  $R4$ .

В таблице 1 приведены параметры сигналов, формируемых УГ при проведении градуировок измерительного комплекса ЭРК ШПС.

Таблица 1 – Параметры сигналов, формируемых УГ

Проверки, измерения	Параметры сигналов	Ед. изм.	Значение
1. Измерение ПХ, ИПХ и АЧХ приемного тракта.	Амплитуда импульсов тока	мА	$3,3 \pm 1\%$
	Длительность импульсов тока: в области малых времен (высоких частот);  в области больших времен (низких частот).	с	0,1  11,275
2. Измерение ПХ, ИПХ и АЧХ фильтра низкой частоты, входящего в состав БУРС.	Амплитуда импульсов напряжения	В	$1,65 \pm 1\%$
	Длительность импульсов напряжения	с	0,075
3. Тестирование БУРС на модели сигнала становления поля.	Амплитуды экспоненциальных составляющих модельного сигнала: $A_1$ $A_2$ $A_3$ $A_4$ $A_5$ $A_1+A_2+A_3+A_4+A_5$	В	$1,283 \pm 2\%$ $0,2596 \pm 2\%$ $0,04904 \pm 2\%$ $0,009742 \pm 2\%$ $0,04904 \pm 2\%$ $1,65 \pm 3\%$
	Постоянные времени экспоненциальных составляющих модельного сигнала: $\tau_1$ $\tau_2$ $\tau_3$ $\tau_4$ $\tau_5$	мкс	$4,036 \pm 2\%$ $39,83 \pm 2\%$ $371,0 \pm 2\%$ $4015 \pm 2\%$ $400000 \pm 2\%$

**Испытания устройства градуировки в составе ЭРК ШПС.** Изготовлен экспериментальный образец нового устройства градуировки и проведены его первые испытания в составе измерительного комплекса ЭРК ШПС.

Проводилась градуировка блока управления и регистрации сигналов измерительного комплекса с целью получения переходной, импульсной переходной и амплитудно-частотной характеристик БУРС. В этом режиме на вход БУРС от УГ подавалась последовательность биполярных прямоугольных импульсов напряжения (меандр) длительностью 75 мс и амплитудой  $\pm 1,65$  В. При этом выполнялась регистрация сигналов, прошедших через БУРС в режиме синхронного накопления в реальном времени (on-line) во временном окне длительностью 450 мс. Накопление проводилось в течении 720 секунд (1600 окон накопления). Зарегистрированные данные обрабатывались с помощью алгоритма весового синхронного накопления с коэффициентами 1, -1, 1, -1 в окне длительностью 75 мс [7]. В результате была получена переходная характеристика БУРС, определяемая фильтром низкой частоты, входящем в состав БУРС. Далее выполнялось дифференцирование ПХ, в результате была получена импульсная переходная характеристика БУРС. С помощью прямого преобразования Фурье от полученной ИПХ вычислялись мнимая и действительная части комплексной частотной характеристики, модуль которой представляет собой амплитудно-частотную характеристику БУРС.

На рис. 3 представлены графики полученных переходной, импульсной переходной и амплитудно-частотной характеристик БУРС.

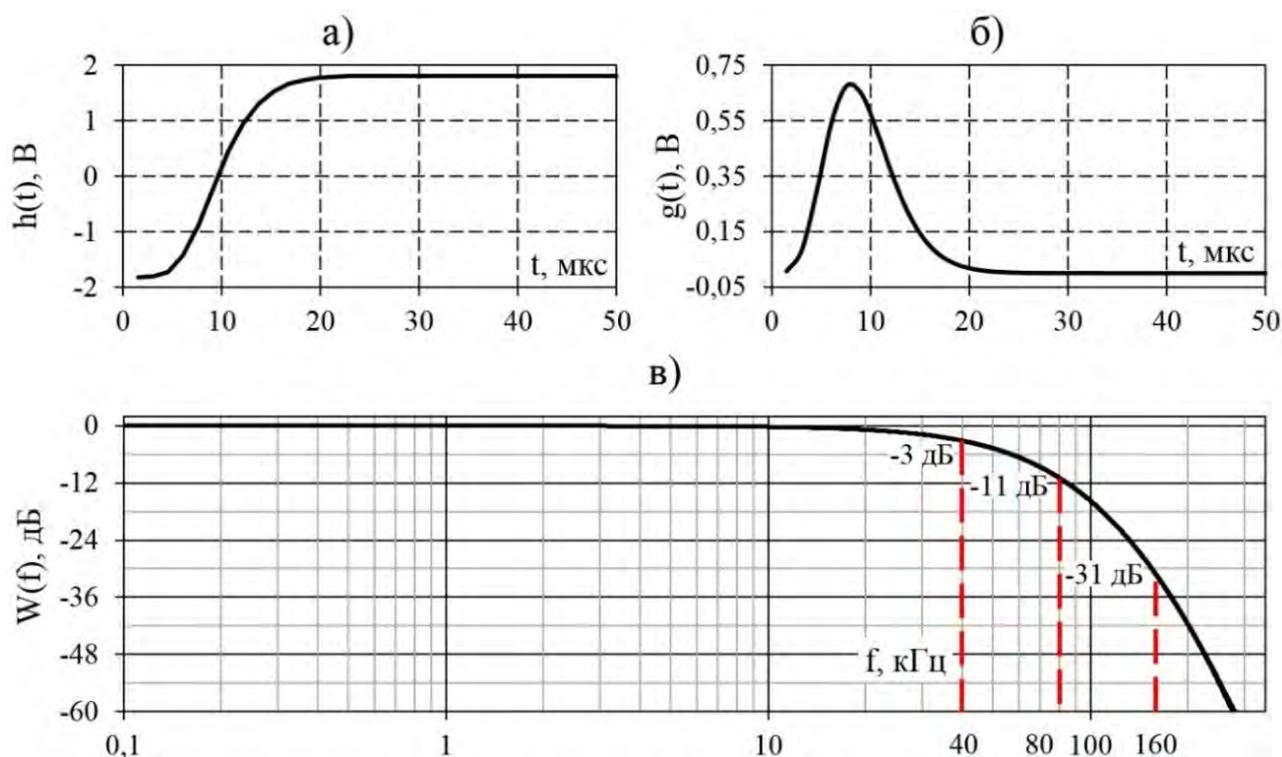


Рисунок 3 – Результаты градуировки БУРС: а) – ПХ, б) – ИПХ, в) – АЧХ

Согласно рис. 3в частота среза БУРС, определяемая по уровню минус 3 дБ, составила  $f_{cp} = 40$  кГц, подавление сигналов на частоте  $2f_{cp} = 80$  кГц составило  $D_{2f_{cp}} = 11$  дБ, а на частоте  $4f_{cp} = 160$  кГц получилось равным  $D_{4f_{cp}} = 31$  дБ. Полученные значения подавления сигналов на характерных частотах незначительно (на  $0,5$  дБ  $\approx 6\%$ ) отличаются от расчетных.

Переходная характеристика БУРС (рис. 3а) представляет собой монотонно возрастающую функцию, что подтверждается аperiodическим характером (без колебаний) импульсной переходной характеристики (рис. 3б). Это свидетельствует о соблюдении важного требования к измерительному каналу ЭРК ШПС – строгой монотонности его переходной характеристики.

Далее была проведена градуировка измерительного канала, включающего ИДС и БУРС. Градуировка проводилась в полевых условиях на контрольной точке «МГД», расположенной в 350 метрах от ближайших линий силовой промышленной сети, где по сравнению с лабораторными условиями обеспечивается значительно меньший уровень внешних помех, регистрируемых ИДС. ИДС располагался вертикально на земной поверхности в специально пробуренном отверстии. Градуировка выполнялась в два этапа - для высоких и для низких частот. В градуировочную катушку ИДС подавались последовательности биполярных прямоугольных импульсов тока амплитудой  $\pm 3,2$  мА (меандр) длительностью 0,1 с при выполнении измерений в области высоких частот и 11,275 с в области низких частот. Регистрация данных проводилась в режиме «on-line» накопления во временном окне длительностью 20 с (94 окна) для режима градуировки в области высоких частот и 22,55 с (26 окон) для низких частот. Зарегистрированные данные обрабатывались, в результате чего были получены импульсная переходная и амплитудно-частотная характеристики измерительного канала в области больших времен (низких частот) и в области малых времен (высоких частот). Графики полученных ИПХ и АЧХ представлены на рис. 4.

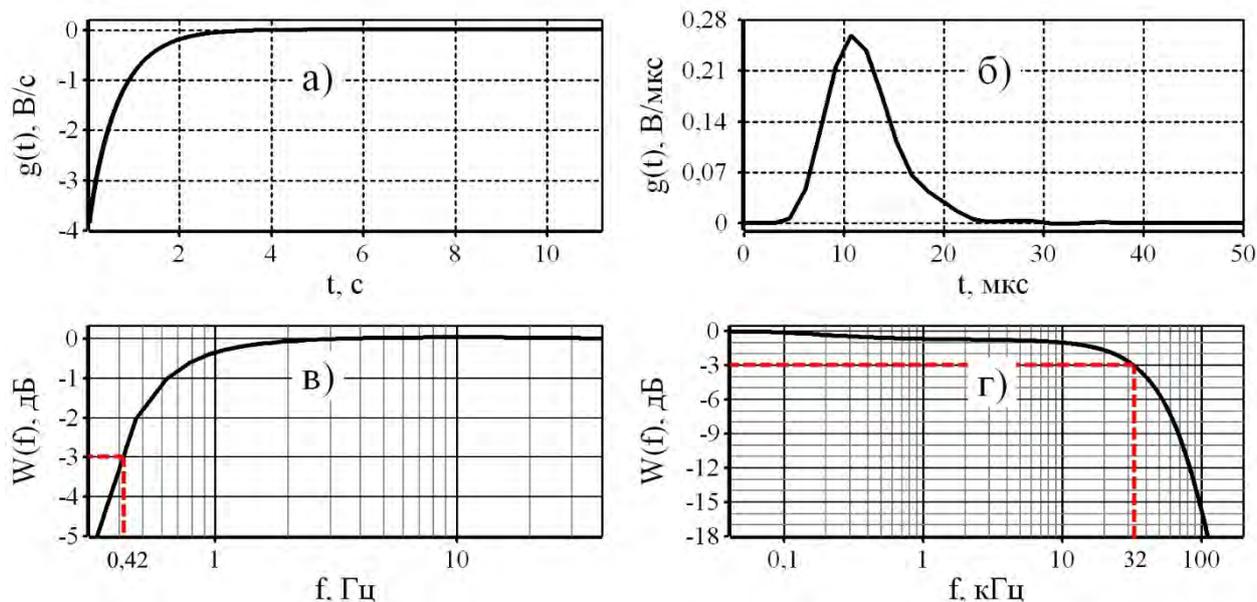


Рисунок 4 – Результаты градуировки измерительного канала ЭРК ШПС: а) – ИПХ в области больших времен, б) - ИПХ в области малых времен, в) - АЧХ в области низких частот, г) - АЧХ в области высоких частот

Согласно рис. 4в, г частота среза измерительного канала в области низких частот, определяемая по уровню минус 3 дБ, составила 0,42 Гц, а в области высоких частот 32 кГц. В полосе пропускания в диапазоне частот от 90 до 1000 Гц (рис. 4г) наблюдается незначительный спад (около 1 дБ) АЧХ, определяемый частотной характеристикой ИДС.

Следующим этапом проводилось тестирование БУРС на модельных сигналах становления поля. Измерения проводились в лабораторных условиях. В этом режиме на вход БУРС подавались генерируемые в УГ модельные шумоподобные М-последовательности биполярных экспоненциальных импульсов напряжения, имитирующих сигнал пропорциональный магнитному потоку в точке приема для многослойной модели электрического разреза земной коры с параметрами, указанными в таблице 1. Задавались параметры идеальной одиночной М-последовательности: длительность  $T_{мп} = 1,35$  с, разрядность формирующего регистра  $N_{мп} = 15$ , длительность минимального импульса  $T_{min} = 41$  мкс. В режиме «on-line» накопления в окне длительностью  $T_0 = 5МП = 6,75$  с регистрировался сигнал, прошедший через аналоговую часть БУРС (ФНЧ). Количество накапливаемых окон - 100. Зарегистрированный сигнал подвергался корреляционной обработке с одиночной идеальной М-последовательностью. В результате обработки была получена накопленная корреляционная функция (НКФ), представляющая собой кривую становления поля для пятислойной модели электрического разреза земной коры.

На рис. 5 представлены график математической модели кривой становления поля  $e(t)$ , полученной дифференцированием переходной характеристики имитатора полевых сигналов  $h(t)$ , вычисляемой по формуле (1), и график накопленной корреляционной функции НКФ(t), полученной в результате корреляционной обработки зарегистрированного сигнала.

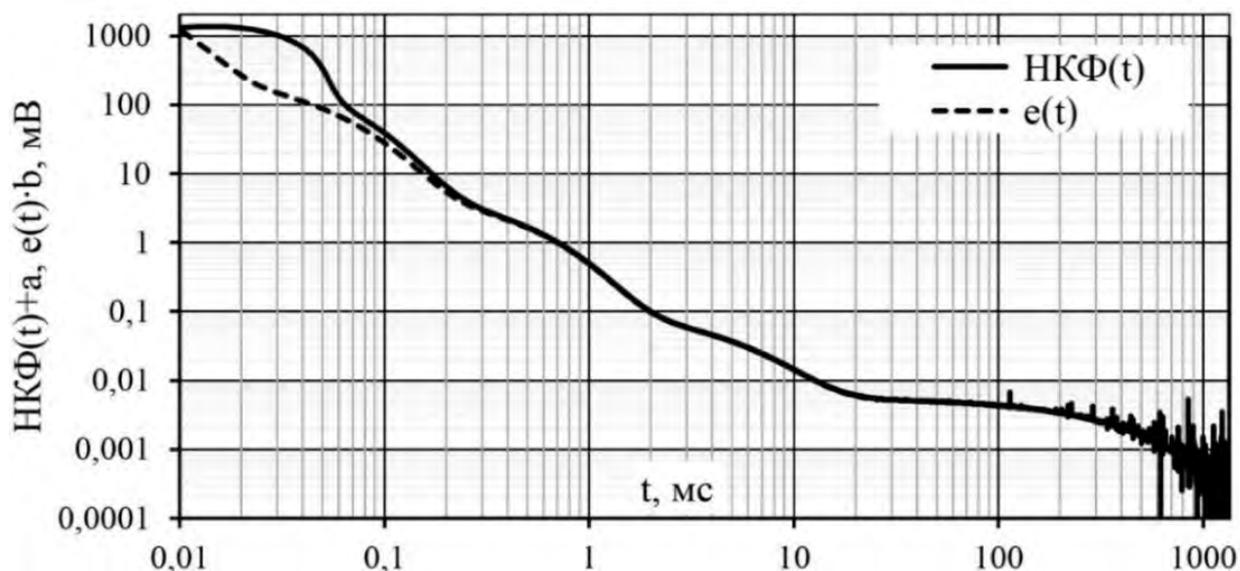


Рисунок 5 – Графики модельной кривой становления поля  $e(t)$  и накопленной корреляционной функции НКФ(t) зарегистрированного сигнала

Полученная при корреляционной обработке сигналов НКФ смещена в отрицательную область по оси ординат. Это связано с особенностями корреляционной обработки периодически повторяемых М-последовательностей [3]. В связи с этим, график НКФ был смещен в положительную область по вертикальной оси на величину  $a = 0,0542$  мВ. Для сравнения модельной функции  $e(t)$  с полученной НКФ, рассчитанная через производную от  $h(t)$  функция  $e(t)$  была приведена к полученной НКФ через масштабный коэффициент  $b = [\text{НКФ}(t=10 \text{ мс})+a]/e(t=10 \text{ мс}) = 0,00007517$ . Согласно рис. 5 в диапазоне малых времен  $t < 60$  мкс, полученная НКФ(t) и модельная кривая становления поля  $e(t)$  заметно различаются, а на временах  $t \geq 60$  мкс графики этих функций практически совпадают. Это объясняется тем, что на малых временах при  $t < T_{\min} = 41$  мкс, погрешность вычисления индуцируемой в измерительной катушке датчика э.д.с. (кривой становления поля резко возрастает, т.к. на малых временах вычисляемая НКФ не обеспечивает дифференцирование получаемого на выходе индукционного датчика сигнала [8], в роли которого в данном случае выступает выходной сигнал имитатора полевых сигналов (ИПС, рис. 2).

Согласно рис. 5, начиная с времен  $t > 100$  мс на графике НКФ наблюдаются импульсные сигналы, так называемые «структурные помехи», появляющиеся в процессе корреляционной обработки сигналов. Причины появления этих помех рассмотрены в [9], а методы их устранения в настоящее время прорабатываются и в ближайшее время будут опубликованы.

### Выводы

- 1) Разработан комплект технической документации и изготовлено новое устройство градуировки, обеспечивающее оперативный контроль и измерение технических характеристик измерительного комплекса ЭРК ШПС.
- 2) Совместные испытания нового УГ в составе измерительного комплекса ЭРК ШПС, показали важность и необходимость такого устройства для обеспечения точности получаемых с помощью ЭРК ШПС геофизических данных.
- 3) Введение в методику (регламент) измерительных работ по зондированию земной коры с помощью ЭРК ШПС режима специальной градуировки измерительного канала, имитирующей «прямое поле» при проведении зондирований земной коры, и использование получаемых результатов при обработке данных зондирования земной коры, обеспечивает повышение качества и достоверности получаемой с помощью ЭРК ШПС информации о геодинамических процессах.

## Литература

1. Электроразведка: Пособие по электроразведочной практике для студентов геофизических специальностей // Под ред. В.К. Хмелевского, И.Н. Модина, А.Г. Яковлева. М. 2005. 311 с.
2. Ильичев П.В., Бобровский В.В. Применение шумоподобных сигналов в системах активной геoeлектроразведки (результаты математического моделирования и полевого эксперимента) // Сейсмические приборы. 2014. Т. 50. № 2. С. 5–19.
3. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. М.: Радио и связь, 1985. 384 с.
4. Ильичев П.В., Лашин О.А. Широкополосный термостабильный измеритель индукции магнитного поля: Патент РФ на полезную модель № 168302 от 30.01.2017 г.
5. Светов Б.С., Барсуков П.О. Трансформация квазистационарных переходных процессов геoeлектрики в эквивалентные волновые // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 1984. № 8. С. 29–37.
6. Барсуков П.О., Файнберг Э.Б. 3D интерпретация данных импульсных электромагнитных зондирований // Физика Земли. 2013. № 4. С. 73–81.
7. Проявление геодинамических процессов в геофизических полях / Волыхин А.М., Брагин В.Д., Зубович А.В. и др. М.: Наука. 1993. 158 с.
8. Ильичев П.В. Технологические аспекты применения шумоподобных сигналов в системах активной геoeлектроразведки, математическое моделирование // Современные проблемы геодинамики и геoeкологии внутриконтинентальных орогенов: Материалы 5-го Междунар. симп., г. Бишкек, 19–24 июня 2011 г. / Отв. ред. М.Г. Леонов, Н.В. Шаров. Т. 2. Бишкек: НС РАН. 2012. С. 165–178.
9. Бобровский В.В., Ильичев П.В. Математическое моделирование предполагаемых источников (причин) «структурных помех» в геoeлектроразведочной аппаратуре с шумоподобными зондирующими сигналами // Проблемы геодинамики и геoeкологии внутриконтинентальных орогенов: Материалы докл. VII Междунар. симп., г. Бишкек, 19–24 июня 2017 г. Бишкек: НС РАН. 2018. С. 360–370.

**ЛИТОЛОГО–ФАЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ФИЛЬТРАЦИОННО–ЕМКОСТНЫЕ СВОЙСТВА ПОРОД КАРБОНАТНОЙ ФОРМАЦИИ ЮРЫ СЕВЕРО–ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧАРДЖОУСКОЙ СТУПЕНИ (НА ПРИМЕРЕ КАНДЫМСКОГО ПОДНЯТИЯ)**

Кудашева Л.Р., Евсеева Г.Б.

*igirnigm@ing.ru*

АО «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», г. Ташкент,  
Республика Узбекистан

*Аннотация. Опыт нефтегазогеологических работ в Бухаро-Хивинском нефтегазоносном регионе и, в частности, на территории северо-западной части Чарджоуской ступени, где расположено Кандымское поднятие, доказывает, что одним из важнейших критериев при прогнозировании ловушек углеводородов и целенаправленного ведения геологоразведочных работ является точное определение вертикальной и латеральной последовательности размещения различных генетических пород, обладающих различными емкостными свойствами, а также установление их стратиграфического положения. В статье освещаются литолого-стратиграфическая характеристика разреза и данные изучения фациально-генетических типов пород-коллекторов, приуроченных к отложениям юрской карбонатной формации Кандымского поднятия, что позволило выявить определенные закономерности в размещении коллекторов.*

*Ключевые слова: Чарджоуская ступень, карбонатная формация, пористость, проницаемость, породы-коллекторы, юра*

В Республике Узбекистан основными объектом геологоразведочных работ (ГРП) на нефть и газ являются отложения карбонатной формации (КФ) средний-верхний юры Бухаро-Хивинского нефтегазоносного региона (БХНГР) и частности на Кандымском поднятии (рис. 1), характеризующиеся многообразием генетических типов пород и сложной структурой порового пространства. При изучении карбонатных толщ нередко приходится устанавливать к какому генетическому ряду принадлежит данное конкретное тело, является ли оно частью слоистой осадочной толщи или образовалось в специфических условиях, с образованием рифовой постройки. Решение этой проблемы напрямую зависит от достоверного определения литолого-стратиграфических и фациальных особенностей изучаемых толщ, установления взаимоотношений с сопряженными осадками и закономерностей изменения фильтрационно-ёмкостных свойств (ФЕС) пород продуктивных горизонтов. Исследования проводились на основе уточнения геологического строения разреза на территории Кандымского поднятия, определения структурных взаимоотношений продуктивных горизонтов, характера порового пространства. Анализ полученных результатов позволит оперативно принимать решения в процессе ГРП и выбрать наиболее оптимальные их направления, повысить достоверность подсчетных параметров при подсчете запасов нефти и газа. Всесторонним изучением юрской КФ занимались такие исследователи, как Г.С. Абдуллаев, А.М. Акрамходжаев, М.Х. Арифджанов, П.У. Ахмедов, А.Г. Бабаев, А.Г. Ибрагимов, В.Д. Ильин, В.В. Корсунь, Х.Х. Миркамалов, А.С. Муминов, А.Х. Нугманов, З.С. Убайходжаева, Б.С. Хикматуллаев, М.Э. Эгамбердыев и мн. др. Изучение карбонатных пород-коллекторов было начато в 1960 г. З.С. Ибрагимовым, на основе которого была составлена монография [1].

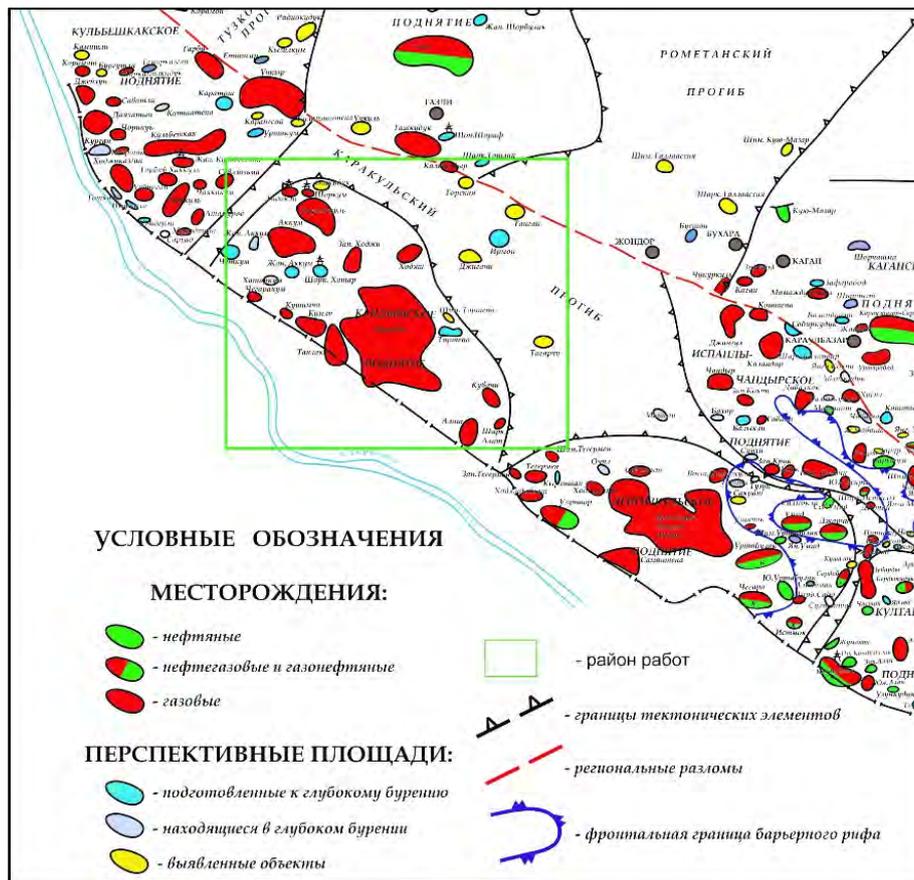


Рисунок 1 – Обзорная карта

На основе изучения фильтрационно-емкостных свойств и исследования строения структуры порового пространства пород карбонатной формации установлено развитие коллекторов различного типа: порового, каверново-порового, кавернового и трещинного [2,3].

В северо-западной части Чарджоуской ступени в целом и на Кандымском поднятии, в частности, развит лагунный тип разреза - Кандымский подтип. С карбонатными образованиями прибрежной зоны связаны залежи газа месторождений Кандым-Ходжи, Аккум, Парсанкуль, Андакли, Жан-Аккум и др.

В разрезе сверху вниз выделяются: верхи нижнего – средний келловей – кандымская свита (XVI горизонт), верхний келловей – нижний – средний оксфорд – мубарекская (XV<sub>2</sub>, XV<sub>3</sub> горизонт), верхний оксфорд – кимеридж - отложения, являющиеся фаціальным и возрастным аналогом гардаринской свиты (XV<sub>1</sub> горизонт) [4]. Коллекторские свойства пород закономерно связаны с фаціальными условиями накопления осадков на рассматриваемой территории. Здесь распределение фаціальных поясов подчиняется общей закономерности шельфового карбонатонакопления. На пологом шельфе, возникшем к концу накопления терригенных юрских образований, в результате трансгрессии, которая достигла своего максимума к концу формирования XVI горизонта, образовалась карбонатная платформа. На изучаемой территории зона низкой волновой энергии располагалась ниже базиса действия волн [5].

Далее более подробно остановимся на литолого-фаціальных свойствах пород Кандымского подтипа разреза и их фильтрационно-емкостной характеристике.

В отложениях кандымской свиты (XVI горизонт) развиты известняки серые, темно-серые, микрозернистые, пелитоморфные, нередко глинистые и песчаные. Породы в различной степени пиритизированные, доломитизированные, окремненные, а также обогащены битумом. В подчиненном значении встречаются прослои водорослеводетритовых, органично-обломочных, онколитовых, оолитовых разностей известняков, а

также песчаников и алевролитов. Породы обладают низкими значениями ФЕС и поэтому их значение незначительное в общем объеме коллекторов (рис. 2).

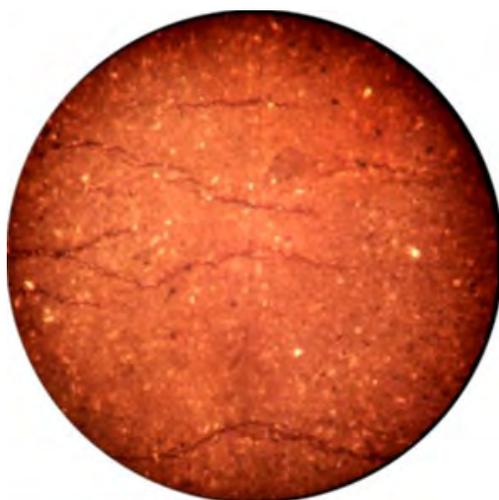


Рисунок 2 – Известняк микрозернистый, глинистый, слабо доломитизированный, алевролитистый, трещиноватый, трещины тонкие, субпараллельные, заполнены ОВ перемещенного типа. Месторождение Аккум, скв. №3, инт. 2312-2315 м

Нижняя часть мубарекской свиты ( $XV_3$  горизонт) представлена чередованием слоистых, глинистых, в основном серых, органогенно-детритовых, шламовых, пелитоморфных, оолитовых известняков с единичными включениями ангидритов. В пределах отдельных площадей коллекторы (оолитовые известняки) достаточно хорошо выдержаны по мощности. Коллекторы преимущественно гранулярного типа. Емкость обусловлена межзерновыми порами и пустотами выщелачивания. Пористость пород достаточно высокая, однако, проницаемость их низкая и связана с последующей сульфатизацией пустот (рис. 3).



Рисунок 3 – Известняк органогенно-обломочный, Порода не пористая, трещиноватая, трещины заполнены темно-бурого до черного цвета и кальцитом. Месторождение Ходжи, скв. №3, инт. 2155-2158 м

На месторождении Андакли в  $XV_3$  горизонте коллекторские свойства пород низкие: открытая пористость – 3,43-8,3%, плотность минералогическая – до 2,69 г/см<sup>3</sup>, объемная – до 2,59 г/см<sup>3</sup>, карбонатность – до 87,9%, хотя по результатам интерпретации материалов ГИС, выделенные пласты-коллекторы имеют открытую пористость до 14,85%.

Отложения верхней части мубарекской свиты ( $XV_2$  горизонт) сложены чередованием светло-серых комковатых, водорослевых (онколитовых) и серых органогенно-детритовых

светло-серых оолитовых, обломочных известняков с прослоями пелитоморфных известняков и ангидритов. Коллекторами являются светло-серые водорослевые, обломочные, оолитовые и комковатые известняки, в различной степени доломитизированные (рис. 4). Поры межзерновые, частично внутризерновые вначале расширенные процессами выщелачивания, а затем закупоренные процессами сульфатизации.

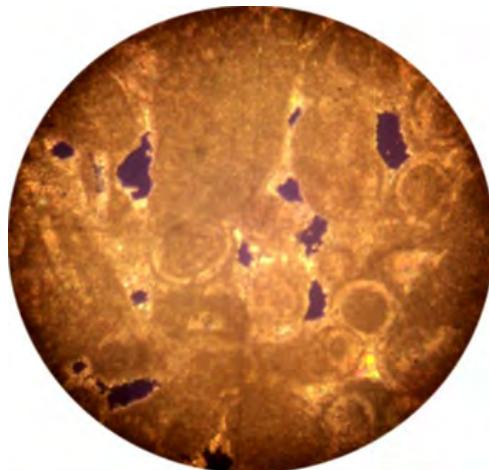


Рисунок 4 – Известняк обломочно-комковато-оолитовый, межформенное пространство заполнено кальцитом, реже ангидритом, пористый, часто поры инкрустированы кальцитом. Месторождение Аккум, скв. №5, инт. 2180-2184 м

Постдиагенетическое уплотнение доломитизированных известняков и доломитов, вместе с сульфатизацией значительно снизили проницаемость коллекторов. Именно этим объясняется высокое значение нижнего предела коллекторов данной зоны. На месторождении Аккум открытая пористость XV<sub>2</sub> горизонта изменяется от 7% (скв. №3) до 31,8% (скв. №9) со средневзвешенным значением - 13,9%. Коэффициент газонасыщенности колеблется в пределах 0,27-0,9 м (скв. №№7, 14). Средневзвешенное значение составляет 0,65. Проницаемость изменяется от долей мдарси до 967 мдарси (скв. №7).

В верхней части разреза – аналоги гардаринской свиты (XV<sub>1</sub> горизонт) наблюдается чередование серых, пелитоморфных, детритово-шламовых, глинистых, алевритистых известняков и красновато-бурых сильно глинистых, алевритистых известняков и красновато-бурых сильно глинистых, известковых алевролитов, в различной степени глинистых ангидритов и светло-серых, почти белых оолитовых известняков, являющихся основными коллекторами (рис. 5).

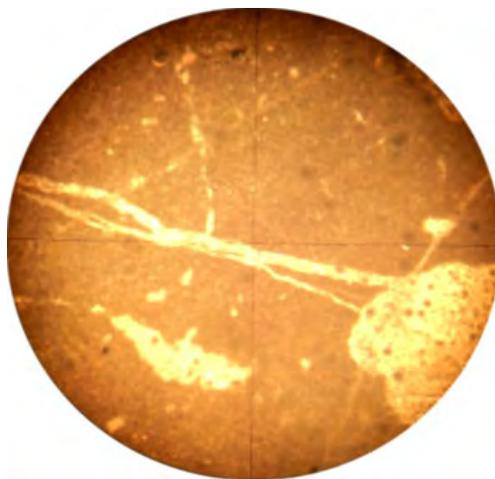


Рисунок 5 – Известняк сгустковый, с небольшим количеством комочков, избирательно перекристаллизованный, с образованием кальцита и ангидрита. Порода не пористая, трещиноватая. Аккум, скв. №1, инт. 2097-2099 м

Коллекторы преимущественно порового типа. Ёмкость коллекторов обусловлена межзерновыми пустотами форменных элементов (оолитов, комочков, кристаллов доломита). Фильтрация – поровыми канальцами, суженными процессами сульфатизации и уплотнения. Процессы выщелачивания развиты слабо в связи с более ранней доломитизацией. В XV<sub>1</sub> горизонте основные коллекторы - оолитовые и комковатые известняки, с хорошо выдержанной мощностью. Коллекторские свойства пород XV<sub>1</sub> горизонта в скв. №2, Андакли изменяются неравномерно: в верхней части – открытая пористость – до 2,67%, проницаемость –  $0,04 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>, в нижней части - открытая пористость – достигает 18,8%, проницаемость –  $76,94 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>.

#### **Выводы:**

1. На площадях и месторождениях на рассматриваемой территории наблюдается увеличение коэффициента пористости породы при увеличении соотношения обломочной части к цементу. Развитие вторичных процессов в породе, таких как доломитизация и выщелачивание оказывает довольно существенное влияние на коллекторские свойства. Доломитизация оказывает отрицательное влияние на ФЕС пород, тогда как выщелачивание положительно влияет на увеличение пустотного пространства.
2. Ёмкость коллекторов связана как с первичными структурно-текстурными особенностями пород (водорослевые известняки) и значительным развитием вторичных процессов выщелачивания, благодаря которым увеличилась проницаемость, а процессы сульфатизации незначительно снизили проницаемость.
3. Условия осадконакопления пород обусловили крайнюю изменчивость коллекторских свойств в разрезе и по площади. Они быстро меняются по разрезу и площади. Это изменение связано с условиями накопления осадка. Частое чередование затопления и осушения на обширных участках контролировали накопление осадков, сложенных переслаиванием плотных и пористых пород. По типу фильтрации коллекторы относятся к порово-трещинным.

#### **Литература**

1. Ибрагимов З.С. Породы – коллекторы нефти и газа мезозоя Узбекистана. Ташкент: ФАН. 1971. 176 с.
2. Абдуллаев Г.С., Евсеева Г.Б. Фациально-генетические типы карбонатных пород и их коллекторские свойства по петрографическим данным // Актуальные вопросы нефтегазовой геологии и геофизики и возможные пути их решения. Тез. докл. Республ. науч.-практ. конф., г. Ташкент, 21 ноября 2012 г. Ташкент. 2012. С. 26-33.
3. Евсеева Г.Б. Условия осадконакопления и коллекторские свойства пород юрских карбонатных отложений Бухаро-Хивинского нефтегазоносного региона // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2015. Т. 10. № 2. С. 1-18.
4. Абдуллаев Г.С., Миркамалов Х.Х. Унификация стратиграфической номенклатуры промысловых горизонтов карбонатной формации юры Южного и Юго-Западного Узбекистана // Узбекский журнал нефти и газа. 1998. № 4. С. 13-16.
5. Эгамбердыев М.Э. Нефтегазоносные фации мезозоя и палеогена. Ташкент: ФАН. 1981. 158 с.

## ВАРИАЦИИ ПОЛНОГО ВЕКТОРА ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ВО ВРЕМЯ ПУСКОВ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНОЙ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ (ЭРГУ-600-2)

Лазарева Е.А., Имашев С.А.  
ekaterina.lazareva88@gmail.com

Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация.* В работе представлены результаты анализа вариаций геомагнитного поля во время проведения электромагнитных зондирований земной коры с помощью электроразведочной генераторной установки (ЭРГУ-600). В качестве первичных данных использованы измерения полного вектора геомагнитного поля Земли, полученные со стационарных и передвижных пунктов наблюдений сети геомагнитного мониторинга Научной станции РАН. Величина отклонений от суточного хода геомагнитного поля уменьшается по мере удаленности от питающего диполя с  $\sim 106$  нТл (рядом с питающим диполем) до  $0,07$  нТл ( $\sim 13$  км от питающего диполя). Зафиксированные различия в форме геомагнитных аномалий, связанных с работой ЭРГУ, между стационарными и передвижными пунктами наблюдений обусловлены разной частотой дискретизации измерений. Изменений величины и формы этих аномалий в зависимости от сезона выявлено не было.

*Ключевые слова:* геомагнитные наблюдения, ЭРГУ-600, электромагнитные зондирования, геомагнитные аномалии

**Введение.** Выявление связи вариаций локального магнитного поля с деформационными процессами земной коры и вариациями других геофизических полей является одной из основных задач режимных геомагнитных наблюдений на Научной станции РАН [1]. Для достижения этой цели проводятся наблюдения вариаций модуля полного вектора геомагнитного поля, как на стационарных, так и на передвижных пунктах на базе автомобиля ГАЗ-66 (рис. 1).

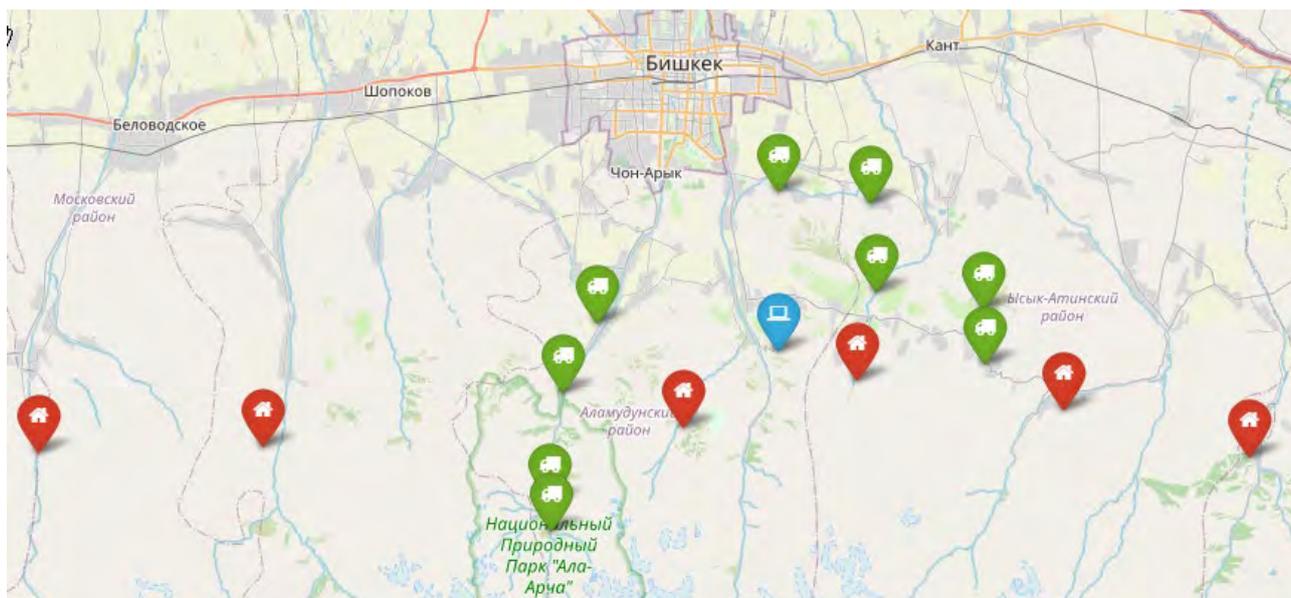


Рисунок 1 – Схема расположения пунктов геомагнитных наблюдений: красные маркеры – стационарные пункты, зеленые – передвижные пункты, синий маркер – Научная станция РАН

**Аппаратура и методика обработки.** Для измерения магнитного поля и его вариаций используется одна из разработок ИС РАН – магнитовариационная модульная станция МВ-07, действующая на принципе ядерного резонанса, а также магнитометр ММПОС-1, основанный на эффекте Оверхаузера [2] (рис. 2). Оба магнитометра предназначены для измерения модуля геомагнитного поля и могут использоваться как для проведения пешеходных съемок, так и в качестве стационарной вариационной станции.



Рисунок 2 – Магнитометры МВ-07 (слева) и ММПОС-1 (справа)

На стационарах датчики магнитометров располагают на деревянных столбах высотой 3-4 м, а на передвижных пунктах наблюдений датчик магнитометра закреплен на штанге, высотой 2,5 м (рис. 3).



Рисунок 3 – Измерение магнитного поля на передвижном пункте наблюдений

Выявление внутренних геомагнитных вариаций на фоне внешних, происходящих из-за вращения Земли относительно Солнца, основано на общепринятой разностной методике обработки наблюдений. Методика базируется на том, что солнечно-суточные вариации протекают практически идентично на значительных участках, поэтому разности синхронных результатов измерений в точках на расстояниях до 50 км изменяются в отсутствие различных внешних помех, как правило, лишь в результате некоторых внутрикоровых геофизических явлений [3]. Первичная обработка включает в себя проверку достоверности полевой информации, что осуществляется путем сравнения данных с двух различных станций: строится разность с базовой станцией, за которую принята станция Ак-Суу.

Электромагнитные наблюдения на Научной станции РАН осуществляются методом зондирования становлением поля в дальней зоне (ЗСД) в модификации «диполь-диполь» (АВ-МN). В качестве источника возбуждения электромагнитного поля используется электроимпульсная система ЭРГУ-600, посылающая в питающий диполь АВ длиной 4,2 км серию знакопеременных импульсов длительностью 5 секунд [4] (рис. 4).

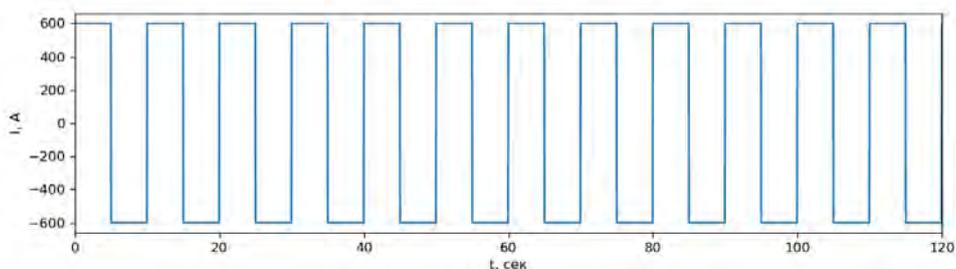


Рисунок 4 – Знакопеременные зондирующие импульсы, генерируемые ЭРГУ в питающем диполе АВ

**Результаты.** Далее рассмотрим ход геомагнитного поля во время сеансов ЭРГУ на различных стационарных и передвижных пунктах наблюдений.

**Пункт «МГД».** Максимальное отклонение в суточном ходе геомагнитного поля наблюдается на пункте «МГД» (~2 км от центра питающего диполя) и составляет около 107 нТл (рис. 5).

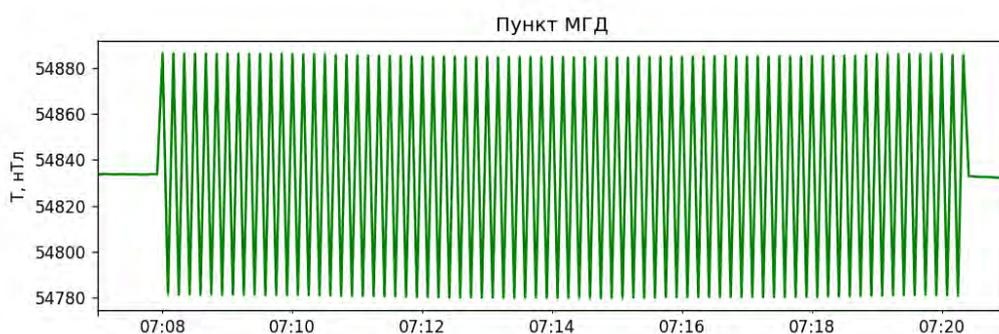


Рисунок 5 – Изменения в ходе магнитного поля на пункте «МГД» во время сеанса ЭРГУ

При этом, «пилообразный» характер отклонений обусловлен частотой дискретизации измерений в 5 секунд.

**Стационарные пункты наблюдений.** При анализе данных стационарных пунктов, было выявлено, что наибольшие уровни отклонения геомагнитного поля от суточного хода во время сеансов ЭРГУ регистрировались на двух станциях – «Чункурчак» и «Таш-Башат» (рис. 6), которые ближе всего расположены к питающему диполю.

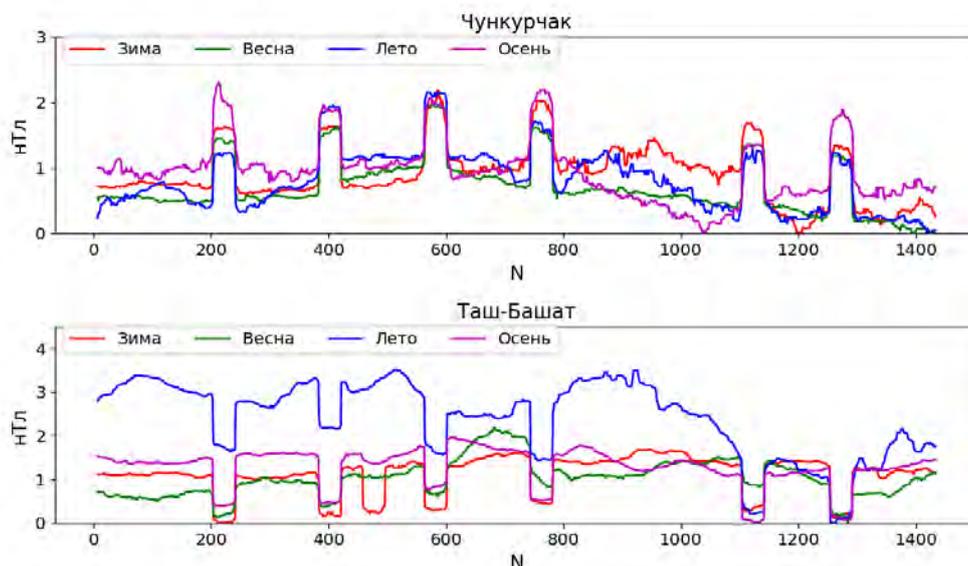


Рисунок 6 – Ход магнитного поля на стационарных пунктах «Чункурчак» и «Таш-Башат» во время сеансов ЭРГУ

Оценка отклонений во временных рядах полного вектора геомагнитного поля во время сеансов ЭРГУ на данных стационарных пунктах производилась на основе построения разностей с базовой станцией «Ак-Суу» [3]. Из магнитограмм видно, что данные аномальные отклонения выглядят в виде прямоугольных участков, соответствующих по времени сеансам пусков ЭРГУ. При этом, различие между аномалиями на стационарных и передвижных пунктах (например, пункт «МГД») обусловлены различной частотой дискретизации (20 и 5 секунд, соответственно). Далее, различия между формой аномалий на пунктах «Чункурчак» (положительные) и «Таш-Башат» (отрицательные), связаны с регистрацией положительных и отрицательных импульсов на питающем диполе. Также, при анализе средних уровней аномалий на данных станциях, каких-либо сезонных закономерностей выявлено не было (табл. 1).

Таблица 1. Средний уровень отклонения геомагнитного поля во время сеансов ЭРГУ на стационарных пунктах «Чункурчак» и «Таш-Башат» в различные сезоны года

Сезоны	Стационарные пункты наблюдений			
	Чункурчак		Таш-Башат	
	Средний уровень отклонения, нТл	Расстояние от центра питающего диполя, м	Средний уровень отклонения, нТл	Расстояние от центра питающего диполя, м
Зима	1,398	10100	1,873	7710
Весна	1,535		1,520	
Лето	1,367		1,990	
Осень	1,278		1,902	

**Передвижные пункты наблюдений.** Аналогичным образом проводился анализ хода геомагнитного поля для передвижных пунктов (табл. 2, рис. 7 и 8). «Пилообразная» форма аномалий геомагнитного поля во время сеансов ЭРГУ, как и в случае с передвижным пунктом «МГД», связана с более высокой частотой дискретизации измерений (5 секунд) по сравнению со стационарами (20 секунд).

Из всех передвижных пунктов наблюдений, станция «Норус» расположена ближе всего к питающему диполю, в связи с этим, уровни аномалий магнитного поля в этом пункте наблюдений наибольшие, вне зависимости от сезонов года (табл. 2). Наименьшие значения в среднем за год наблюдаются на передвижном пункте «Горная Серафимовка», что, по-видимому, связано с большой удаленностью этого пункта от питающего диполя. Также как и в случае со стационарными пунктами, какой-либо зависимости от сезона года не было выявлено.

Таблица 2. Средний уровень отклонения геомагнитного поля во время сеансов ЭРГУ для передвижных пунктов в различные сезоны года

Станция	Сезоны				Расстояние от центра питающего диполя, м
	Зима	Весна	Лето	Осень	
Дачи	0,07	0,67	0,58	0,31	12070
Норус	2,95	2,83	2,98	1,53	8480
Шлагбаум	0,38	0,51	0,56	0,43	16460
Кашка-Суу	0,47	0,41	0,44	0,54	13120
Горная Серафимовка	0,16	0,15	0,13	0,12	16100

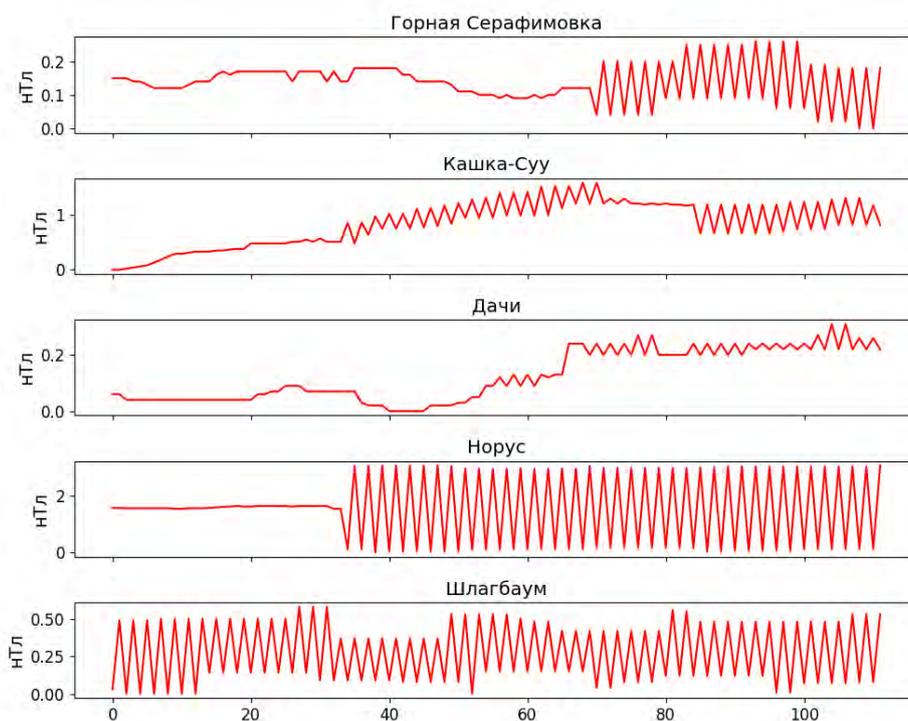


Рисунок 7 – Ход магнитного поля на передвижных пунктах во время сеансов ЭРГУ в зимний сезон

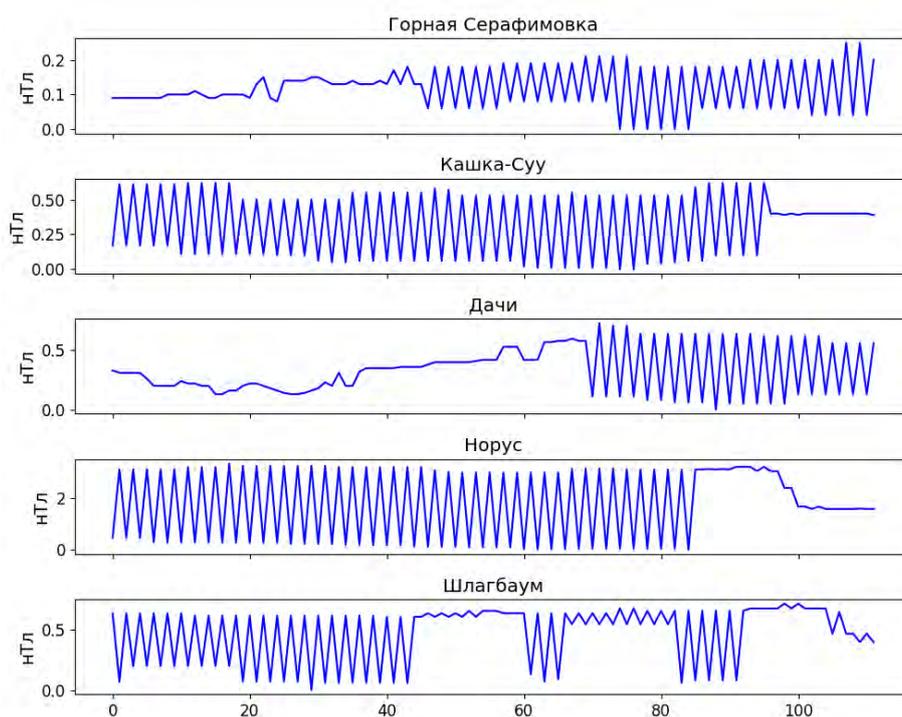


Рисунок 8 – Ход магнитного поля на передвижных пунктах во время сеансов ЭРГУ в летний сезон

**Выводы.** Анализ данных передвижных и стационарных пунктов геомагнитных наблюдений показал, что во время пусков ЭРГУ в вариациях полного вектора геомагнитного поля возникают аномальные отклонения от естественного суточного хода. Определяющим фактором при этом является расстояние между пунктом наблюдения и питающим диполем. Так, величина отклонений геомагнитного поля от суточного хода уменьшается по мере удаленности от питающего диполя с  $\sim 106$  нТл (пункт «МГД»,  $\sim 2$  км от питающего диполя) до

0,07 нТл (пункт «Дачи», ~13 км от питающего диполя). Различия в форме аномалий, связанных с пусками ЭРГУ, между стационарными и передвижными пунктами наблюдений обусловлены разной частотой дискретизации измерений. При этом закономерных изменений величины и формы этих аномалий в зависимости от сезона выявлено не было.

*Результаты, представленные в данной работе, получены в рамках выполнения государственного задания Федерального государственного бюджетного учреждения науки Научной станции Российской академии наук в г. Бишкеке (тема АААА-А19-119020190064-9).*

### Литература

1. Свердлик Л.Г., Имашев С.А. Частотно-временное распределение данных режимных геомагнитных наблюдений // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2019. № 9. С. 3-9.
2. Сапунов В.А., Муравьев Л.А., Нархов Е.Д., Денисов А.Ю., Савельев Д.В. Опыт применения высокочувствительных оверхаузеровских магнитометров в геофизических исследованиях // Геофизика и МГРИ. 100 лет вместе. Материалы Всерос. науч.-практ. конф. и выставки. Старый Оскол. 2018. С. 162-167.
3. Мухамадеева В.А., Воронцова Е.В., Лазарева Е.А. Опыт проведения геомагнитных наблюдений на Бишкекском Геодинамическом Полигоне // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2015. Т. 15. № 3. С. 130-133.
4. Мухамадеева В.А. Электромагнитный мониторинг на севере Киргизии: история и перспективы развития // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей. Шестые научные чтения Ю.П. Булашевича. Материалы конф. Екатеринбург: УрО РАН. 2013. С. 209-212.

## ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РОЕВ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ИХ АФТЕРШОКОВ В РЕГИОНЕ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Лютикова В.С.

*nikki.valo16@gmail.com*

Институт сейсмологии МОН РК, г. Алматы, Республика Казахстан

*Аннотация. В работе представлены теоретические и практические результаты пространственно-временного распределения роев сильных землетрясений, афтершоков в сейсмичности региона Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий за период 2007-2020 г.г. На основе экспериментальных данных, метода графической кластеризации (МГКл) распознаны рои землетрясений. Получены численные характеристики роев землетрясений. Составлен каталог роев сильных землетрясений и афтершоков, по которому производилось пространственно-временное распределение этих сейсмических событий.*

*Ключевые слова: сейсмичность региона, метод графической кластеризации (МГКл), рои землетрясений, сильные землетрясения, афтершоки*

С целью выявления закономерностей пространственного и временного распределения роев и афтершоков сильных землетрясений использован метод графической кластеризации (МГКл). По общепринятым методам кластерного анализа проанализированы соответствия элементов строк в матрице заданным правилам. Если существует пространственная взаимосвязь и взаимообусловленность событий, то она выражается через "**расстояния**" (евклидовы или другие) между событиями в **n-мерном** пространстве. Если известны географические координаты события, то в качестве меры взаимосвязи выбираем геометрическое расстояние между эпицентрами землетрясений. Считаем, что наиболее взаимосвязанными являются те события, для которых межэпицентральные расстояния **минимальны**. Время проведения расчетов для МГКл пропорционально числу событий в выборке, образующей матрицу. Такие ситуации могут возникнуть при анализе временных последовательностей событий, когда существуют кластеры, время жизни которых меньше интервала всей выборки. Так, для территории, ограниченной координатами **39-47 °N** и **70-85 °E** в 2007-2020 гг. представительными являются землетрясения с  **$K \geq 7$** . Процесс образования роя можно идентифицировать с процедурой пространственного группирования сейсмических событий. Некоторые, самые общие, качественные характеристики группирования для землетрясений с  **$K \geq 9$**  ( **$M = 2.8$** ) на территории Северного Тянь-Шаня приведены в [1-3]. Здесь за радиус вероятного группирования принимали 15 км. При этом количество группирующихся землетрясений составило 10% от размера выборки [4, 5-7].

Оказалось, что устойчивые кластеры-группы размером не более **20'-25'** угловой меры (т.е. размеров очаговых зон землетрясений с  **$M = 6-7$**  на изучаемой территории) образуются, если расстояние между событиями  **$L \leq 10'$** .

Характеристика «роев землетрясений» связана с числом землетрясений в рое (или группе). Вероятность попадания трех случайных событий в площадку радиусом равным  **$L = 10'$**  столь мала, что ей можно пренебречь. Поэтому принимали за рой группу, в которой число землетрясений  **$N \geq 3$** , без ограничения **N** по максимальной величине. Результаты расчетов по МГКл с учетом **L** и **N** показали, что рои действительно группируются вблизи зон, в которых на изучаемой территории происходили землетрясения с  **$M \geq 5.5$** .

Для более строгого описания роя необходимо введение еще одной характеристики. Известно, что «рой» могут быть и **короткоживущие** (минуты, часы), так и **долгоживущие** (месяцы и даже годы). Поэтому их нельзя характеризовать ни числом событий **N**, ни временем

жизни роя  $Tls$  («life swarm»). Более объективной характеристикой является *время между землетрясениями в рое  $Tm$  ( $0 < Tm < \text{сутки}$ )*.

Полученные **численные характеристики роев** дают более точную математическую зависимость в описании распознавания их образов в сейсмических данных. Далее производилось пространственно-временное распределение этих событий на территории исследования. Дополнительно выносились **сильные** землетрясения региона и их афтершоки.

На базе полученных характеристик роев построены карты распределения роев и афтершоков землетрясений (рис. 1, 2). Выявлено, что рои землетрясений формируются накануне сильных землетрясений, очаги которых формируются в земной коре структурных неоднородностей, литосфера которых в новейшем этапе тектогенеза разрушена и насыщена высокотемпературными массами [1, 3].

На рисунках 1 и 2 показаны результаты проведенных исследований.

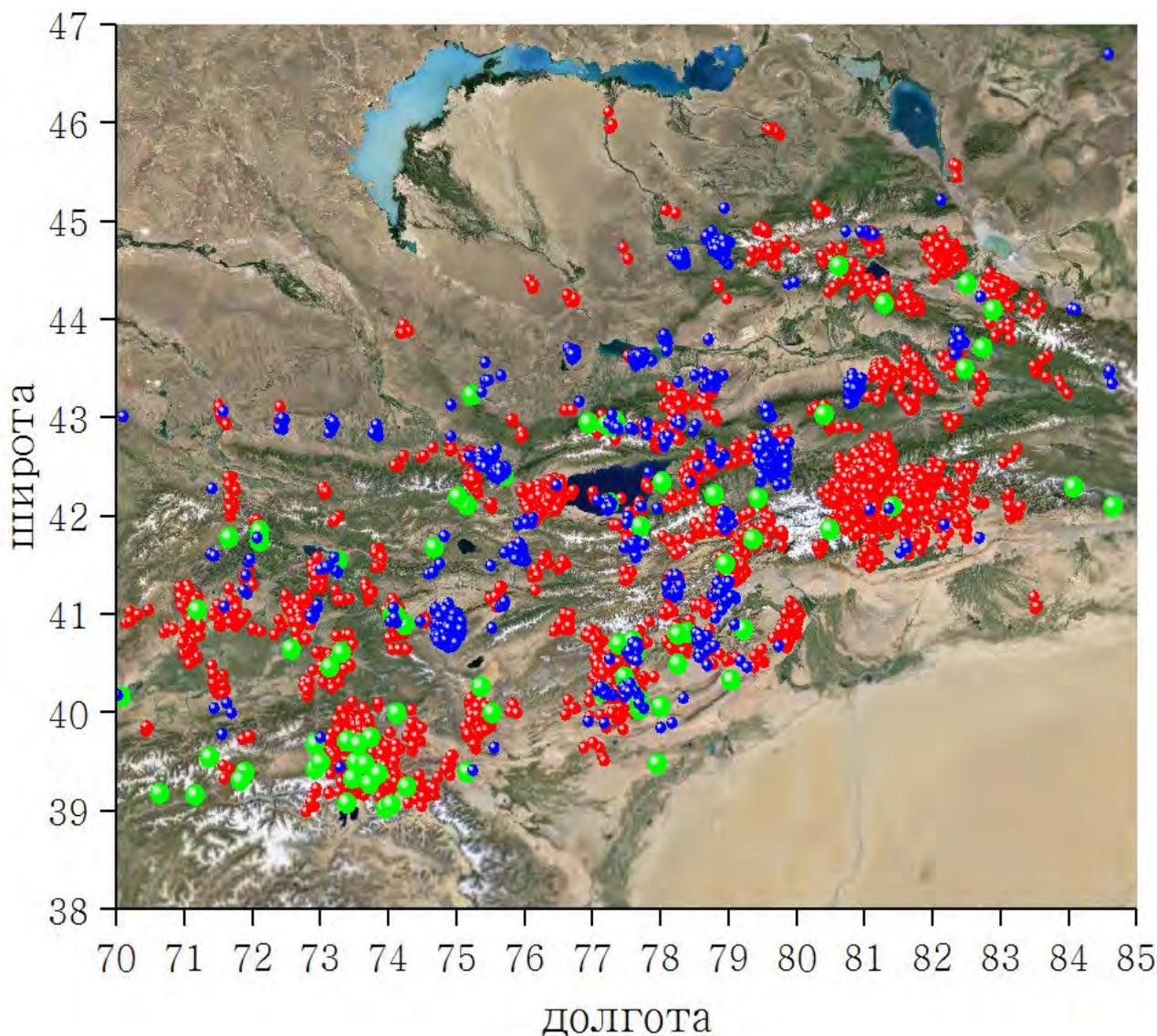
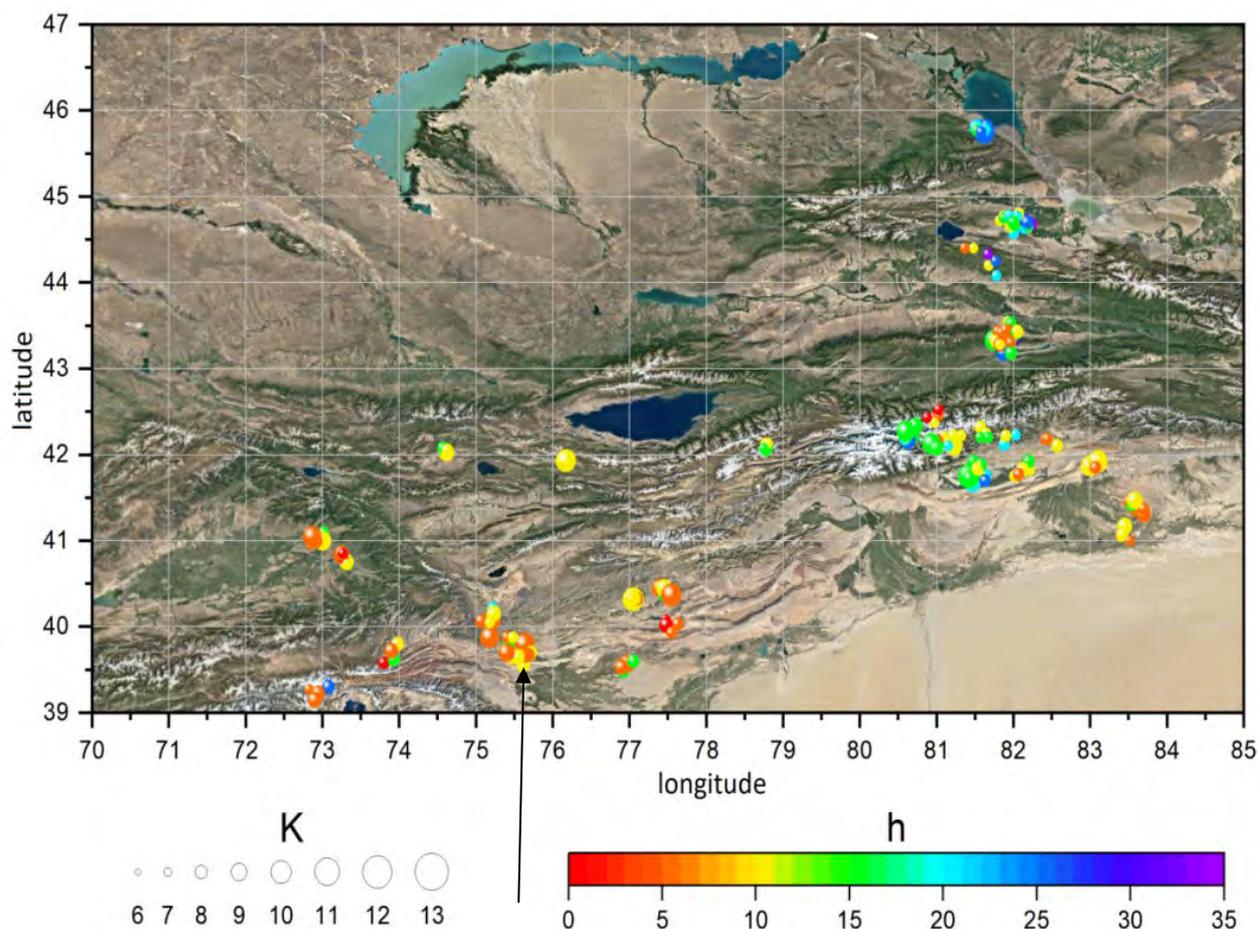


Рисунок 1 – Карта-схема пространственно-временного распределения сейсмических событий в регионе исследования за 2007-2020 гг. (38-47°N, 70-85°E): (рои – красным цветом, сильные толчки – зеленым цветом, афтершоки – синим цветом)



Толчок в зоне роев - М 4.7 – SOUTHERN XINJIANG,  
CHINA 2020-12-05 08:33:40.7439.51N, 75.67E

Рисунок 2 – Карта-схема пространственно-временного распределения роев в регионе исследования за **2019-2020 гг.** (39-47°N, 70-85°E): (**рои** землетрясений, **h** – шкала глубин)

На базе полученных характеристик роев построены карты распределения роев и афтершоков землетрясений (рисунки 1-2). Выявлено, что рои землетрясений формируются накануне сильных землетрясений, очаги которых формируются в земной коре структурных неоднородностей, высокотемпературными массами.

*Выражаем благодарность научному руководителю **академику НАН РК Курскееву А.К.** за активное участие в проводимых исследованиях, критические замечания и рекомендации, а также сотрудникам **СОМЭ**, за предоставление каталога землетрясений.*

### Литература

1. Курскеев А.К. Землетрясения и сейсмическая безопасность Казахстана. Алматы: Эверо. 2004. 504 с.
2. Каталог землетрясений / Сейсмическая опытно-методическая экспедиция (СОМЭ) РК [Электронный ресурс]: режим доступа - <http://some.kz/index.php?p=card&outlang=1&oid=9>.
3. Лютикова В.С. Рои землетрясений как отклик энергонасыщенных структур земной коры на воздействие астрофизических факторов // Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации (WSEC-2017). Материалы Всемирного Конгресса инженеров и ученых, г. Астана, 19-20 июня 2017 г. Т. 4. Алматы. 2017. С. 328-331.
4. Славина Л.Б., Левина В.И., Бабанова Д.Н. Особенности возникновения и распределения роевых последовательностей землетрясений в сейсмоактивной зоне в акватории

Тихоокеанского побережья Камчатки [Электронный ресурс]: режим доступа - <http://www.emsd.ru/konf091011/pdf/largesteqs/10.pdf>

5. Литовченко И.Н., Амиров Н.Б., Лютикова В.С. Распознавание образов роев землетрясений (на основе метода графической кластеризации) // Наука и образование в современном мире: вызовы XXI века. Материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., г. Нур-Султан, 20-22 окт. 2020 г. Нур-Султан. 2020. С. 27-30.
6. Litovchenko I.N., Amirov N.B., Lutikova V.S. Swarms earthquakes at the North Tien-Shan and adjacent territories in 2019-2020 // Глобальная наука и инновация 2020: Центральная Азия. 2020. Сер.: Науки о Земле. № 5 (10). С. 33-37.
7. Литовченко И.Н., Лютикова В.С. Выявление роев землетрясений в сейсмоактивном регионе Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий // Дистанционные и наземные исследования Земли в Центральной Азии. Материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 15-ти летию со дня образования Центрально-Азиатского института прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ), г. Бишкек, 17-18 сент. 2019 г. Бишкек. 2019. С. 35-38.

## НАБОР ПРОГРАММ-ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «THE GENERIC MAPPING TOOLS» ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ С РАЗЛИЧНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

Мансуров А.Н.

*sur@gdirc.ru*

Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация.* В работе представлен программный комплекс (ПК) SUR\_MP\_TO\_GMT, предназначенный для конвертации векторных геоданных (линейных объектов и подписей к ним) из польского формата в формат входных данных ПК The Generic Mapping Tools. Он позволяет комбинировать отрисовку объектов различного типа из одного или нескольких файлов в польском формате с отрисовкой других данных, например, результатов исследований.

*Ключевые слова:* SUR\_MP\_TO\_GMT, Generic Mapping Tools, программный комплекс, ГИС, POLYLINE, полилиния, польский формат, геоданные.

**Введение.** Для наглядной публикации результатов большинства исследований в области наук о Земле принято так или иначе изображать эти результаты (а также исходные данные и вспомогательную информацию) на географических картах. В настоящее время благодаря развитию информационных технологий для такого изображения почти всегда используются автоматизированные картографические системы (АКС). Одной из наиболее распространенных АКС является программный комплекс The Generic Mapping Tools (ПК GMT) [1-4]. Он позволяет строить карты в различных проекциях и выводить на них информацию (геоданные) различного вида – точки, линии, вектора, фокальные механизмы землетрясений, подписи, изображения, разноцветную заливку по массиву данных и многое другое. Для этого пользователю необходимо подготовить соответствующие наборы данных в необходимом формате. В зависимости от типа, объема и источника геоданных такая подготовка может быть очень трудоемкой. В данной работе представлен разработанный автором программный комплекс SUR\_MP\_TO\_GMT, предназначенный для автоматизации подготовки данных объектов-линий и подписей к ним на основе файлов-изображений географических карт.

**Типы геоданных.** Геоданными называются любые данные (структурированная информация), так или иначе привязанные к местоположению на земном шаре (географическим координатам). Приведенная в данном разделе классификация является общеизвестной для широкого круга специалистов (см., например, [5]) и присутствует в данной работе преимущественно во избежание разночтений терминов.

Геоданные в первую очередь разделяются на *растровые* и *векторные*. В форме *растровых* данных хранится информация о *непрерывных* (как минимум, в двух измерениях) объектах и явлениях, например, высота точек земной поверхности над уровнем моря, распределение количества осадков или количества землетрясений в некоторой окрестности каждой точки поверхности. Так как хранение непрерывной информации непосредственно в цифровом виде невозможно, производится ее дискретизация посредством выбора сетки точек (как правило, прямоугольной и равномерной в некоторой системе координат) и хранится информация о координатах точек этой сетки и соответствующие данные (значения представляемой величины) в каждом из узлов сетки.

*Векторные* данные хранят информацию о *дискретных* объектах, для которых определены или заданы четкие границы. Наиболее распространенные типы векторных объектов: точка (point), линия (в цифровом виде – ломаная линия, полилиния, polyline) и

площадная фигура (в цифровом виде – невыпуклый многоугольник, полигон, polygon). Точкой представляются те объекты, для которых в данном масштабе можно пренебречь всеми геометрическими размерами, полилинией – те, для которых можно пренебречь шириной (реки, дороги), полигоном – объекты, занимающие значительную площадь (лесной массив, озеро, материк).

В данной работе рассматривается автоматизация обработки и изображения полилиний, как наиболее часто используемых в геоморфологии и геотектонике объектов, для которых наглядное изображение текстовой подписи является нетривиальной задачей.

**Польский формат** является одним из способов для хранения векторных геоданных в файле. Он был разработан авторами программы *sGPSMapper* в качестве универсального открытого формата, данные из которого могут быть преобразованы при помощи *sGPSMapper* или других программ в двоичные форматы, принимаемые устройствами для GPS-навигации [6, стр. 237]. Полное описание формата доступно на архивной копии сайта авторов [7], далее приведено краткое описание упоминаемых в данной работе элементов.

Файл в польском формате является текстовым и состоит из секций, каждая секция имеет определенный тип и набор пар «атрибут=значение». Первая секция файла всегда имеет тип «IMG ID» и является заголовком, остальные секции являются объявлениями или описывают объекты, в том числе точки – тип «POI», полилинии – «POLYLINE» и полигоны – «POLYGON». Важнейшими атрибутами этих объектов являются данные о местоположении (атрибуты «Data\*»), тип («Type») и текстовая метка («Label»). Данные о местоположении точки представляют собой одну пару «(широта, долгота)», для полилинии и полигона – последовательность таких пар. Тип объекта – целое число – позволяет различать объекты разного вида, например, для описания дороги и реки используются секции одного и того же типа «POLYLINE», но с разными значениями атрибута «Type». Есть набор установленных стандартом формата типов и способов отрисовки их объектов в навигаторе, а также возможность для пользователя задавать свои собственные типы и их отрисовку [7, стр. 71].

Разумеется, создавать такие файлы с большим объемом данных вручную было бы трудно, поэтому быстро появились визуальные редакторы – GIS-системы, ориентированные на хранение геоданных в польском формате. Наибольшее распространение получила программа *GPSMapEdit* [8]. Эта программа позволяет загружать и сохранять файлы в польском формате, отображает объекты в стандартной проекции WebMercator дает пользователю возможность интерактивно создавать и редактировать объекты. Также важнейшим достоинством данной программы является возможность отображения обрабатываемых объектов на фоне (1) доступных в интернете тайловых (tile) онлайн-карт, таких как, например, Google Maps и Open Street Map, и/или (2) изображений карт, локально сохраненных в графический файл и привязанных к географическим координатам в формате программы *OziExplorer* [9].

**Краткое описание программного комплекса GMT.** Изначально ПК GMT представлял собой набор из отдельных программ, каждая из которых предназначена для изображения на карте данных какого-то одного типа [1]. Например, программа *psxy* предназначена для отрисовки точек, линий и полигонов, *pstext* – для отрисовки текста, *grdimage* – для растровых данных и т.д. Программы были предназначены для запуска из командной строки (поэтому их часто называют *командами*), имели несколько стандартных аргументов (например, ключ *-J* позволяет выбрать картографическую проекцию), и каждая команда имела несколько специфичных для нее аргументов (например, ключи *-S* и *-W* команды *psxy* позволяли выбрать отрисовку точек и/или линий соответственно). В новых версиях (начиная с GMT 5) вместо множества программ имеется одна программа *gmt*, и для выполнения, например, команды *psxy* вместо запуска программы *psxy* необходимо запустить программу *gmt* и указать в качестве первого аргумента имя команды *psxy* и после этого аргументы команды *psxy* [3]. Кроме команд отрисовки GMT включает большое количество вспомогательных инструментов, например, несколько команд, имена которых начинаются с буквосочетания *grd*, предназначены для обработки растровых данных.

В качестве выходного формата графических изображений карт в GMT принят формат PostScript. Преимущество этого векторного формата в том, что он позволяет собирать в один файл сколь угодно много отдельных графических элементов независимых друг от друга. Поэтому можно объединять вывод различных команд GMT простой конкатенацией, например, если в один файл последовательно записать вывод команды *grdimage*, отрисовывающей цветом рельеф местности, и команды *psxy*, отрисовывающей набор линий, то в итоговом изображении эти линии будут наложены на рельеф.

**Принцип работы программного комплекса SUR\_MP\_TO\_GMT.** Представляемый в данной работе ПК SUR\_MP\_TO\_GMT [10] предназначен для извлечения геоданных полилиний из файлов в польском формате в файлы, которые могут быть использованы в качестве входных для отрисовки в GMT. При том, что сама по себе задача конвертации геоданных между различными форматами является тривиальной, ПК SUR\_MP\_TO\_GMT обладает существенными достоинствами.

Во-первых, в ПК SUR\_MP\_TO\_GMT реализована функция подготовки данных для отрисовки подписи объекта вдоль его траектории. Например, если нужно вывести на карту подпись-название горного хребта, то это название принято растягивать на всю длину хребта выписывая буквы вдоль его траектории, причем каждая буква повернута на соответствующий угол. Если нужно вывести название реки, то название пишется компактно, выше линии реки, буквы также расположены и повернуты вдоль траектории. Во многих ГИС-системах, даже очень популярных, такие подписи не реализованы либо реализация адекватно работает только в том случае, когда траектория объекта близка к прямой линии. В ПК GMT нет никакого способа автоматически выстроить буквы таким образом, команда *pstext* позволяет выводить только надписи в виде последовательности букв, записанных в строчку, эта строчка может быть повернута на заданный угол только целиком и привязана (с отступом или без) к точке с заданными географическими координатами одним из девяти способов: точка соответствует левому верхнему углу надписи, середине верхней границы надписи, правому верхнему углу и т.д.

Для того, чтобы обойти это ограничение ПК SUR\_MP\_TO\_GMT при подготовке подписи объекта к отрисовке разбивает ее на отдельные буквы и вычисляет местоположение и угол поворота каждой буквы отдельно. При этом обработка идет по следующему алгоритму:

1. От траектории объекта отсекаются точки, лежащие за границами рамки карты.
2. Траектория интерполируется с небольшим шагом и сглаживается гауссиановым фильтром.
3. Расстояния между точками переводятся из градусов широты и долготы в километры, а затем в единицы длины на изображении карты согласно масштабу.
4. Для каждого отрезка сглаженной траектории вычисляется **коэффициент ширины ( $K$ )** букв. Для этого берется определенная окрестность этого отрезка, определяется, является ли траектория в этой окрестности выпуклой вверх или вниз, а также вычисляется радиус ее кривизны. Если буквы должны быть помещены выше траектории, и она выпукла вверх, то  $K = 1$ . Если траектория выпукла вниз, то из радиуса кривизны  $R$  вычитается высота букв  $H$  и разность делится на  $R$ :  $K = (R-H) / (R)$ , как на рис. 1. Если  $(R-H) < 0$ , то  $K = 0$ . Если буквы должны быть помещены ниже траектории, то наоборот,  $K = 1$  при траектории выпуклой вниз и  $K = (R-H) / (R)$  при траектории выпуклой вверх. Если буквы должны быть помещены на линии траектории, то всегда  $K = (R-(H/2)) / (R)$ .
5. Траектория объекта интерполируется таким образом, чтобы для всех отрезков после интерполяции произведение длины отрезка на коэффициент ширины ( $K$ ) было постоянной величиной. После этого каждая буква надписи занимает одно и то же количество отрезков.
6. Если пользователь запросил расположение надписи компактно фиксированным размером шрифта, то просто берется необходимое количество отрезков в середине траектории. Если количества отрезков недостаточно, то надпись не помещается и не выводится. Если пользователь запросил расположение надписи растянуто во всю длину, то сначала на шаге 4 выбирается наименьший размер шрифта, а затем если длина надписи значительно

меньше длины траектории, то происходит возврат к шагу 4 с большим размером шрифта и большей номинальной шириной букв.

7. Расположение букв на сглаженной интерполированной траектории преобразуется в географические координаты и азимуты ориентации вертикальной оси букв (равные азимутам нормали к траектории в соответствующих точках). При этом точки привязки букв всегда лежат на сглаженной траектории, а нахождение букв над, под или на траектории задается привязкой нижней, верхней или центральной точки буквы соответственно. Благодаря такой привязке буквы не сместятся от траектории, даже если будет выбран любой другой размер шрифта.

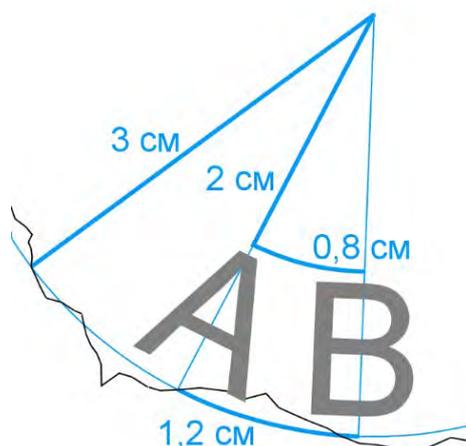


Рисунок 1 – Пример того, как вычисляется коэффициент ширины ( $K$ ) для букв над траекторией объекта (черная линия), выпуклой вниз. Радиус кривизны траектории  $R = 3$  см, высота букв  $H = 1$  см,  $K = (R-H) / (R) = 2/3$ . Если ширина букв  $W = 0,8$  см, то расстояние между буквами вдоль траектории  $D = W / K = 1,2$  см

Второе преимущество ПК SUR\_MP\_TO\_GMT заключается в том, что он позволяет автоматизировать процесс преобразования. ПК состоит из нескольких скриптов и модулей на языке программирования Perl5, главными из которых являются скрипт mp2psxy2.pl и модуль ExportPlotLinesUni.pm. В mp2psxy2.pl реализовано чтение данных в польском формате, описанный выше алгоритм подготовки подписи полилинии и сохранение данных во входных форматах для *gmt*-команд *psxy* и *pstext*. Этот скрипт имеет несколько опций командной строки, позволяющих выбрать тип объектов для экспорта, задать параметры подписи, указать границы и размер (в масштабе) карты, схему именования выходных файлов. Модуль ExportPlotLinesUni.pm служит для автоматизации вызовов скрипта mp2psxy2.pl и команд *gmt* для быстрого тестирования результатов экспорта. Для использования этого модуля пользователь должен записать нужную конфигурацию в ассоциативные массивы модуля ExportPlotLinesUni.pm и запустить главную функцию этого модуля. Пользователь может задать имя входного файла в польском формате, типы извлекаемых объектов, стиль отрисовки их линий и подписей, географические границы и масштабный размер карт (можно задать несколько карт сразу), настройки отрисовки фона-рельефа. Основная функция ExportPlotLinesUni.pm сгенерирует имена файлов с экспортируемыми данными, опции командной строки для запусков скрипта mp2psxy2.pl и для запусков команд *gmt*, запустит все эти команды, а также выведет их в выходной поток, чтобы их можно было увидеть на экране или сохранить в файл. Таким образом, пользователь сразу получит результат отрисовки и сможет подгонять конфигурацию экспорта данных и стилей отрисовки к своим потребностям в почти интерактивном режиме. После того, как необходимый внешний вид объектов на карте будет достигнут, пользователю необходимо всего лишь взять команды отрисовки из вывода ExportPlotLinesUni.pm и добавить их в свой основной скрипт для создания итоговой карты.

**Порядок работы** с программным комплексом SUR\_MP\_TO\_GMT может быть организован следующим образом:

1. Растровый графический файл с изображением карты, объекты из которой нужно использовать, загружается в программу OziExplorer [9] и привязывается к географическим координатам [11, стр. 287]. Информация по привязке сохраняется в \*.map-файл.
2. Полученный \*.map-файл импортируется в программу GPSMapEdit [8]. Она отображает на экране графический файл карты, преобразованный (посредством графических искажений) к проекции Web Mercator.
3. При помощи команды «сохранить» создается \*.mp-файл в польском формате, содержащий ссылку на загруженный \*.map-файл. Можно прикрепить несколько \*.map-файлов, GPSMapEdit отобразит их одновременно. Все объекты, создаваемые на следующем этапе, записываются в текущий \*.mp-файл вызовом команды «сохранить».
4. При помощи инструмента «создание объектов» мышкой обводятся контуры нужных объектов, после создания для каждого объекта указывается название (label) и тип. Если среди встроенного набора типов не нашлось подходящего, то можно создать файл с описанием пользовательских типов (см. [7, стр. 71]) и импортировать его в GPSMapEdit как «скин» или использовать любые имеющиеся типы, например, тип «железная дорога» для горных хребтов и «автомобильная дорога» для тектонических разломов.
5. GPSMapEdit позволяет в любой момент открыть \*.mp-файл и поменять атрибуты (положение узловых точек траектории, название и тип) уже созданного объекта.
6. На основе прилагаемых к ПК SUR\_MP\_TO\_GMT примеров создается файл-скрипт на языке Perl, в котором присваиваются нужные значения элементам переменных конфигурации модуля ExportPlotLinesUni.pm и вызывается его главная функция.
7. Полученный \*.ps-файл просматривается, при необходимости изменить какие-либо параметры, подписи или положение объектов можно вернуться к шагу 6 или 5.
8. Когда внешний вид отрисованных объектов удовлетворяет пользователя, вывод скрипта (последовательность вызовов программ из командной строки) сохраняется в файл. Команды вызова mp2psxy2.pl удаляются (они нужны однократно для создания входных файлов *gmt*), добавляются другие команды *gmt* (например, команды для отрисовки результатов исследований или команды из вывода модуля ExportPlotLinesUni.pm для других файлов польского формата).

**Примеры результатов.** На рисунках 2 и 3 приведены примеры результатов работы программного комплекса SUR\_MP\_TO\_GMT. Рисунок 2 является примером того, как информация для формирования объектов может поступать из разных источников – точное положение хребтов-водоразделов берется из рельефа, а названия хребтов – из текстовых описаний и схематических карт. Рисунок 3 показывает пример разнообразия типов объектов. Все типы разломов были определены автором согласно [7, стр. 71].

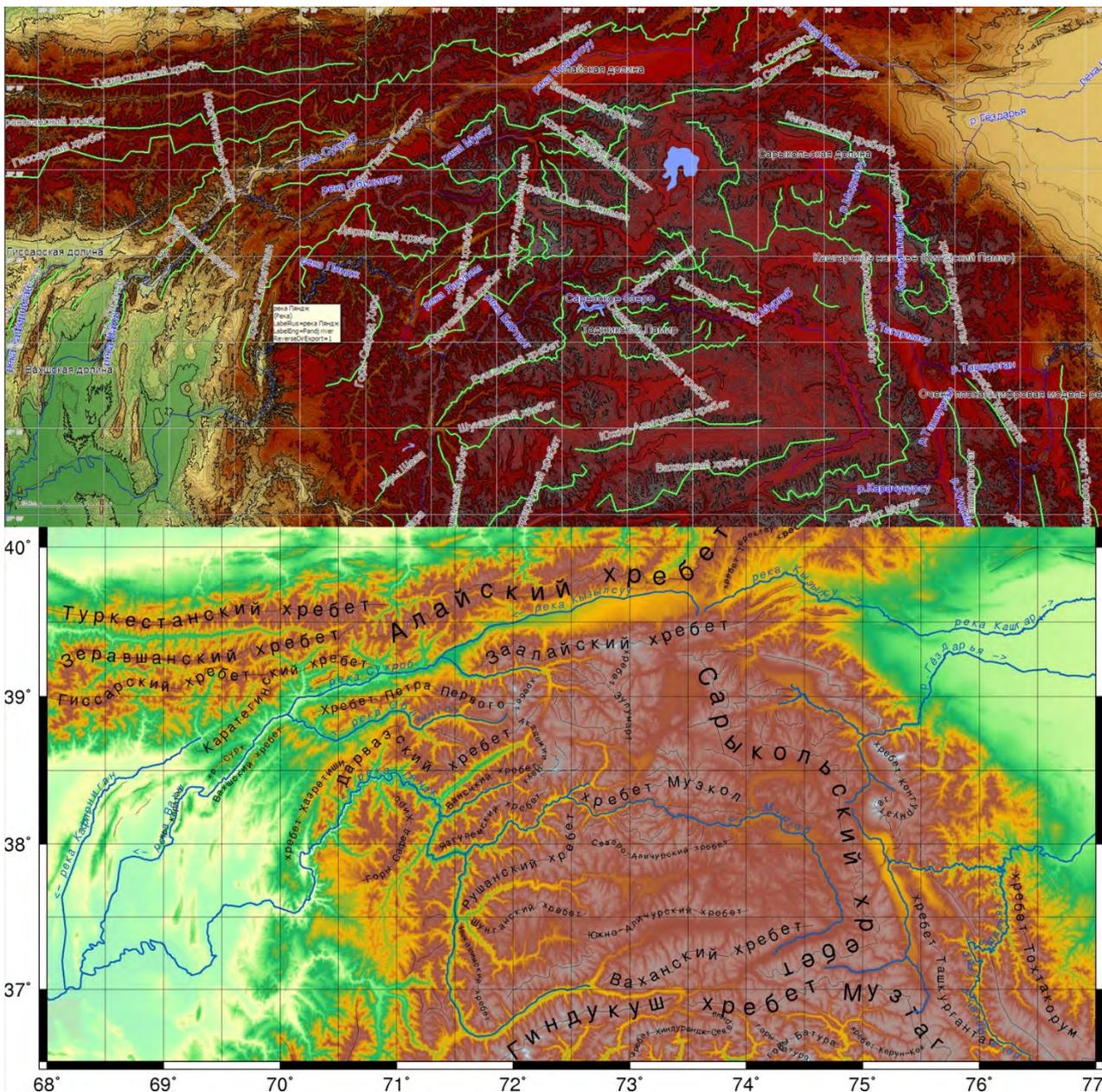


Рисунок 2 – Вверху – карта рельефа Памира, загруженная в программу GPSTMapEdit и объекты (горные хребты и реки), созданные на основе этой и других карт. Внизу – результат визуализации этих объектов при помощи программного комплекса SUR\_MP\_TO\_GMT

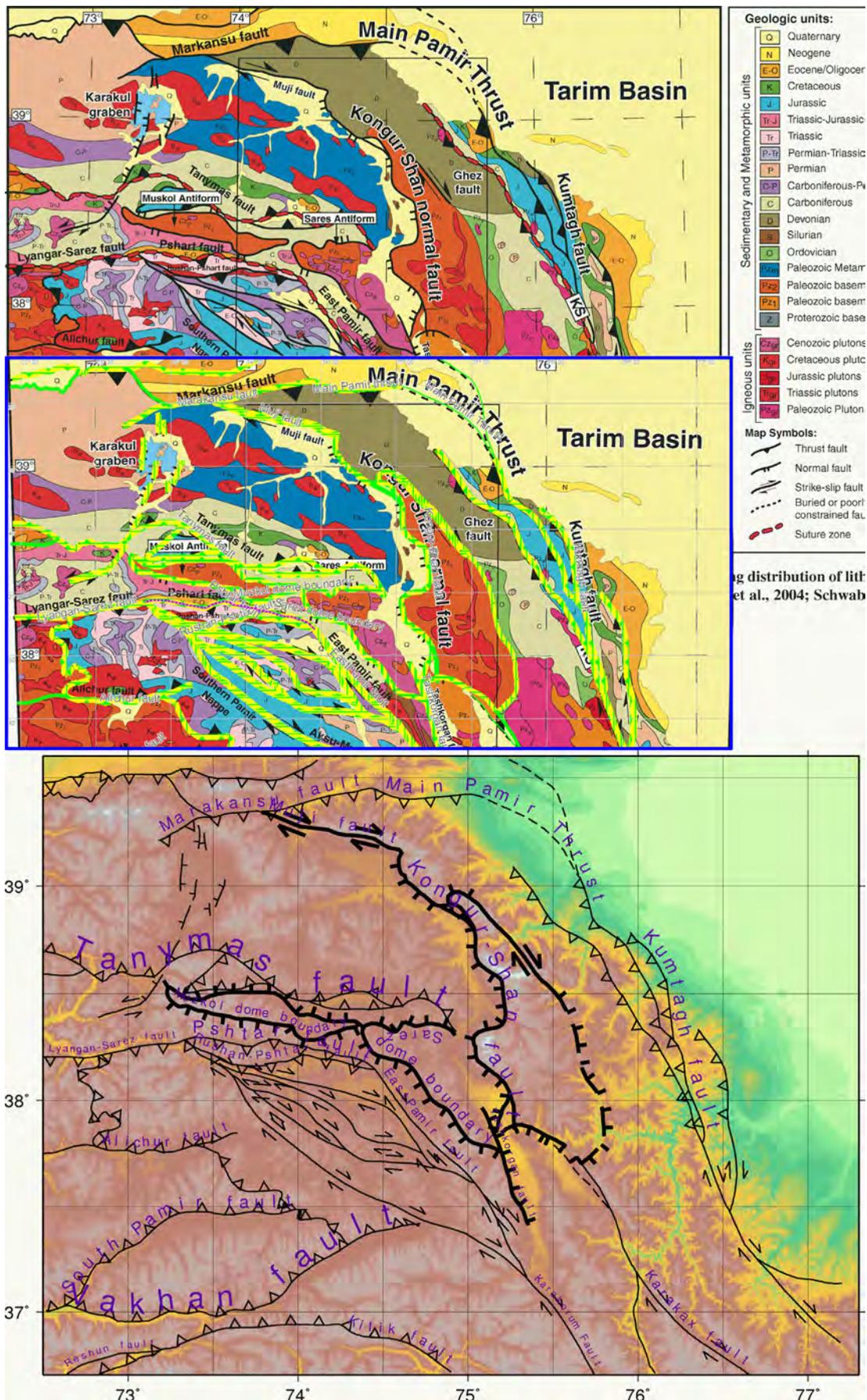


Рисунок 3 – Вверху – геолого-тектоническая карта восточного Памира [12, рис. 2]. По центру в синей рамке – эта же карта, импортированная в программу GPSMapEdit, созданы объекты, описывающие геологические разломы разных типов. Внизу – результат SUR\_MP\_TO\_GMT

**Заключение.** В данной работе описан разработанный автором программный комплекс SUR\_MP\_TO\_GMT – инструмент для экспорта векторных геоданных (линейных объектов) из польского формата во входной формат команд The Generic Mapping Tools. Приведен порядок работы, включающий создание векторных геоданных на основе растровых карт, использование SUR\_MP\_TO\_GMT для экспорта и интерактивной визуализации этих данных при помощи The Generic Mapping Tools, а также комбинирование визуализации экспортированных данных и других данных, например, результатов исследований в науках о Земле.

### Литература

1. Wessel P., Smith W.H.F. The Generic Mapping Tools, GMT, Version 3: Technical Reference and Cookbook. School of Ocean and Earth Science and Technology, University of Hawaii at Manoa. 1995. 93 p.
2. Surhone L.M., Timpledon M.T., Marseken S.F. Generic Mapping Tools. VDM Publishing. 2010. 114 p.
3. Wessel P., Smith W.H.F., Scharroo R., Luis J., Wobbe F. Generic Mapping Tools: Improved Version Released // EOS Trans. AGU. 2013. 94(45). P. 409–410. doi:10.1002/2013EO450001.
4. <https://www.generic-mapping-tools.org/>
5. Sutton T., Dassau O., Sutton M. A Gentle Introduction to GIS. Spatial Planning & Information, Department of Land Affairs, Eastern Cape. 2009. [ [https://docs.qgis.org/3.10/en/docs/gentle\\_gis\\_introduction/](https://docs.qgis.org/3.10/en/docs/gentle_gis_introduction/) ]
6. Erle S., Gibson R., Walsh J. Mapping Hacks: Tips & Tools for Electronic Cartography. O'Reilly Media, Inc. 2005. 568 p.
7. cGPSmapper User Manual Version: 2.5. Published Date: 2009.10.16 <https://web.archive.org/web/20160109154706/http://cgpsmapper.com/download/cGPSmapper-UsrMan-v02.5.pdf>.
8. Электронный ресурс <https://www.geopainting.com/>.
9. Электронный ресурс <http://oziexplorer2.com/eng/features/features.html>.
10. Мансуров А.Н. Программа для визуализации геоинформации в польском формате MP при помощи пакета The Generic Mapping Tools «SUR\_MP\_TO\_GMT» / Программа для ЭВМ. Свидетельство № 2020618162. Правообладатель ФГБУН Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке (НС РАН) (KG). Заявка № 2020613068; заявл. 18.03.2020; зарегистрир. 21.07.2020; Бюл. № 8–2020. 48 Кб.
11. McNamara J. GPS For Dummies. John Wiley & Sons. 2008. 2nd ed. 416 p.
12. Robinson A.C., Yin A., Manning C.E., Harrison T.M., Zhang S., Wang X. Cenozoic evolution of the eastern Pamir: implication for strain accommodation mechanisms at the western end of the Himalayan Tibetan orogen // Bull. Geo. Soc. Am. 2007. Vol. 119. P. 882–896.

## О ПЕРВЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ПОЛУЧЕНИЯ ДВУМЕРНОЙ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПО МАГНИТЕЛЛУРИЧЕСКИМ ПРОФИЛЯМ ВДОЛЬ МЕРИДИАНА 75°

Матюков В.Е.  
vitaliy@gdirc.ru

Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация.* В работе представлены результаты обработки магнитотеллурических и магнитовариационных данных по 88 пунктам наблюдений на трех профилях, полученных в несколько этапов исследований вдоль меридиана 75°. Проведен качественный и количественный анализ результатов полевых наблюдений, в том числе анализ качества кривых кажущихся сопротивлений и фаз импеданса, а также анализ поведения векторов Визе для локализации зон проводящих неоднородностей с достаточной надежностью во всем диапазоне исследуемых глубин, выделения наиболее качественно полученных материалов и удаления некоторых данных из-за ограничений в программе инверсии. На основе одномерной и двумерной инверсии компонент тензора импеданса и векторов Визе построена предварительная глубинная геоэлектрическая модель вдоль исследуемых профилей. Выполнен сравнительный анализ геологических и электромагнитных данных на исследуемой территории. Выявлены зоны соответствия проводящих аномалий геоэлектрического разреза и разломных зон, полученных по априорной геолого-геофизической информации.

*Ключевые слова:* магнитотеллурические данные, инверсия, разломная зона, кажущееся сопротивление, геоэлектрическая модель

**Введение.** В несколько этапов Научной станцией РАН в г. Бишкеке были выполнены работы методом магнитотеллурического зондирования по профилям вдоль меридиана 75°, заложенных вкрест простирания основных тектонических структур Тянь-Шаня (рис. 1). Экспериментальные исследования необходимые для построения глубинной детальной геоэлектрической модели были выполнены с использованием современных методик и аппаратуры Феникс.

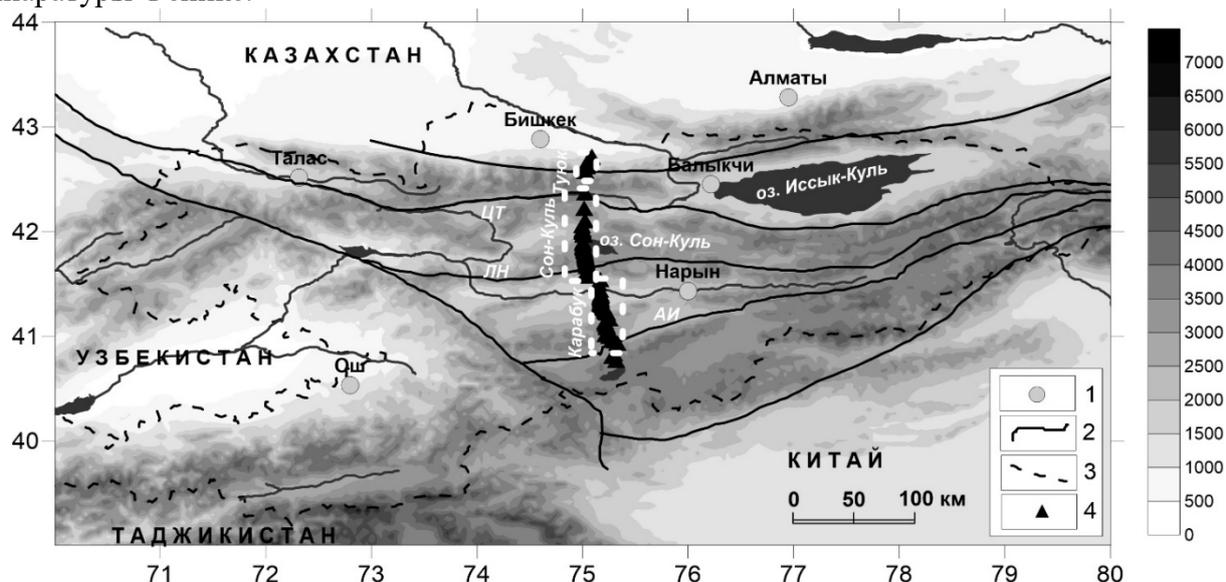


Рисунок 1 – Карта-схема расположения магнитотеллурических профилей вдоль меридиана 75°. 1 – основные населенные пункты; 2 – основные тектонические структуры Тянь-Шаня (ЦТ – Центрально-Терскайский разлом, ЛН – Линия Николаева, АИ – Атбаши-Иныльчекский разлом); 3 – граница Республики Кыргызстан; 4 – пункты магнитотеллурических зондирований

Методику обработки и анализа в рамках данных исследований рассматривать не будем, она подробно описана в работах [1, 2]. Морфологический анализ кривых кажущихся сопротивлений и фаз импеданса, а также анализ поведения векторов Визе для выявления направления простирания основных геоэлектрических структур в исследуемом регионе также был подробно представлен для каждого из профилей в работах [3-5].

Для дальнейшего построения двумерной геоэлектрической модели вдоль меридиана  $75^\circ$  автором был проведен тщательный анализ полученных материалов на предмет различного рода помех и проведена выборка 76 пунктов (вследствие внутреннего ограничения программы инверсии).

**Построение двумерной геоэлектрической модели по профилю вдоль меридиана  $75^\circ$ .** Построение интерпретационной модели начнем с анализа псевдоразрезов амплитуд кажущегося сопротивления  $\rho$  и фазы импеданса  $\varphi$  для направлений  $xy$  и  $yx$  (рис. 2, 3). Анализ псевдоразрезов заключается в выделении аномалий в поведении кажущихся сопротивлений и фаз. Псевдоразрезы кажущегося сопротивления лучше характеризуют влияние приповерхностных неоднородностей для геоэлектрических сред. Значение сопротивлений из верхней части разреза автоматически переносится на более глубокие, маскируя их влияние. Совместный анализ псевдоразрезов сопротивлений и фаз импеданса необходим для более точной оценки распределения сопротивлений в геоэлектрическом разрезе. Приповерхностные неоднородности практически не оказывают влияние на фазы импеданса, поэтому мы можем выделить пункты зондирования, которые наиболее подвержены эффекту статического смещения.

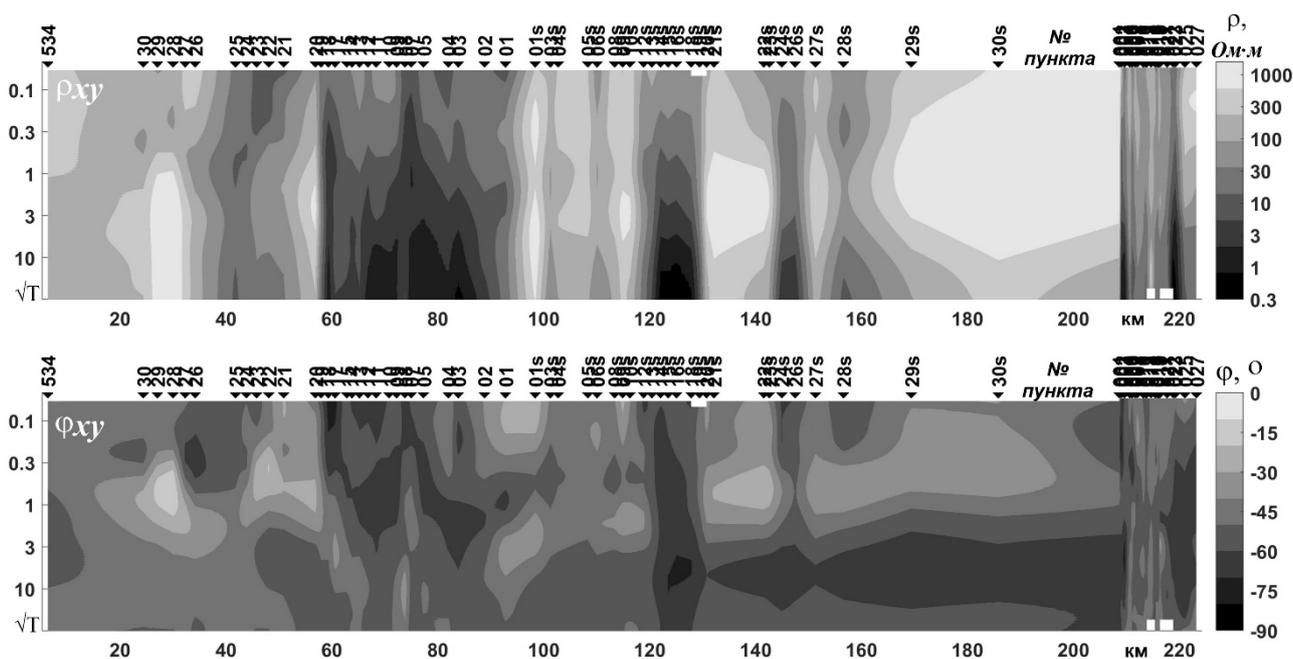


Рисунок 2 – Псевдоразрезы магнитотеллурических параметров по профилю вдоль меридиана  $75^\circ$  (направление  $xy$ )

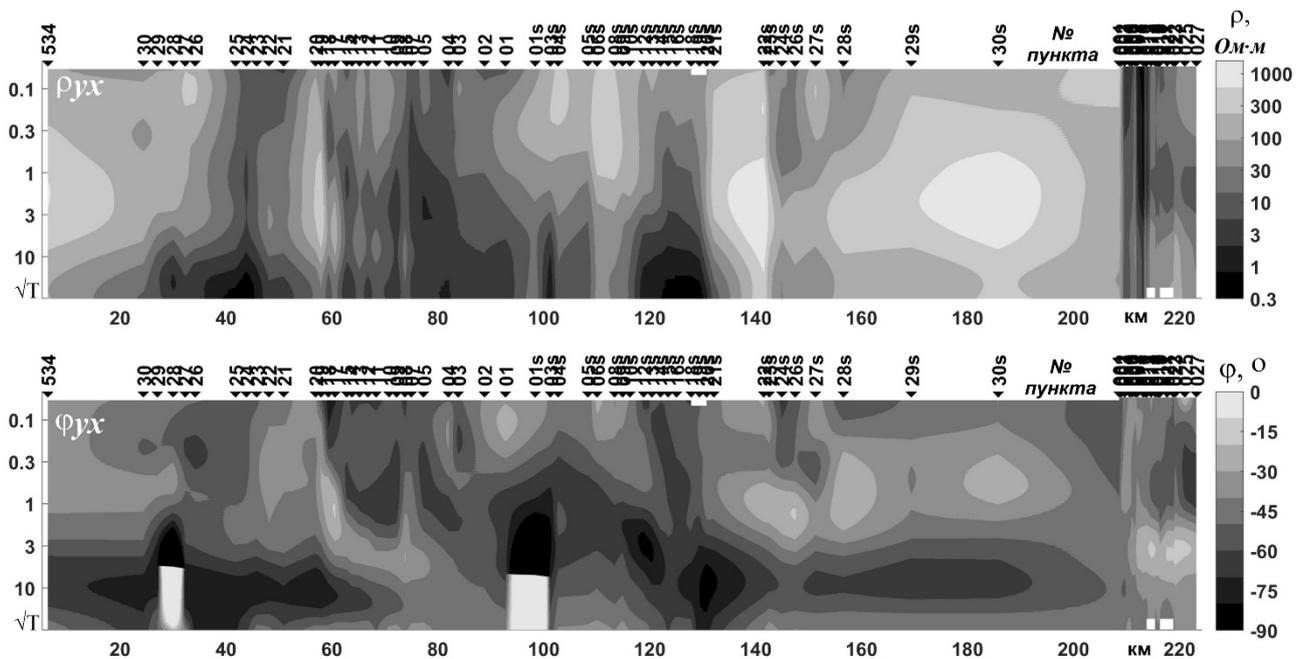


Рисунок 3 – Псевдоразрезы магнитотеллурических параметров по профилю вдоль меридиана  $75^\circ$  (направление ух)

Так, на псевдоразрезах фаз импеданса (нижние панели рисунков 3 и 4), можно отчетливо разделить пункты зондирования, выполненные в прибортовой зоне южного борта Сонкульской впадины – 1s, 3s, 5s и 6s непосредственно в самой впадине – 20s-22s и в прибортовой зоне северного борта впадины 29s и 30s. Для профиля Карабук можно выделить пункты 21-25, находящиеся в прибортовой зоне южного борта Нарынской впадины, а также пункты 2-4 в прибортовой зоне северного борта впадины. Также можно отметить, что псевдоразрез фаз импеданса очень хорошо соотносится с морфологией кривых кажущегося сопротивления.

Двумерная инверсия магнитотеллурических и магнитовариационных данных по профилям вдоль меридиана  $75^\circ$  (рис. 4) выполнялась с помощью программы Rodi-Mackie [6]. Эта программа применяет метод нелинейных сопряженных градиентов, который пытается минимизировать целевую функцию, представляющую собой сумму нормализованных невязок данных и сглаженности модели. Взаимоотношение между невязками данных и сглаженностью модели контролируется параметром регуляризации  $\tau$ , который задается вручную пользователем. Входными данными инверсии являются ТЕ и ТМ моды, то есть продольные и поперечные кривые кажущегося сопротивления и фаз импеданса, в также типперы (вектора Визе) по 76 пунктам наблюдения в интервале периодов от 0.01 до 1600 с. Сетка аппроксимационной модели применялась из 190 ячеек по горизонтали, разреженных по краям модели и учащенных в окрестностях точек зондирования, и из 143 ячеек по вертикали, увеличивающихся по размерам с глубиной начиная с 50 метров. При построении сетки детально (с шагом по 50 м) учитывается рельеф местности. Сопротивление стартовой модели 100 Ом·м. Пределы погрешностей инвертируемых данных были установлены следующие: модуль кажущегося сопротивления (ТЕ мода) – 100%, модуль кажущегося сопротивления (ТМ мода) – 10%, фаза импеданса (ТЕ мода) – 5%, фаза импеданса (ТМ мода) – 5%, типпер – 0.05%. В результате нескольких тестовых расчетов инверсии было выбрано значение параметра регуляризации  $\tau = 3$ . После выполнения 200 итераций была получена модель, представленная на рис. 4. Значение RMS-невязки (сходимость инверсии) составило 3.0.

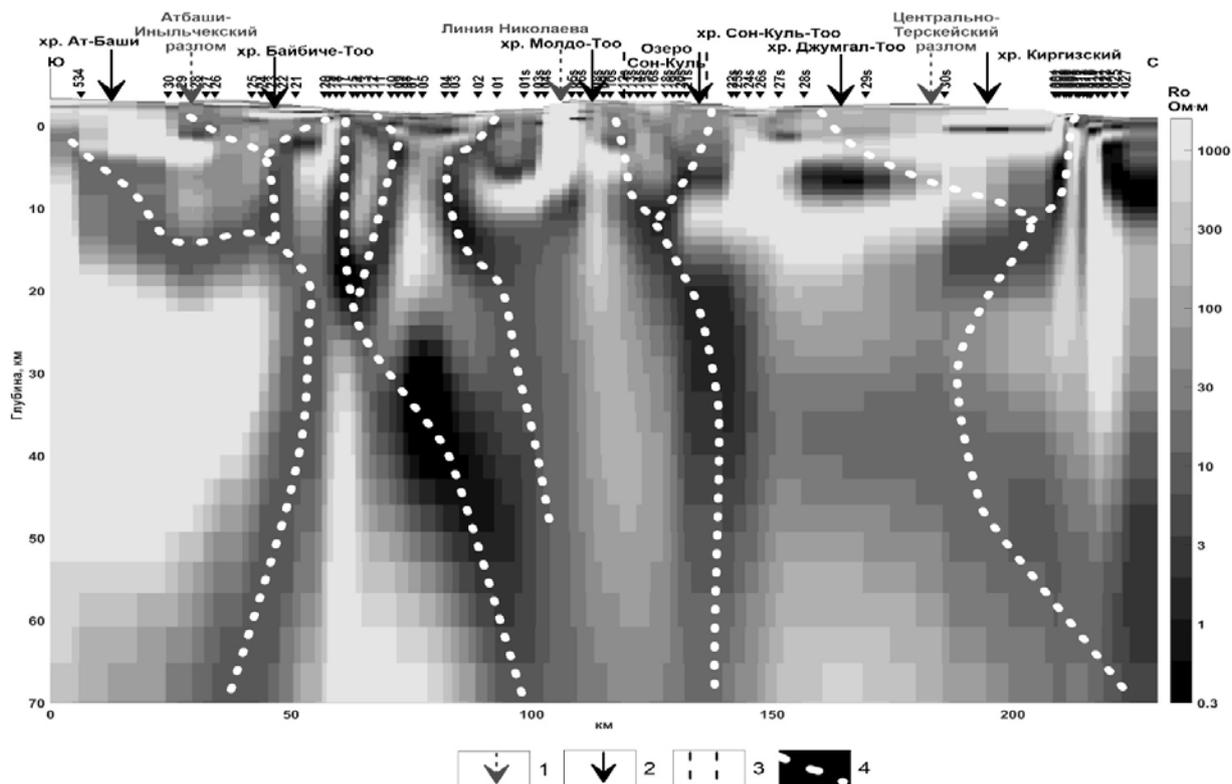


Рисунок 4 – Глубинная геоэлектрическая модель по профилю вдоль меридиана 75°. 1 – основные тектонические структуры Тянь-Шаня: Атбаши-Иныльчекский разлом, Линия Николаева и Центрально-Терской разлом; 2 – основные хребты; 3 – границы озера Сон-Куль, 4 – зоны локализации тектонических деформаций

**Заключение и выводы.** В результате анализа модели можно отметить, что под хребтами практически всегда находятся высокоомные области [4, 5]. Также вследствие использования большого количества данных с нескольких профилей, их хорошей детальности и точности, а также при проведении качественной интерпретации и первичных количественных оценок в соответствии с современными тектоническими представлениями, можно выделить границы Иссык-Кульского микроконтинента [7], в проводящих структурах построенной геоэлектрической модели (это подковообразная структура, которая начинается под озером Сон-Куль, погружается до глубин порядка 40 км и продолжается субгоризонтально на север с последующим поднятием и выходом в районе Киргизского хребта). Основные разломные зоны (Атбаши-Иныльчекский разлом, Линия Николаева и Центрально-Терской разлом) можно охарактеризовать субвертикальными зонами локализации тектонических деформаций в построенной предварительной модели, однако эта модель только частично сопоставляется с априорной геолого-геофизической информацией и необходимо провести дополнительный анализ исходного материала и сочетания магнитотеллурического и магнитовариационного материала пунктов исследований для получения уточненной модели с учетом всего имеющегося априорного материала, в том числе полученного предыдущими геолого-геофизическими исследованиями.

Результаты, представленные в данной работе, получены в рамках выполнения государственного задания Федерального государственного бюджетного учреждения науки Научной станции Российской академии наук в г. Бишкеке на 2019-2021 гг. по теме АААА-А19-119020190063-2.

#### Литература

1. Рыбин А.К., Спичак В.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е. Площадные магнитотеллурические зондирования в сейсмоактивной зоне Северного Тянь-Шаня // Геология и геофизика. 2008. Т. 49. № 5. С. 445-460.

2. Баталев В.Ю., Баталева Е.В., Матюков В.Е., Рыбин А.К. Глубинное строение западной части зоны Таласо-Ферганского разлома по результатам магнитотеллурических зондирований // Литосфера. 2013. № 4. С. 136-145.
3. Рыбин А.К. Глубинное строение и современная геодинамика Центрального Тянь-Шаня по результатам магнитотеллурических исследований. М.: Научный мир. 2011. 232 с.
4. Rybin A.K., Bataleva E.A., Morozov Y.A., Leonov M.G., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Zabinyakova O.B., Nelin V.O. Specific Features in the Deep Structure of the Naryn Basin–Baibichetoo Ridge–Atbashi Basin System: Evidence from the Complex of Geological and Geophysical Data // Doklady Earth Sciences. 2018. V. 479 (2). P. 499–502. <https://doi.org/10.1134/S10283334X18040165>.
5. Рыбин А.К., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Морозов Ю.А., Непейна К.С. Глубинное строение литосферы Центрального Тянь-Шаня по профилю магнитотеллурического зондирования “Сон-Куль” // Доклады Российской Академии Наук. Науки о Земле. 2021. Т. 496. № 2. С. 115–121. <https://doi.org/10.31857/S268673972102016X>.
6. Rodi W.L., Mackie R.L. Nonlinear conjugate gradients algorithm for 2-D magnetotelluric inversion // Geophysics. 2001. V. 66. P. 174-187.
7. Баталев В.Ю., Баталева Е.А. Проявление структуры древних микроконтинентов в геофизических полях // Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Материалы докл. Шестого междунар. симп. (23-29 июня 2014 г., г. Бишкек). Бишкек: ИС РАН. 2015. С. 132-138.

## ПРИМЕНЕНИЕ СКВАЖИННЫХ МИКРОИМИДЖЕРОВ ДЛЯ ДЕТАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГИС И ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРНА

Махмудова М.С., Мусаев Х.П.

*matluba\_maxmudova@mail.ru*

АО «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», г. Ташкент,  
Республика Узбекистан

*Аннотация.* В статье приведены достоинства использования микроимиджеров в комплексе с методами ГИС и при исследовании керна. Также, приводятся примеры интерпретации имиджей, отражающих различные геологические разрезы.

*Ключевые слова:* микроимиджер, имидж, скважина, трещина, каверна, нефтегазоносный регион

**Введение.** В последние годы интерпретация результатов геофизических исследований нефтегазовых месторождений становится все сложнее. Трудности могут возникать из-за тонкослоистости, текстурной неоднородности, вторичной пористости и многих других характеристик изучаемого разреза. Информативность стандартных методов ГИС далеко не всегда является достаточной при решении поставленных задач, так как исследуемые элементы разреза намного меньше их вертикальной разрешающей способности. Для увеличения детальности результатов ГИС в таких условиях появляется необходимость применения современных методов исследования скважин с высокой разрешающей способностью таких как скважинные микроимиджеры [1].

Микроимиджер – это скважинная аппаратура, позволяющая измерять такие петрофизические характеристики пород, как сопротивление, проницаемость, акустические свойства и плотность. Измерение проводится по всей окружности ствола скважины. Результаты измерения представляются графически, в виде «развертки» ствола скважины, которая называется имиджем. При этом всегда известно ориентация имиджа относительно сторон света.

На рисунке 1 представлен принцип «развертки» ствола скважины. Если напластование или разлом пересекает ствол скважины горизонтально, то на имидже они имеют вид прямой линии. Если напластование или разлом будут под некоторым углом пересекать ствол скважины, то они на имидже представляются в виде синусоиды. Чем больше угол наклона, тем выше амплитуда синусоиды.

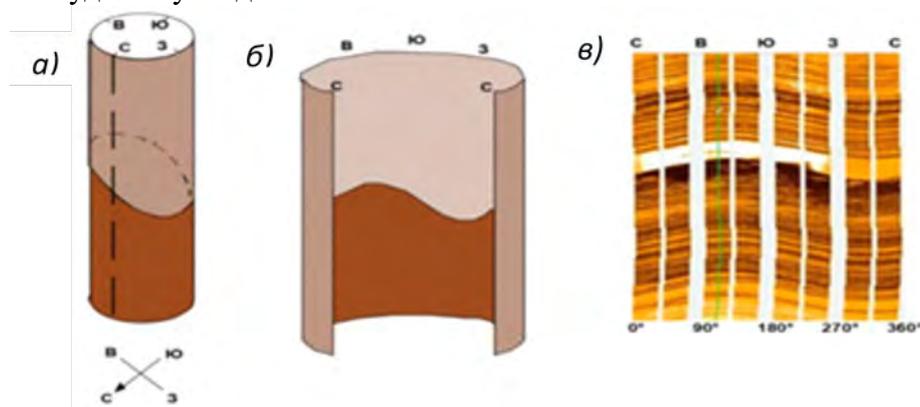


Рисунок 1 – Принцип «развертки» ствола скважины: а - модель ствола скважины, б - развертка ствола скважины, в - имидж проводимости ствола скважины

Для имиджей в качестве измерительной шкалы используется цветовая заливка от светлого до темного. Если взять примером электрические микроимиджеры, светлым отмечаются породы с высоким удельным электрическим сопротивлением (УЭС), а темным породы с низким УЭС, то есть с высокой проводимостью.

Имиджи подразделяются на статические и динамические. В статическом имидже самое высокое и низкое значение измеряемого параметра выбирается из всего измеряемого интервала и им применяется соответственно самая светлая и темная заливка. Промежуточные значения оцениваются относительно минимума и максимума, и заливаются цветом в промежутке между максимумом и минимумом. Если породы в пласте характеризуются приблизительно одинаковым сопротивлением, то их структурные особенности нельзя определить на имидже (рис. 2 – верхняя часть). В таких случаях применяется динамический имидж, где заливка применяется динамически. То есть максимум и минимум определяется в некотором небольшом плавающем диапазоне. Для количественной интерпретации используется статический имидж, а структурные, текстурные свойства разреза и геометрические особенности ствола скважины определяются по динамическому имиджу.

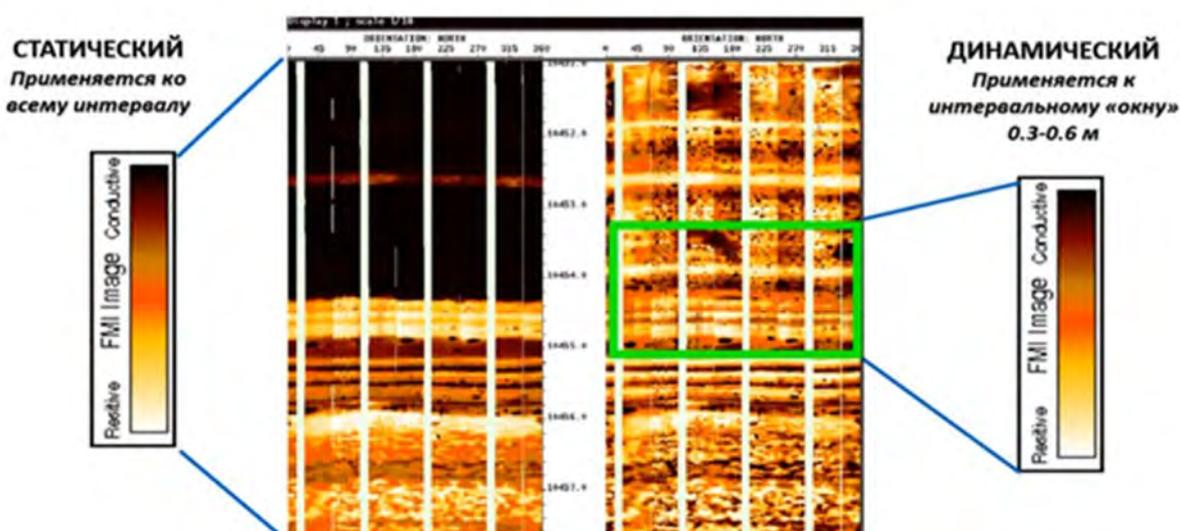


Рисунок 2 – Статические и динамические имиджи по электрическому микроимиджеру

**Уточнение модели осадконакопления.** Применение микроимиджеров в интервалах, где был извлечен керн дает возможность решить такие задачи, как однозначная привязка и определение ориентации керна. Исследование керна имеет очень важное значение при изучении поисковых структур из-за высокой детальности, но объем отбора керна ограничивается временным, техническим и финансовым факторами [2]. В интервалах без отбора керна использование методов ГИС и микроимиджеров в комплексе дает возможность увеличения информативности результатов исследования и приблизить детальность ГИС к детальности, получаемой на керне. Однако, нужно учитывать, что метод не способен однозначно определить литологические особенности разреза из-за физических ограничений прибора. Данный метод может быть использован для уточнения геологической модели месторождений, планов их разработки и установления перспективных участков для поиска новых залежей углеводородов [3].

Далее рассмотрим отображение геологических объектов на имиджах [4]:

1) *Малоамплитудные тектонические нарушения (сброс).* На рисунке 3 синим цветом выделен разлом со смещением, который можно определить по несогласию наложения пропластков.

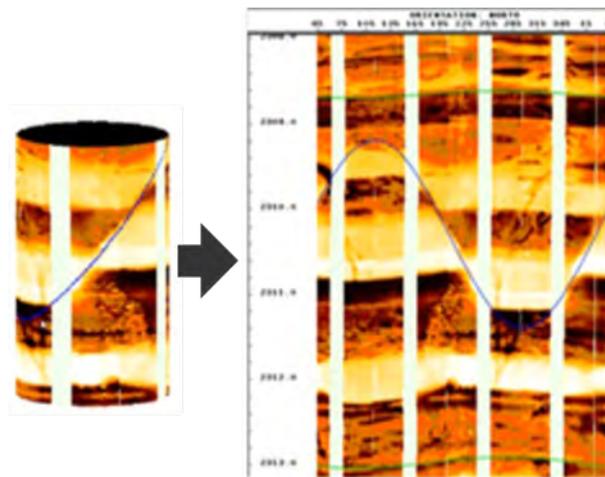


Рисунок 3 – Имидж проводимости, отображающий тектоническое нарушение

Вертикальные белые полосы возникают из-за неполного покрытия ствола скважины измерительными электродами. Чем больше диаметр ствола скважины, тем шире белые полосы, следовательно, меньше покрытие.

2) *Проводящие или открытые трещины* распознаются на имидже как аномалии проводимости или сопротивления, секущие напластование, обычно под большим углом.

Открытые трещины заполнены проводящим фильтратом бурового раствора, поэтому отображаются на имидже электрического микроимиджера как аномалии пониженного сопротивления темным цветом (рис. 4).

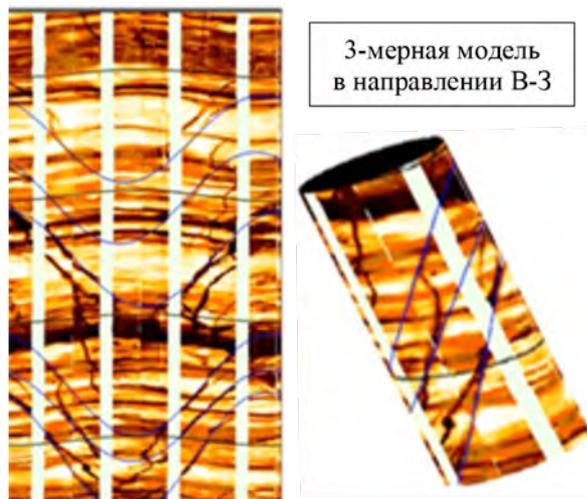


Рисунок 4 – Имидж проводимости, отображающий проводящие трещины

Сравнение имиджей амплитуд и времени пробега волны позволяет достаточно точно разделить открытые и залеченные участки трещин (рис. 5). Если имидж амплитуд показывает наличие трещин, а на имидже времени пробега волны не видно никакой трассы, это соответствует закрытым или залеченным трещинам.

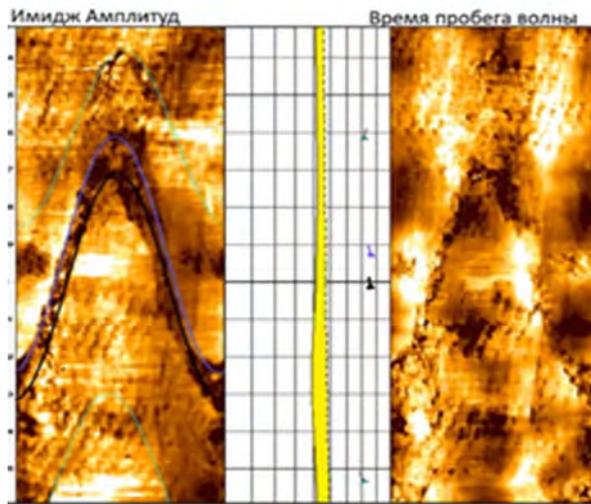


Рисунок 5 – Имидж, полученный ультразвуковым микроимджером

3) *Залеченные трещины* выделяются аномально высоким сопротивлением и отображаются светлым цветом на имидже проводимости (рис. 6).

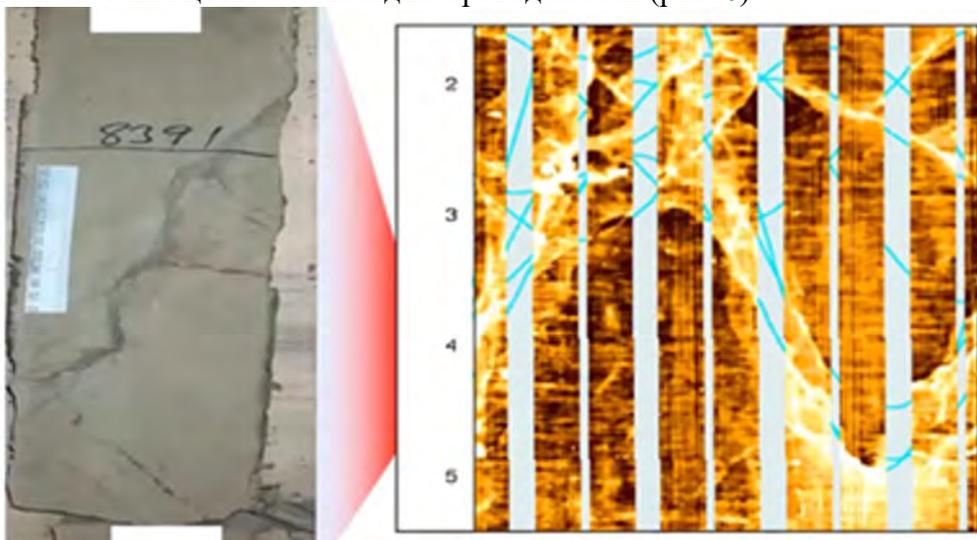


Рисунок 6 – Керн и его имидж проводимости, отражающий залеченные трещины

4) *Каверны* отображаются темным цветом, так как в них проникает фильтрат бурового раствора, который имеет хорошую проводимость (рис. 7).

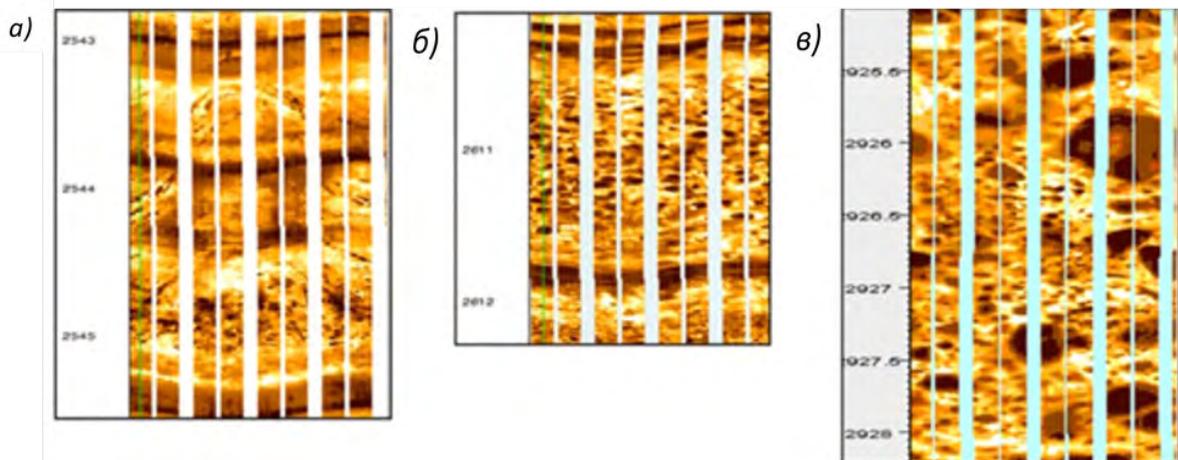


Рисунок 7 – Электрический микроимджер: а- мелкие каверны, развитые по трещинам, б – каверны среднего размера, в – крупные каверны

Следовательно, применение микроимджеров увеличивает информативность и детальность комплекса ГИС, что соответственно увеличивает достоверности исследования и позволяет детализировать:

- результаты структурного анализа, так как по классическим методам ГИС можно выделить только границы пластов, а с применением микроимджеров можно определить их направление (структурные углы падения и азимут простирания) следовательно это дает возможность более достоверно соединять структуры между двумя скважинами, выявлять структурные несогласия, тектонические нарушения и их классификацию;
- результаты седиментологического анализа. Интервалы без отбора керна и там, где не удалось получить целые образцы керна, можно более детально изучить на имиджах;
- результаты количественной оценки трещиноватости (положение трещин в пространстве, плотность, раскрытость, пористость), количественной оценки вторичной пористости, определения истинной эффективной толщины в условиях тонкослоистого разреза в сложно построенных коллекторах;
- результаты фациального анализа;
- геометрию ствола скважины.

Таким образом, учитывая вышеизложенное, рекомендуется применение скважинных микроимджеров в орогенных нефтегазоносных регионах (например, Ферганский, Сурхандарьинский, Юго-Западный и Гиссарский регионы, расположенные в Республике Узбекистан), тектонически активных территориях Устюрта (возле региональных, зональных разломов), а также по части фундамента всего Узбекистана вместе со стандартным комплексом ГИС.

#### Литература

1. Маглеванная П.С. Использование скважинных микроимджеров для решения геологических задач // Научный журнал Российского газового общества. 2017. № 3. С. 57-60.
2. Стрельченко В.В. Геофизические исследования скважин. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008. 551 с.
3. Каршиев О.А. Перспективы дальнейшего наращивания запасов углеводородов и рекомендации по дальнейшему направлению геологоразведочных работ в юго-восточной части Бухаро-Хивинского региона // Актуальные проблемы нефтегазовой геологии и инновационные методы и технологии освоения углеводородного потенциала недр. Материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Ташкент, 10-11 окт. 2019 г. Ташкент: 2019. С. 64-66.
4. Специальные геофизические методы. <http://youtu.be/948aXX50UaQ>.

## НОВАЯ СХЕМА ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФЕРГАНСКОЙ МЕЖГОРНОЙ ВПАДИНЫ

Мирзаахмедов М.М., Шеров М.Р., Бегматов Б.Б., Давиров А.О.

*mtm6886@mail.ru*

АО «ИГИРНИГМ», г. Ташкент, Республика Узбекистан

*Аннотация. В статье изучено тектоническое районирование северной части Ферганского региона, в пределе Наманган-Тергачинского блока по данным сейсмических материалов при сотрудничестве АО «ИГИРНИГМ», АО «Узбекгеофизика» и компании Парадайм. Основным критерием явилась глубина залегания продуктивных горизонтов мезокайнозойских отложений. В основу их выделения легли сходные геологические условия локальных ловушек. Ферганская межгорная впадина, образовавшаяся в результате контрастных неотектонических движений земной коры, генетически связана с развитием Тянь-Шаньской орогенной системы, пережившей три этапа геотектонических движений – геосинклинальный (палеозой-триас), платформенный (юра-палеоген) и орогенный.*

*Ключевые слова: тектоника, ороген, локальное поднятие, структура, сейсморазведка, впадина, тектогене*

Ферганская межгорная впадина в тектоническом плане – это крупнейшая отрицательная структура, заключенная между хребтами Среднего и Южного Тянь-Шаня. Она возникла в палеозойскую эру, однако основные черты ее были сформированы в мезозой-кайнозойский этап развития. Современный структурный план впадины – это суммарный результат тектонического развития от конца герцинского тектогенеза до настоящего времени.

Тектоническое строение осадочного чехла Ферганской межгорной впадины рассмотрено в большом числе работ, поэтому имеется более 24 схем ее тектонического районирования, основанных на различных принципах.

Изучением тектонического строения впадины занимались многие исследователи, разработавшие ряд схем по районированию территории, основанных на фиксистских представлениях о ее строении и развитии (В.И. Попов, Н.П. Васильковский, С.С. Шульц, С.Н. Симаков, М.С. Сайдалиева, Б.Б. Таль-Вирский и др.). Эти схемы, несомненно, сыграли положительную роль в проведении геологоразведочных работ на нефть и газ в исследуемом регионе. По мнению многих геологов-нефтяников (О.А. Рыжков, А.Г. Бабаев, Ю.Г. Педдер и др.) территория Ферганы по своему тектоническому развитию относится к эпиплатформенному орогену.

В соответствии с концепцией нефтяной плитотектоники в 1992 г. была разработана схема геотектонического районирования, на основе которой в Ферганской впадине выделено восемь структурно-тектонических элементов (зоны второго порядка), разделенных региональными и локальными нарушениями [1].

В дальнейшем детальное изучение геолого-геофизических материалов по площадям, расположенным в пределах тектонических элементов, позволило по ряду признаков сгруппировать антиклинальные складки в зоны локальных поднятий – элементы третьего порядка [1].

В разрезе Ферганской межгорной впадины выделяются два структурно-тектонических этажа. Нижний этаж сложен палеозойскими образованиями, сильно метаморфизованными, слитыми в сложную систему складок, и нарушен как тектоническими, так и магматическими процессами.



**Южный переходный пояс** занимает южную периферическую часть Центральной мегасинклинали и протягивается вдоль Южной ступени. Его протяженность составляет около 220 км, ширина изменяется от 1,5 до 4,5 км. С юга переходный пояс ограничен тектоническим нарушением субширотного простирания с амплитудой от 800–900 м на западе до 200 м на востоке. В его пределах наблюдается увеличение глубин залегания палеогеновых отложений с юга на север (от 4100 до 4700 м в западной части и от 2500 до 4900 м на востоке) и с запада на восток к его центру. Здесь выделяются 18 антиклинальных складок, которые характеризуются протяженными северными крыльями и короткими южными, осложненными тектоническими нарушениями.

**Западно-Окраинная ступень** ограничена с севера Северным надвиговым поясом, на востоке отделяется продольным разломом от Центральной мегасинклинали, на юге она плавно переходит в зону распространения неогеновых отложений. На западе границу проводят по палеозойскому массиву Моголтау, погружающемуся под неогеновые отложения в зоне Ходжентских ворот. Выделение этого элемента в составе впадины обусловлено высокоподнятым положением фундамента по сравнению с Центральной мегасинклиной. В ее пределах установлены три складки, размеры которых составляют  $(8-10) \times (2-3)$  км. Амплитуда достигает 200 м.

**Центрально-Ферганская мегасинклиналь** – наиболее глубокопогруженная часть впадины. Она простирается с юго-запада на северо-восток и имеет длину более 300 км при максимальной ширине 50–70 км. С юга и севера мегасинклиналь ограничена разрывными нарушениями, которые соответственно являются южными и северными границами описанных тектонических элементов. На западе по продольному нарушению мегасинклиналь граничит с Окраинной ступенью, на востоке – Майлису-Карагундайским поднятием. Западное окончание характеризуется абсолютными отметками по поверхности палеогена  $-(3.2 - 4.0)$  км, а восточное  $-4.5$  км. Глубины залегания рассматриваемого комплекса в центральной части достигают  $-6.8$  км. Выявленные геофизическими работами локальные складки характеризуются значительными размерами (от  $5.0 \times 2.0$  до  $27.0 \times 6.0$  км). Установленные и прогнозируемые складки представляют значительный интерес для поисков скоплений углеводородов, тем более, что перспективы нефтегазоносности глубокопогруженной части Ферганской впадины доказаны на ряде площадей (Мингбулак, Махрам, Ниязбек-Северный Каракчикум и др.), залежи углеводородов обнаружены в неогеновых, палеогеновых и меловых отложениях.

**Ходжентская ступень** расположена в предгорной полосе Кураминского хребта и простирается с запада на восток на расстояние 110 км (ширина 7-14 км). Северная и южная границы проходят по серии разрывных нарушений, которые выявлены сейсморазведкой, и отделяют ступень от Центральной мегасинклинали и зоны северо-ферганских дислокаций. Что представляет собой систему надвигов с амплитудой вертикального перемещения по отложениям палеогена до 4–5 км (зона Северного надвигового пояса). На западе южная граница ступени непосредственно смыкается (в районе Дигмай) с границей зоны Северного надвигового пояса, а на востоке она четко проводится по Супетаускому разлому. Ступень представляет собой наклоненную на север структурную форму, осложненную цепочкой линейно вытянутых антиклинальных складок различных размеров (от  $8.0 \times 2.0$  до  $12.0 \times 3.0$  км). В пределах ступени широко развиты неогеновые и четвертичные отложения. Неогеновые образования представлены соленосно-гипсоносными отложениями, которые образуют морфологически выраженные на поверхности складки. Абсолютные отметки поверхности палеогеновых отложений изменяются от 3.2- 4.0 км на западе до 4.0 - 4.8 км на востоке. В центральной части ступени в районе рухак-акбельских диапировых структур глубина залегания по данным метода общей глубинной точки (МОГТ) достигает 4.6-5.2 км. Синклинали, расположенные между рядами складок, имеют глубину 5.8-6.2 км. Продуктивность палеогена на площадях, расположенных в пределах ступени, по существу остается неясной, так как из 11 пробуренных скважин лишь две (площадь Дигмай) вскрыли проектный горизонт – палеогеновые отложения.

**Северный надвиговый пояс** расположен на крайнем севере Ферганской впадины и простирается с юга-запада на северо-восток на расстояние более 200 км. Ширина изменяется от 2 до 14 км. С севера он ограничен Северо-Ферганским глубинным разломом, который отделяет Ферганскую впадину от Кураминского хребта. Южная граница проводится по серии разрывных нарушений, проходящих по северным крыльям складок, входящих в Ходжентскую ступень, а на востоке – по северному обрамлению Майлису-Карагундайского поднятия. На северо-востоке она замкнута поднятием Баубашатинского горного узла, а на северо-западе проходит в непосредственной близости от палеозойского массива Моголтау и сливается с Западно-Окраинной ступенью.

**Алдыяр-Сугандинское поднятие** локализовано в юго-восточной части Ферганской впадины. Для данного элемента характерно развитие минимальной мощности верхнего палеогена, обусловленного характером тектонических движений послесреднеэоценового времени. На общем фоне замедленного прогибания в олигоцене и миоцене происходило структурное расчленение территории на отдельные выступы палеозойского фундамента (Карачатырский, Алдыярский, Сюрентюбинский) и расположенные между ними прогибы (Узгенский, Куршабский, Наукатский и др.). В общем региональном плане территория занимает гипсометрически приподнятое положение по отношению к собственно Ферганской впадине, обусловленное характером новейших движений. В связи с этим рассматриваемый элемент целесообразно выделить в качестве Алдыяр-Сугандинского поднятия.

**Майлису-Карагундайское поднятие** расположено в северо-восточной части Ферганской впадины. Геолого-геофизические данные свидетельствуют, что глубинное строение рассматриваемой территории определяется развитием здесь двух выступов: Майлисуйского на востоке и Карагундайского на западе. Эти выступы характеризуются развитием в их ядрах палеозойских отложений, перекрытых на погружениях мезозой-кайнозойскими образованиями. С севера зона ограничивается тектоническими нарушениями и отделяется по ним от Северного Надвигового пояса. Контакт палеозоя с мезозоем в выступах, местами тектонический, характеризуется надвиганием и перекрытием более молодых образований. Однако, на большей части отмечено трансгрессивное залегание юрских отложений на палеозое.

До 2018 года существовала тектоническая схема северо-восточной части Ферганской межгорной впадины, под названием Майлису-Карагундайское поднятие.

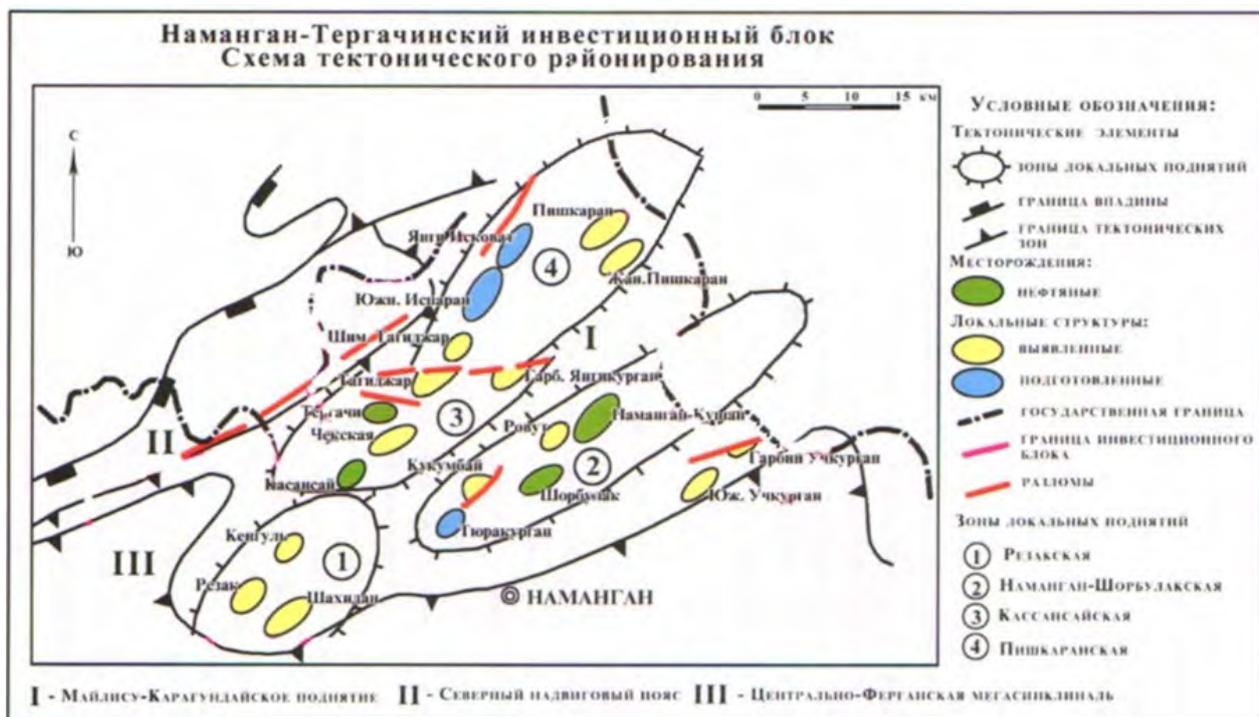


Рисунок 2 – Схема тектонического районирования Майли-Су-Карагундайского поднятия



9. Избаскентское локальное поднятие;

10. Майли-Суское локальное поднятие.

Касансайское локальное поднятие расположено северо-западной части Касансай-Майлисуйского поднятия, он включает в себе 10 структур (Кенгуль, Касансай, Жанубий Касансай, Ахсикент, Шохидон, Ризак, Туракурган, Яртепе, Акташ).

Эти локальные структуры намного отличаются от ранее построенных карт Ферганской ГЭ (авторы А.Х. Урманов и др. 2007г.) и компании (Парадайм, 2013 г.). Заключение были основаны на данных бурения скважин с использованием новых сейсмических материалов МОГТ-2D и МОГТ-3D за 2006-2018 года.

В основу выделения локальных поднятий легли сходные геологические условия локальных ловушек и совокупность нескольких объединяющих их признаков:

- Приуроченность зон локальных поднятий к отдельным тектоническим линиям, тяготеющим к дизъюнктивным нарушениям этого направления.
- Линейно вытянутая направленность структур в широтном направлении.
- Состав, глубина залегания нефтегазоносных комплексов.
- Относительные размеры, амплитуда складок и связь их с единым разрывным нарушением.
- Темп развития в отдельные этапы геологической истории.
- Характер соотношения структурных планов по различным комплексам отложений.
- Интервал проявления и выраженность ловушки (сквозные, погребенные).
- Степень удлинения и нарушенность ловушки.

Применение данной новой тектонической схемы позволит более точно прогнозировать объемы геологоразведочных работ.

### **Литература**

1. Абидов А.А. Объяснительная записка по карте тектонического районирования нефтегазоносных регионов Узбекистана / АО «ИГИРНИГМ». Ташкент. 1999.
2. Нурматов М.Р. Оценка перспективности нефти и газа неогеновых, палеогеновых и по возможности меловых отложений в пределах Наманган-Тергачинской зоны Северной части Ферганского региона в свете новых данных сейсморазведки. Ташкент. 2020.
3. Персидская Л.А. Отчет о выполнении интерпретации сейсмических профилей 2Д прошлых лет в пределах Наманган-Тергачинского и Чуст-Папского блоков территории республики Узбекистан. М.: ООО «Парадайм Геофизикал». 2010.

## НОВАЯ КАРТА ОБЛАСТЕЙ ОЖИДАЕМОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ УЗБЕКИСТАНА

Мирзаев М.А., Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л.  
*murod1984@mail.ru*

Институт сейсмологии АН РУз, г. Ташкент, Республика Узбекистан

*Аннотация. Излагается подход к оценке текущей сейсмологической обстановки на территории Узбекистана, основанный на закономерностях протекания сейсмического процесса в очаговых областях сильных землетрясений и особенностях проявления совокупности сильных землетрясений в пределах сейсмоактивных зон. Проведен анализ предшествующих карт долгосрочного прогноза сильных землетрясений на территории Узбекистана, построенных в 2015 и в 2017 гг. Сопоставление эпицентров произошедших сильных землетрясений с прогнозируемыми местами ожидаемой сейсмической активизации показало высокую эффективность прогнозных карт. На основе сейсмологических данных, полученных за последние годы, составлена новая карта областей ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы. Разработанная карта предназначена для проведения антисейсмических мероприятий на территории Узбекистана.*

*Ключевые слова: долгосрочный прогноз землетрясений, параметры сейсмического режима, сейсмическая активизация, сейсмическое затишье, сейсмическая брешь*

Выявление областей, в которых в ближайшие несколько лет с высокой степенью вероятности могут произойти сильные (с  $M \geq 5.0$ ) землетрясения, актуально для планирования директивными органами и службами МЧС антисейсмических мероприятий по уменьшению последствий природных катастроф. Регулярное построение карт долгосрочного прогноза землетрясений по комплексу прогностических параметров сейсмического режима практикуется для территории Узбекистана, начиная с 2015 года [1], когда была разработана и внедрена в МЧС РУз первая «Карта областей ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы» (рис. 1).

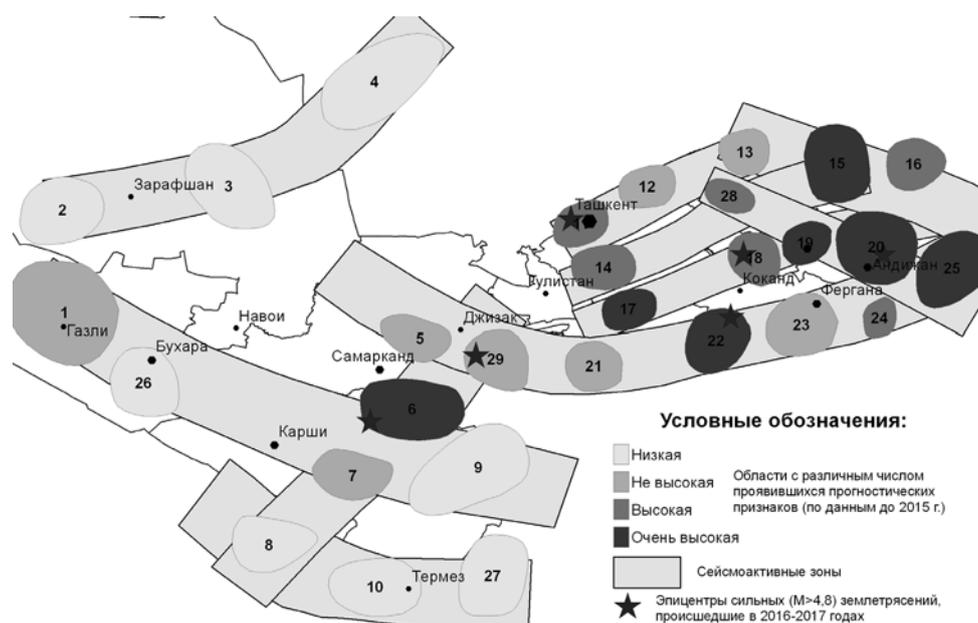


Рисунок 1 – Карта областей ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы по комплексу прогностических параметров сейсмического режима, построенная в 2015 году и переданная МЧС РУз

Практически все сильные (с  $M \geq 5.0$ ) землетрясения, произошедшие на территории Узбекистана и в сопредельных с ним областях в 2016-2017 гг., попали в выделенные на данной карте области долгосрочного прогноза, в которых вероятность их возникновения оценивалась как «высокая» и «очень высокая».

С учетом меняющейся геодинамической обстановки в регионе в начале 2018 г. была разработана и внедрена в МЧС Республики Узбекистан следующая по времени карта областей ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы (рис. 2). Эта карта была построена по сейсмологическим данным, оканчивающимся декабрем 2017 г. На этом же рисунке показаны эпицентры сильных землетрясений, которые произошли в период с 01.01.2018 г. по 31.03.2020 г. Значительная часть этих землетрясений реализовалась в областях, где по данным долгосрочного прогноза вероятность их возникновения была «высокой» и «очень высокой». Два землетрясения с магнитудой  $M \geq 4.8$  попали в Газлийскую очаговую зону, где по карте долгосрочного прогноза вероятность их возникновения оценивалась как «не высокая». По-видимому, для Газлийской очаговой зоны, где в 1976 и 1984 гг. реализовались три землетрясения с магнитудой  $M \geq 7.0$  и до сих пор достаточно часто происходят землетрясения с магнитудой  $M \geq 4.8$ , уровень прогнозируемых сейсмических событий следует несколько повысить. Анализируя результаты долгосрочного прогноза в режиме реального времени за истекшие пять лет в целом, можно отметить их достаточно высокую эффективность.

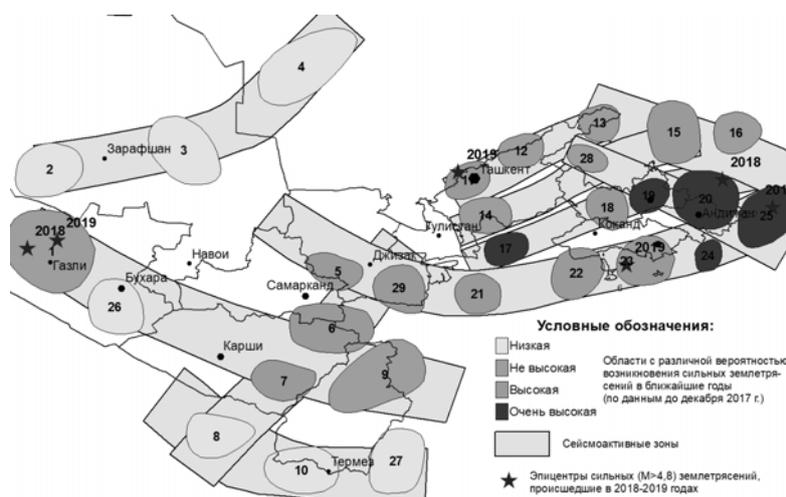


Рисунок 2 – Карта областей ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы по комплексу прогностических параметров сейсмического режима, построенная в 2018

В статье рассмотрим этапы построения карты областей ожидаемой сейсмической активизации на территории Узбекистана, которая составлена в рамках разрабатываемого методологического подхода с учетом сейсмологических данных последних лет.

Проявления сейсмичности на территории Узбекистана неразрывно связаны с сейсмической активностью всего Центрально-Азиатского региона. Подавляющее большинство сильных землетрясений происходит в достаточно узких протяженных зонах, направление которых совпадает с простираем крупных глубинных разломов, разграничивающих блоки земной коры. В пределах Центрально-Азиатского региона выделяется несколько высокопотенциальных сейсмоактивных зон, где достаточно часто происходят землетрясения с магнитудой  $M \geq 7.0$  (рис. 3). Это зоны глубокофокусных землетрясений Гиндукуша (I), зона Памира (II), Таласо-Ферганская сейсмоактивная зона (III), Северо-Тянь-Шаньская (IV) и Южно-Тянь-Шаньская (V) сейсмоактивные зоны, сейсмоактивный район Копетдаг (VI).

Несколько крупных сейсмоактивных зон, способных генерировать сильные землетрясения, расположены непосредственно на территории Узбекистана. Они выделены на основе сейсмологических и сеймотектонических данных [2,3]. Это девять сейсмоактивных

зон (рис. 3 врезка), связанных с крупными тектоническими структурами: Ташкентская (1), Южно-Ферганская (2), Восточно-Ферганская (3), Нурекатино-Ангренская (4), Северо-Ферганская (5), Южно-Узбекистанская (6), Амударьинская (7), Газли-Каратагский фрагмент Южно-Тянь-Шаньской сейсмоактивной зоны (8) и Северо-Тамдынская зона (9). Данные сейсмоактивные зоны территории Узбекистана расположены восточнее 63° долготы.

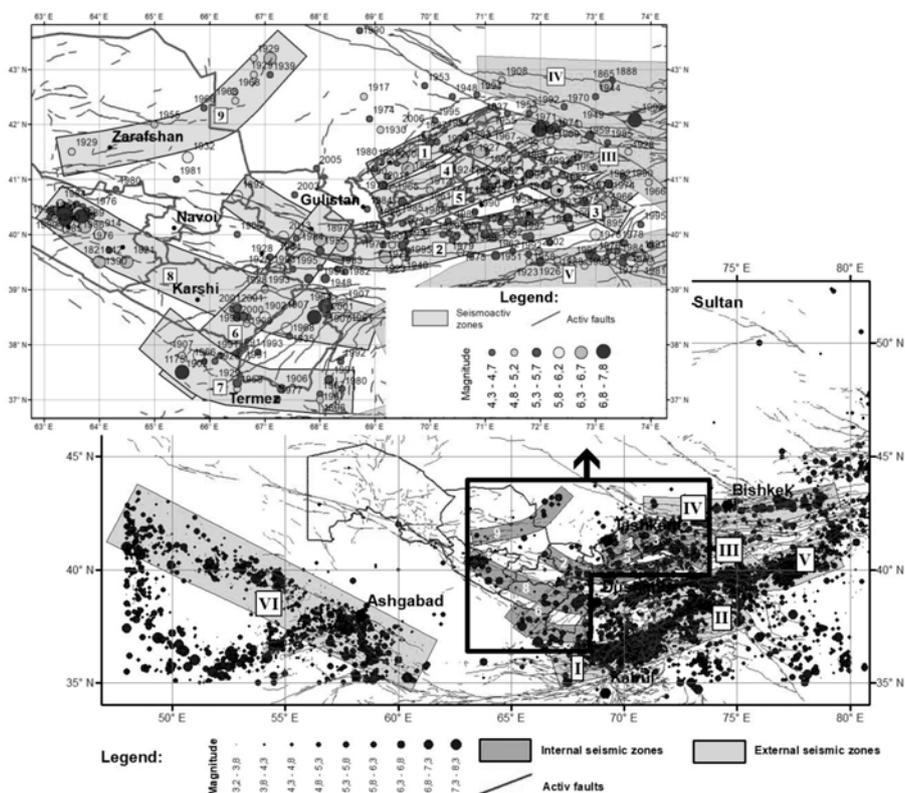


Рисунок 3 – Карты эпицентров землетрясений территории Центральной Азии и Узбекистана (врезка) с исторического периода времени по 2017

К западу от этого меридиана (район Приаралья) территория считается практически асейсмичной, хотя по историческим данным здесь также происходили сильные землетрясения, наиболее известным из которых является разрушительное землетрясение в районе города Ургенча с магнитудой  $M = 6.1$ . Оно датируется 1208-м годом.

Прогноз мест ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы базируется на закономерностях протекания сейсмического процесса в очаговых областях сильных землетрясений и особенностях проявления совокупности сильных землетрясений в пределах сейсмоактивных зон.

На первом этапе в пределах сейсмоактивных зон выделяются такие пространственные области, в которых сейсмическая активность на уровне сильных землетрясений, начиная с исторического периода времени, была весьма высокой. Это области интенсивного дробления земной коры, и они определяют, пользуясь терминологией Ю.В. Ризниченко [4], современный сейсмический «климат» исследуемой территории. В связи с малой изменчивостью в течение десятков и сотен лет направленности протекания сеймотектонических процессов, определяющих современное напряженное состояние сейсмоактивных зон, с большей вероятностью именно эти области проявят себя высокой сейсмической активностью и в ближайшие десятилетия.

На втором этапе по выявленным за последние годы аномальным изменениям в параметрах сейсмического режима выделенные ранее области долгосрочного прогноза ранжируются по вероятности ожидания в них сильных землетрясений в течение 5-6 ближайших лет. Тем самым определяется, пользуясь той же терминологией [4], сейсмическая «погода».

Остановимся подробнее на описании каждого этапа.

Анализ пространственного положения эпицентров сильных ( $M \geq 4.7$ ,  $K \geq 12.6$ ) землетрясений, произошедших на территории Узбекистана начиная с исторического периода времени (рис. 4), показал, что они располагаются не равномерно по сейсмоактивной зоне, а концентрируются в виде групп в областях с линейными размерами 50-80 км. Эти скопления показаны на карте эпицентров эллипсами различных размеров.

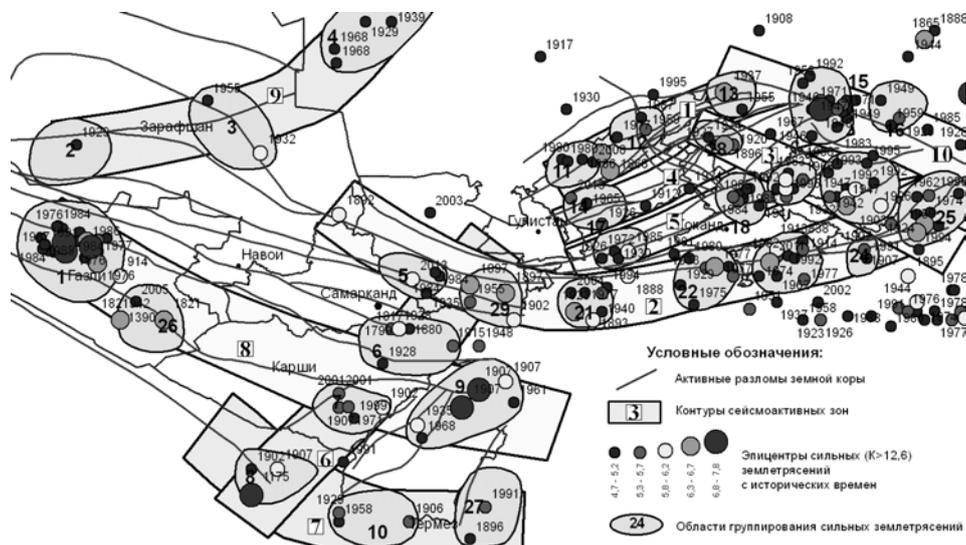


Рисунок 4 – Сейсмоактивные зоны территории Узбекистана и эпицентры сильных ( $M \geq 4.7$ ,  $K \geq 12.6$ ) землетрясений с исторических времен

Такое сосредоточение сильных землетрясений в компактных областях имеет реальную физическую природу. Места остановки разрывов от произошедших землетрясений являются дополнительными концентраторами напряжений. Поэтому последующим подвижкам, по мере роста тектонических напряжений в пределах сейсмоактивной зоны, проще всего реализоваться именно в этих областях. Эти соображения, безусловно, переключаются с концепцией «сейсмической брешии» [5,6], но линейные размеры выделяемых областей существенно меньше, чем это предусмотрено в рамках упомянутой концепции. Тектонофизическое объяснение деления разломов земной коры на сегменты, характеризующиеся различной потенциальной сейсмической опасностью, предлагается в рамках теории катакластического анализа разрывных смещений [7,8], где отмечается, что сильные землетрясения, как правило, происходят в областях с невысокими значениями эффективного всестороннего давления и максимальных касательных напряжений. Такие области характеризуются пониженными значениями сил трения на разрывах, что создает благоприятные условия для крупномасштабного разрушения.

Сопоставляя карты эпицентров, построенные за различные временные интервалы (до 1900 г. и начиная с инструментального периода), можно отметить, что выделенные области с высокой концентрацией сильных землетрясений достаточно устойчиво сохраняют свою конфигурацию. В связи с малой изменчивостью в течение десятков и сотен лет направленности протекания сеймотектонических процессов, определяющих современное напряженное состояние сейсмоактивных структур, эти участки интенсивного дробления земной коры рассматриваются как наиболее вероятные области ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие десятилетия.

Дальнейшее исследование текущей сейсмологической обстановки в пределах сейсмоактивных зон проводилось на основе анализа комплекса прогностических параметров сейсмического режима, характеризующих кинетику процесса трещинообразования очаговой области по мере приближения к моменту магистрального разрыва [9-10]. С этой целью были рассчитаны средние долговременные значения параметров сейсмического режима и их флуктуации, отмеченные за последние годы в каждой точке сейсмоактивной зоны, и

выявлены области, в которых на текущий момент времени отмечаются аномалии. При этом особое внимание отводилось тем 29 областям сейсмоактивных зон, в которых за исторический период времени происходили сильные землетрясения. В качестве прогностических рассматривались следующие параметры сейсмического режима:

- длительность сейсмической паузы в проявлении землетрясений с магнитудой  $M \geq 4.8$  в пределах каждой сейсмоактивной зоны и различных ее сегментов по отношению к среднему периоду повторяемости землетрясений такой величины, рассчитанному по графику повторяемости землетрясений;

- закономерности в пространственно-временном распределении последовательных сильных землетрясений, происходящих в пределах единой сейсмоактивной зоны. На основе анализа представительных сейсмических событий с  $M \geq 4.8$  (более 200 начиная с 1900 г.) в [11] установлены наиболее вероятные пространственно-временные интервалы возникновения последующего сильного землетрясения относительно предыдущего;

- суммарное количество землетрясений, происходящих в каждой точке сейсмоактивной зоны в единицу времени на предмет выявления областей сейсмической активизации и сейсмического затишья, а также нахождения областей, где на текущий момент времени наблюдаются эффекты так называемой «кольцевой активности»;

- временные изменения угла наклона графика повторяемости землетрясений  $\gamma$  в распределении сейсмических событий по энергетическим классам (закон Гутенберга-Рихтера), который называется сейсмической дробностью среды;

- совместное поведение сейсмической активности и сейсмической дробности;

- параметры, характеризующие степень сгруппированности сейсмических событий во времени и в пространстве [12];

- энергетические характеристики сейсмического режима, которые описываются функцией логарифма выделенной сейсмической энергии, графиками Бенъоффа, площадью образующихся в процессе сейсмической деформации разрывов, пропорциональных выделенной энергии с показателем степени  $2/3$ .

Для различных прогностических параметров сейсмического режима рассматривались размеры круговых областей, в которых они рассчитывались, а также пороговые значения параметров, выход за которые интерпретировался как проявление аномалии. Все они выбирались на базе ретроспективного анализа динамики сейсмического процесса в областях подготовки уже произошедших сильных землетрясений, с целью чего были проанализированы временные изменения параметров сейсмического режима в очаговых зонах для  $>40$  землетрясений. Для примера, ниже показаны проявления предвестников «активизация сейсмичности» (параметр  $N_{\Sigma}$ ) и «аномалии сейсмической дробности» (параметр  $\gamma$ ), наблюдавшиеся перед некоторыми сильными землетрясениями на территории Узбекистана (рис. 5). А также показаны области, в которых на 01.01.2020 г. наблюдаются аномалии по параметру  $N_{\Sigma}$  (рис. 6) Поскольку, как отмечалось выше, подобные аномалии неоднократно предшествовали сильным землетрясениям, то они имеют определенную прогностическую ценность.

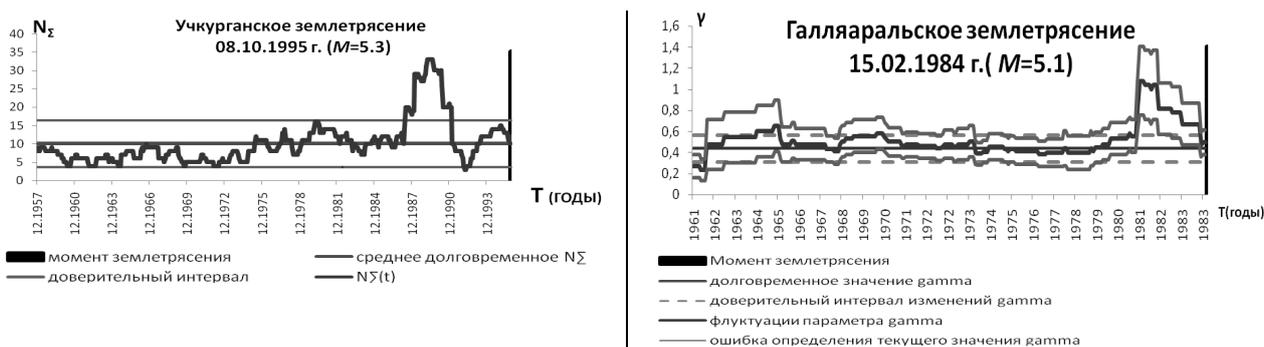


Рисунок 5 – Примеры проявления предвестника «активизация сейсмичности» и «аномалии сейсмической дробности» перед некоторыми землетрясениями на территории Узбекистана

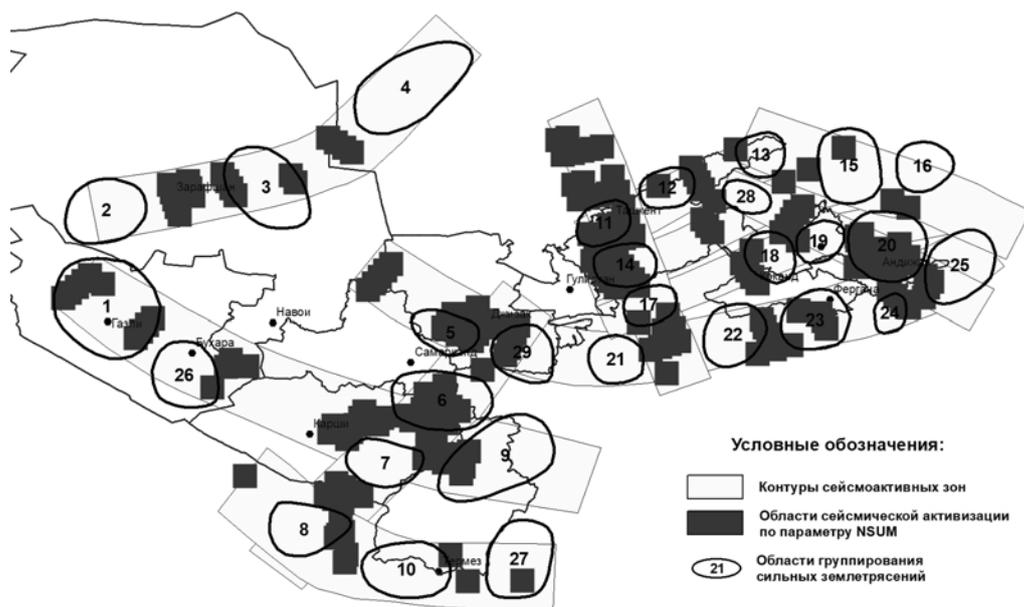


Рисунок 6 – Области сейсмической активизации по параметру  $N_{\Sigma}$  на 01.01.2020 г.

На основе анализа комплекса прогностических признаков была построена карта областей ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы (рис. 7). По числу проявившихся аномальных признаков были введены четыре градации для характеристики степени сейсмической опасности каждой очаговой зоны на текущий момент времени:

- низкая вероятность возникновения землетрясений в ближайшие годы: 0-3 проявившихся прогностических признака (самые светлые области 4, 8, 27, рис. 7);
- невысокая вероятность возникновения землетрясений: 4-5 проявившихся прогностических признаков (серые области на рис. 7);
- высокая вероятность возникновения землетрясений: 6-7 проявившихся прогностических признаков (области 5-7, 11, 15, 18, 21-23, 29, рис. 7);
- очень высокая вероятность возникновения землетрясений: 8-11 проявившихся прогностических признаков (темно-серые области 17, 19, 20, 24, 25, рис. 7).

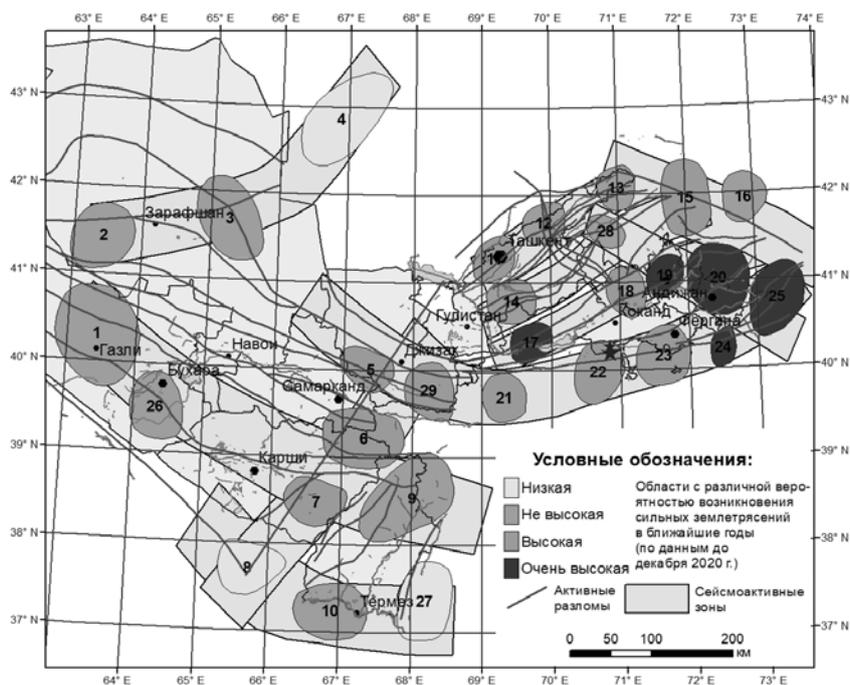


Рисунок 7 – Новая карта областей ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы по комплексу прогностических параметров сейсмического режима

На сегодняшний момент времени на территории Узбекистана выделено 5 областей с очень высокой вероятностью возникновения сильного землетрясения и 10 областей с высокой вероятностью возникновения сильного землетрясения. Десять из этих областей располагается в Восточном Узбекистане и четыре в Центральном Узбекистане. Анализ параметров сейсмического режима показал, что практически все области концентрации сильных землетрясений с исторических времен, расположенные в пределах Южно-Ферганской и Северо-Ферганской сейсмоактивных зон на сегодняшний момент времени характеризуются высокой и очень высокой вероятностью в них сильных землетрясений в ближайшие годы. Очень высокой вероятностью возникновения сильных землетрясений характеризуются также несколько областей, расположенных в южной части Восточно-Ферганской сейсмоактивной зоны.

### Литература

1. Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A. Identification of expected seismic activity areas by forecasting complex seismic-mode parameters in Uzbekistan // *Geodesy and Geodynamics*. 2018. V. 9. Iss. 2. P. 121-130.
2. Ибрагимов Р.Н., Нурматов У.О., Ибрагимов О.Р. Сеймотектонический метод оценки сейсмической опасности и вопросы сейсмического районирования // *Сейсмическое районирование и прогноз землетрясений в Узбекистане*. Ташкент: Гидроингео. 2002. С. 59–74.
3. Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A., Artikov M.T. Revealing of seismic activation interrelationships in various seismoactive zones // *Geodesy and Geodynamics*. 2015. V. 5. No. 6. P. 351-360.
4. Ризниченко Ю.В. Проблемы сейсмологии. Избранные труды. М.: Наука. 1985. 408 с.
5. Моги К. Предсказание землетрясений. М.: Наука. 1988. 382 с.
6. Федотов С.А. О сейсмическом цикле, возможности количественного сейсмического районирования и долгосрочном сейсмическом прогнозе // *Сейсмическое районирование СССР*. М.: Наука. 1968. С. 121-150.
7. Rebetsky Y.L., Tatevossian R.E. Rupture propagation in strong earthquake sources and tectonic stress field // *Bulletin de la Societe Geologique de France*. 2013. V. 184. № 4-5. P. 335-346.
8. Rebetsky Yu.L., Kuzikov S.I., 2016. Active faults of the northern Tien Shan: tectonophysical zoning of seismic risk. *Russian Geology and Geophysics*. 57 (6), 967–983. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2016.05.004>.
9. Соболев Г.А., Пономарев А.В. Физика землетрясений и предвестники. М.: Наука. 2003. 270 с.
10. Завьялов А.Д. Среднесрочный прогноз землетрясений: основы, методика, реализация. М.: Наука. 2006. 254 с.
11. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л., Мирзаев М.А. Закономерности проявления последовательных сильных землетрясений в пределах сейсмоактивных зон Узбекистана // *Доклады АН РУз*. 2015. № 3. С. 38–40.
12. Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A., Artikov M.T. Compositional change of seismic event sequences in focal zones during preparation of strong earthquakes // *Geodesy and Geodynamics*. 2014. V. 5. No. 2. P. 1-8.

## ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ И КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД ЮРСКОЙ ТЕРРИГЕННОЙ ФОРМАЦИИ БУХАРО–ХИВИНСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ КУЛЬБЕШКАКСКОГО ПОДНЯТИЯ)

Музаффарова Ш.М., Евсеева Г.Б.

*igirnigm@ing.ru*

АО «ИГИРНИГМ», г. Ташкент, Республика Узбекистан

*Аннотация. В статье приводится анализ фациальных особенностей разрезов терригенной формации юры и различных генетических типов пород на территории Кульбешкакского поднятия Бухаро–Хивинского нефтегазоносного региона, что позволяет установить определенные закономерности изменения значений пористости и проницаемости коллекторов в зависимости от условий осадконакопления. Установлено, что породы–коллекторы сложены песчано-алевролитовыми, реже грубообломочными образованиями руслового, руслово-дельтового, волноприбойного генезиса, характеризующимися неоднородностью состава, структуры и текстуры с межгранулярной пористостью. Трециноватые глинисто-алевролитовые образования накапливаются в пойменных и озерно-болотных условиях, где проницаемость обусловлена трециноватостью.*

*Ключевые слова: Кульбешкакское поднятие, терригенная формация, пористость, проницаемость, породы-коллекторы, юра.*

**Введение.** На территории Кульбешкакского поднятия (рис.1), как и в целом в пределах Бухаро-Хивинского нефтегазоносного региона (БХНГР) с высоким нефтегазовым потенциалом обладают отложения терригенной формации (ТФ) нижней – средней юры. В свете этого проведено уточнение закономерностей размещения различных генетических типов пород, как коллекторов, так и покрышек, приуроченных к терригенным разнофациальным толщам, а также определение их емкостных свойств. Вопросы тектоники, стратиграфии и литолого-фациальных особенностей, а также обоснование их нефтегазоносности приводятся в работах Абдуллаева Г.С., Алексеева В.П., Алимова К.А., Арнаутова А.Н., Бабаева А.Г., Габрильян Р.А., Иминова Я.Х., Миркамалова Х.Х., Нугманова А.Х., Троицкого В.И., Саямовой С.К., Симоненко Е.И., Хачиевой Л.С., Эгамбердыева М.Э. и мн. др. Необходимо отметить, что основным источником информации о строении вскрытого разреза является детальное изучение вещественного состава пород по керновым материалам. Это, в отличие от других, является прямым методом определения характеристик пород-коллекторов, позволяющим получить необходимую информацию с высокой степенью достоверности. Основными параметрами для оценки пород-коллекторов нефти и газа, как известно, является проницаемость, полезная емкость, средневзвешенный диаметр зерен, содержание глинистой фракции и др. Значения этих параметров для коллекторов нефтегазовых областей Узбекистана детально описаны в работах многих исследователей и систематизированы в монографиях З.С. Ибрагимова (1960,1971), С.П. Корсакова (1965), А.М. Акрамходжаева, З.С. Ибрагимова и др. (1972,1973), А.А. Ханина (1973) и др.



рассматриваемой территории наблюдается сокращенный тип разреза, где выпадают отложения нижней юры. Разрез гурудской свиты сложен, главным образом, терригенными породами континентального генезиса, среди которых в нижней и средней частях разреза местами прослеживаются линзы и пласты каменного угля, а в верхней части разрозненные пласты известняков. Отложения дегибадамской свиты характеризуются фаціальным разнообразием, что связано с периодической сменой прибрежно-морских условий континентальными. Во время формирования тангидувальской свиты осадконакопление протекало в условиях перехода гумидного климата к ариднему и на некоторых участках формировались карбонатные отложения, при стабильном гидродинамическом режиме. В позднеблат - раннекелловейское время, во время накопления байсунской свиты, отмечается стабилизация тектонического режима палеобассейна и осадконакопление проходило в прибрежно-морских условиях, а наличие растительных остатков свидетельствует о близости береговой зоны.

В фаціальном отношении эта последовательность выражена закономерной сменой отложений водораздельно-элювиального, склонового-долинно-верного, линейно-долинного, подгорно-верного, равнинно-долинного и более удаленных фаціальных поясов [5]. Однако необходимо иметь в виду, что реальная картина взаимоотношения перечисленных фаціальных ландшафтов, а, следовательно, и строение конкретных формаций оказывается более сложными.

Изучение и оценка закономерностей развития пород - коллекторов невозможны без познания ряда петрографических особенностей, с которыми они тесно связаны: минералогический состав, форма поверхности, размеры и взаимное расположение обломочного материала, характер цемента и др. В связи с тем, что эти петрографические особенности песчано-алевролитовых пород-коллекторов отложений весьма сильно отличаются как по латерали, так и по вертикали, то и значения физических параметров (пористость, проницаемость, плотность, остаточная водонасыщенность и др.) очень изменчивы.

В частности, гранулометрический состав песчано-алевролитовых осадков, накопившихся в морских условиях, характеризуется большей отсортированностью зерен терригенных частиц, они часто окатаны и полуокатаны (рис.2).

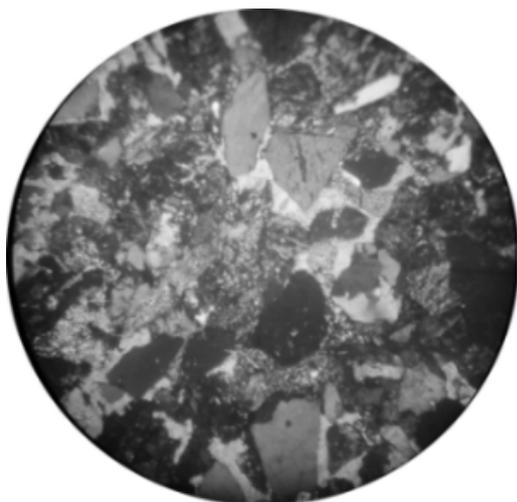


Рисунок 2 – Песчаник мелко-средне-зернистый, п/ш-кварцевый, с обломками глинистых, кремнисто-глинистых пород, кварцитов. Цемент карбонатный, реже глинистый. Порода пористая. Месторождение Сюзьма, скв. 2П

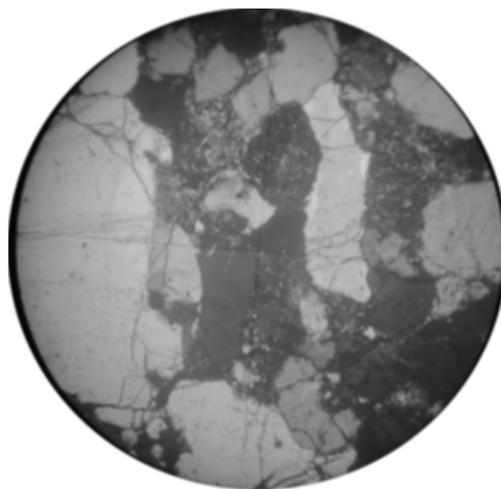


Рисунок 3 – Песчаник разномзернистый, п/ш-кварцевый, с обломками глинистых и кремнисто-глинистых пород. Цемент глинистый, иногда обломки кремнисто-глинистых пород играют роль цемента. Порода слабо пористая, поры первичные. Юж.Кульбешкак, скв. 1

В отличие от морских, песчано-алевролитовые образования, формировавшиеся в континентальных условиях, характеризуются, в основном, плохой отсортированностью, зерна терригенных частиц нередко плохо окатаны и имеют различные формы (рис.3). По форме зерен в песчано-алевролитовых образованиях на территории Кульбешкакского поднятия выделяются окатанные, полуокатанные и угловатые разности. Причем первые две из них характерны для коллекторов кварцевого и полевошпатово-кварцевого состава, а угловатые – для полимиктовых песчаников (песков) и алевролитов (алевритов).

Отложения гурудской свиты представлены ритмичным чередованием разнозернистых песчаников, алевролитов и глин, реже углей, редко гравелитов. Породами-коллекторами здесь являются песчаники руслово-дельтового генезиса. Открытая пористость составляет 10 - 15%, а проницаемость 1- 10 мдарси.

Крупно-среднезернистые разности песчаников с хорошими коллекторскими свойствами встречаются в подчиненном значении, поэтому эта часть терригенного разреза при высокой пористости имеет низкую проницаемость.

Породы - коллекторы дегибадамской свиты представлены, в основном, среднезернистыми песчаниками, иногда с включением обломков гравелитовой размерности. Породы в большинстве случаев слабопроницаемые (до 5 мдарси), с пористостью 3- 10%. Иногда наблюдается трещинная пористость ( $\approx 0.01-0.3\%$ ) и трещинная проницаемость  $\approx 0.3 - 600$  мдарси.

Породы – коллекторы тангидувальской свиты представлены разнозернистыми песчаниками, иногда с обломками гравелитовой размерности. Породы обладают хорошими ФЕС - пористость достигает  $\approx 14-18\%$ , а проницаемость – до 700 мдарси.

В терригенных образованиях байсунской свиты породы-коллекторы распределены неравномерно, плохо отсортированные, часто сильно глинистые, открытая пористость небольшая  $\approx 1-4\%$ , проницаемость не превышает 5 мдарси. Алевролиты и аргиллиты, повсеместно развитые в разрезах терригенной формации, плотные, иногда слабо трещиноватые, практически не проницаемые (пористость  $\approx 2-4\%$ , проницаемость  $\approx 0-1$  мдарси), что позволяет считать их потенциальными покрышками (рис.4).

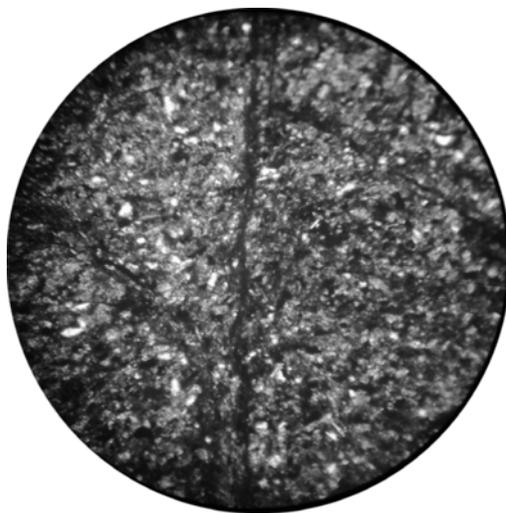


Рисунок 4 – Алевролит известковый, п/ш-кварцевый, цемент глинисто-карбонатный.

Порода трещиноватая, трещины тонкие, волосовидные, заполнены глинисто-битуминозным веществом. Кульбешкак, скв. 1

#### **Выводы**

1. В разрезе юрской терригенной формации на изучаемой территории установлены континентальные и прибрежно-морские осадочные комплексы.
2. Континентальный комплекс представлен гурудской свитой (аален-ранний байос), которая несогласно залегает на доюрском комплексе пород, согласно перекрывается отложениями дегибадамской свиты.

3. Морской комплекс, включающий прибрежно–морские, озерно-болотные и континентальные образования, выделяется в составе:

- дегибадамская свита (поздний байос);
- тангидувальская свита (ранний - средний бат);
- байсунская свита (поздний бат - ранний келловей).

4. Породы – коллекторы, развитые в продуктивных нефтегазоносных горизонтах терригенной формации (дегибадамская, тангидувальская, байсунская свиты) сложены песчано-алевролитовыми, реже грубообломочными образованиями, характеризующимися неоднородностью состава, структуры и текстуры с межгранулярной пористостью. Редко встречаются трещиноватые глинисто-алевролитовые образования, где проницаемость обусловлена трещиноватостью.

5. Литологическая неоднородность разреза терригенной формации на территории Кульбешкакского поднятия, обусловленная широким развитием в ней пород континентального генезиса, предопределила распространение в ее объеме резервуаров, представленных не пластами, а линзами песчаников с хорошими коллекторскими свойствами различной мощности и протяженности.

### **Литература**

1. Абдуллаев Г.С., Евсеева Г.Б. Литолого-фациальные особенности, геологическое строение и перспективы нефтегазоносности юрской терригенной формации в северо-западной части Чарджоуской ступени // Узбекский журнал нефти и газа. 2014. № 1. С. 16–22.
2. Эгамбердыев М.Э., Абдуллаев Г.С. Фациально–палеотектонические особенности формирования и нефтегазоносность терригенных отложений юры северного борта Амударьинской синеклизы // Узб. геол. журн. 1995. № 4. С. 105-111.
3. Бабаев А.Г., Габрильян Р.А., Саямова С.К. Терригенная формация юрского возраста Бухаро-Хивинского региона и Юго-Западного Гиссара и ее нефтегазоносность. М.: Недра. 1977. 137 с.
4. Троицкий В.И. Верхнетриасовые и юрские отложения Южного Узбекистана. Л.: Недра. 1967. 311 с.
5. Абдуллаев Г.С., Евсеева Г.Б. Биостратиграфия юрской терригенной формации Бухаро-Хивинского нефтегазоносного региона // Тез. докл. на Междунар. конф. «Науки о земле», г. Ташкент, 22-23 ноября 2018 г. Ташкент. 2018. С. 115-117.

## АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ КАТАЛОГОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВИЗУЛЬНОГО АНАЛИЗА ИХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

**Непина К.С.**

*Nepina.k@mail.ru*

Научная станция РАН, Бишкек, Кыргызстан

*Аннотация. В данной работе представлен алгоритм обработки каталогов сейсмических событий для оценки их пространственно-временных характеристик по отношению к пункту мониторинговых наблюдений на примере Центрального Тянь-Шаня. Результат сопоставления относительного расположения очагов землетрясений и их относительное время возникновения позволяет выявить взаимосвязь распределения сейсмичности и вариаций электромагнитных параметров, наблюдаемых на данных азимутального магнитотеллурического мониторинга. Визуализация результатов, полученная в ходе работы алгоритма, облегчает аналитику получаемых данных из сейсмических каталогов.*

*Ключевые слова: землетрясения, электромагнитный мониторинг, пространственно-временные характеристики, графическое отображение, Тянь-Шань.*

Целью данного исследования является выбор оптимального подхода для анализа сейсмичности и её взаимосвязи с вариациями геоэлектрических параметров среды. Для этого используются каталоги сейсмических событий, зарегистрированных на территории Республики Кыргызстан и сопредельных территорий. Интерес к данным мониторинга обусловлен поиском предвестниковых зависимостей в поведении геофизических параметров, связанных с мониторингом геодинамических процессов в земной коре сейсмоактивных регионов [1, 2]. Предложенный алгоритм для пересчета параметров очагов землетрясений (относительных координат) призван помочь оператору-аналитику представить данные о сейсмических событиях в виде иллюстраций для оценки зависимости вариаций электромагнитных параметров магнитотеллурического мониторинга от удаленности и магнитуды землетрясения, а также от места наблюдения. Результаты, полученные для данной территории Центральной Азии, способствуют более детальной оценке проявления современных геодинамических процессов.

Для анализа магнитотеллурических (МТ) мониторинговых данных используется авторская методика азимутального МТ–мониторинга [3-5]. Она позволяет выделить аномальные изменения, соответствующие их максимальным положительным и отрицательным вариациям (оси сжатия и растяжения). В результате обработки получают частотно-временные ряды (ЧВР) кажущегося сопротивления ( $\rho_k$ ) и трансформант МТ-поля. Такие развертки во времени отражают изменчивость структуры измеряемых компонент электромагнитного поля при повороте системы координат на определенный угол [6].

Результаты обработки мониторинговых данных в виде временных рядов были бы неполными без анализа взаимосвязи с пространственно-временным распределением сейсмичности. В работах [7-13] было показано, что наблюдается ряд закономерностей в отклике геофизических полей на геодинамическую активизацию сейсмоактивных регионов Тянь-Шаня. В результате локации сейсмических источников (землетрясений и техногенных событий [14]) и определения их параметров (времени в очаге, координат эпицентра, глубины гипоцентра, энергетического класса), которые попадают в каталог сейсмических событий, эти данные используются для дальнейшего анализа взаимосвязи с современными геодинамическими процессами. Анализ полученных результатов на предмет взаимосвязи с

сейсмичностью региона осуществляется с использованием данных цифровых сетей KNET [15] и KRNET (<http://www.gdirc.ru/lki/napravlenija-issledovanij/sejsmologicheskie-nabljudenija>; <https://seismo.kg/ru>), а также других сейсмологических станций, которые аккумулируются в каталоге международного сейсмологического центра ISC (<http://www.isc.ac.uk/>) [16, 17]. Рекомендованные методические подходы для построения ЧВР по данным азимутального МТ-мониторинга, как инструмента повышения надежности, информативности и эффективности электромагнитного мониторинга, необходимо дополнить полуавтоматизированным инструментом визуализации анализа каталога сейсмических событий.

Для демонстрации применимости алгоритма использовались точки глубинного магнитотеллурического зондирования (ГМТЗ). Выбор этих точек обусловлен их преимуществом по сравнению со стационарными пунктами наблюдений – помехозащищенностью. Таким образом, в отсутствие промышленных помех влияния землетрясений на мониторинговые записи пунктов ГМТЗ можно оценить практически для всей территории Киргизии. Основные различия в построении круговых диаграмм обусловлены выбором исходных данных, вовлеченных в расчеты каталогов определенных сейсмических сетей и землетрясений с определенными параметрами [16, 17].

Первый этап алгоритма относится к проверке МТ-данных. Для временного отрезка, соответствующему времени, указанному в этикетке edi-файла (рис. 1), производится поиск каталогов.

```

      |          | RUN INFORMATION
      |          | PROCESSED FROM DFT TIME SERIES
      |          | SURVEY: 905
      |          | COMPANY: 08-2018
      |          | JOB:
      |          | Lat 42:00.160 N Lng 074:27.554 E
      |          | HARDWARE: MTU52
      |          | START-UP: 2018/08/22 - 12:40:02
      |          | END-TIME: 2018/08/25 - 02:18:04
      |          | FILE: 1544822B
  
```

Рисунок 1 – Часть заголовка edi-файла (этикетка). Овалом отмечено название пункта ГМТЗ под номером 905, первым прямоугольником – координаты пункта МТЗ, вторым прямоугольником – время начала (START-UP) и окончания (END-TIME) записи

Следующий этап сопровождается пересчетом существующих значений по отношению к точке наблюдений. Если записать время землетрясения в очаге ( $T_0$ ) в формате ДД.ММ.ГГГГ час:мин:сек.00, а начало записи на пункте ГМТЗ как точку отсчета ( $T_{MT}$ ), то можно определить разницу времен  $\Delta T = T_0 - T_{MT}$  в астрономических часах. Таким образом, получим, число часов от момента начала записи до сейсмического события. После чего создаётся новый массив, в котором первый столбец содержит значения времен  $\Delta T$ , а второй столбец заполнен нулями. Эта процедура нужна для того, чтобы автоматически нанести моменты времени произошедших землетрясений на МТ-развёртки (ЧВР). Удобство использования нулей состоит в том, что на ЧВР по оси  $Y$  на диаграммах отложены значения логарифма кажущегося сопротивления (значения варьируют от -2 до 2). Поэтому при создании иллюстрации взаимосвязи землетрясений и вариаций геоэлектрических параметров такие значения попадают в центр диаграммы, что отчетливо видно оператору. В результате можно наблюдать временное распределение землетрясений на записях МТ-мониторинга.

Затем необходимо преобразовать координаты землетрясения и точки наблюдений к пространственным параметрам: расстоянию от точки наблюдения до очага землетрясения и направлению на очаг землетрясения (азимуту). Значения широты заимствуются для записи значений точек по оси  $Y$ , долготы - по оси  $X$ . Для этого из координат очага землетрясения ( $X_0, Y_0$ ) вычитаются координаты точки наблюдения ( $X_{MT}, Y_{MT}$ ) и вычисляется расстояние в

километрах  $R = \sqrt{(X_0 - X_{MT})^2 + (Y_0 - Y_{MT})^2}$ . Азимут рассчитывается как  $\varphi = \arctg\left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}\right)$ . При этом используется тригонометрическая система координат, в которой  $0^\circ$  соответствует горизонтальному направлению, а  $90^\circ$  – вертикальному (рис. 2). Полученные значения азимутов получаются неполноценными без учета тригонометрических четвертей. Поэтому для начала рассчитываются значения  $X_0 - X_{MT}, Y_0 - Y_{MT}, \sin \alpha, \cos \alpha$ . Необходимо ввести логические условия, при выполнении которых, выбирается соответствующая четверть тригонометрической окружности. В результате таких преобразований получается файл следующего вида (таблица), в котором последовательно рассчитаны все вышеперечисленные параметры.

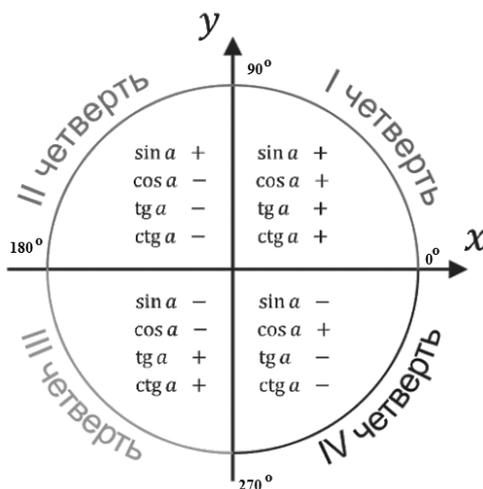


Рисунок 2 – Тригонометрическая окружность, её четверти и знаки тригонометрических функций

Таблица. Пример результатов расчётов относительного пространственного расположения между пунктом наблюдений и очагами землетрясений

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)				(8)				(9)	(10)
Lat	Long	Lat <sub>ГМТ905</sub> 42.00	Long <sub>ГМТ905</sub> 74.46	sinφ	cosφ	Q1	Q2	Q3	Q4	If 1	If 2	If 3	If 4	R, km	α°
42.28722	76.35361	0.28	1.89	0.001345	0.008978	1	0	0	0	0	0	0	0	211	8.52
42.61306	74.62306	0.61	0.16	0.008836	0.002374	1	0	0	0	0	0	0	0	69	74.96
40.91944	74.1875	-1.08	-0.27	-0.00881	-0.00221	0	0	3	0	0	0	180	0	123	255.92

В таблице заложены исходные данные – координаты землетрясений (столбцы 1-2) и координаты пункта наблюдений ГМТЗ 905. В столбцах (5) и (6) рассчитаны соответственно значения синуса ( $\sin\varphi=(Y_0-Y_{MT})/R$ ) и косинуса ( $\cos\varphi=(X_0-X_{MT})/R$ ), где угол  $R$  – расстояние в километрах из (9) столбца,  $\varphi$  – угол между направлением от точки ГМТЗ до очага и направлением на  $0^\circ$  (рис. 3). В столбце (7) заданы логические условия для определения четверти, основываясь на значениях  $\sin\varphi$  и  $\cos\varphi$ . Например, если  $\sin\varphi<0$  и  $\cos\varphi<0$ , то это заведомо относится к IV четверти. Значит, для таких значений надо добавлять  $360^\circ$  к  $\varphi$ , вычисленному как  $\arctg\left(\frac{\sin \varphi}{\cos \varphi}\right)$ . Эти условия заложены в столбце (8). Если угол  $\varphi$  относится

ко II и III четверти, то добавляется  $180^\circ$ , если к I – то  $0^\circ$ . Таким образом, конечное значение истинного азимута ( $\varphi^\circ$ ) получено в (10) столбце таблицы.

Итоговые результаты пространственного расположения удобно представлять в виде круговых диаграмм в полярных координатах ( $R, Az$ ). В данном случае расстояние от точки наблюдения до очага землетрясения в километрах равно длине вектора  $R$ , в свою очередь, азимутальное расположение очага землетрясения обозначается как угол  $Az$  в градусах. Для

визуализации таких значений в полярных координатах были применены функции программного пакета Matlab. Код программы визуализации представлен ниже.

```
clear all % очистка рабочего пространства
G=dlmread('905.txt'); % считывание файла данных в виде матрицы
R=G(:,1); % запись первого столбца матрицы как значения вектора R (расстояния)
Az=G(:, 2); % считывание второго столбца матрицы как значения угла Az (азимуты)
Azr=(1/180)*pi*(Az); % перевод значений углов для корректного отображения в градусах
figure % создание рисунка
polarplot(Azr,R,'or') % отображение данных в виде красных кругов
title('ГМТЗ 905') % название диаграммы
saveas(gcf,'polar905.png') % сохранение рисунка
```

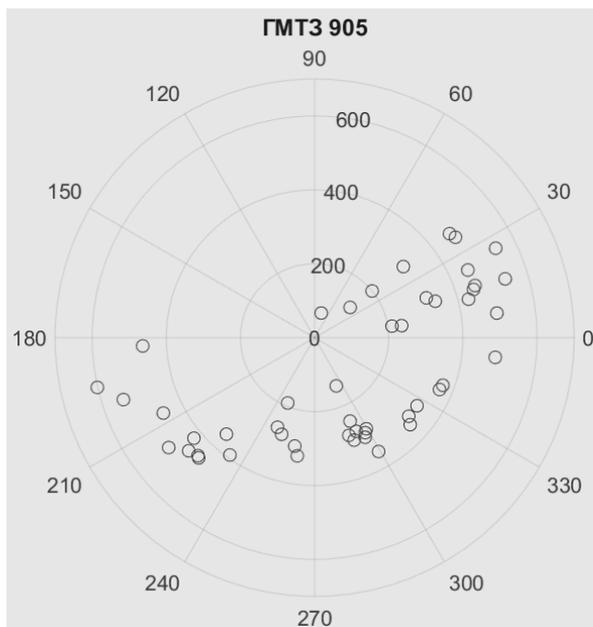


Рисунок 3 – Круговая диаграмма пространственного расположения очагов землетрясений по отношению к пункту ГМТЗ 905 (в центре диаграммы)

После произведенных вычислений можно также оценить частоту встречаемости соответствующего значения с помощью дополнительного построения гистограмм распределения значений (рис. 4).

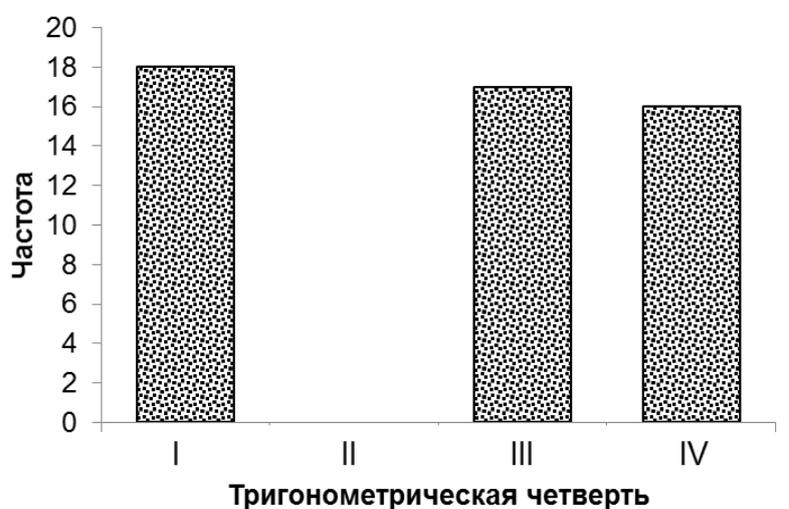


Рисунок 4 – Гистограмма распределения азимутов очагов землетрясений по отношению к пункту ГМТЗ 905 с разбивкой по тригонометрическим четвертям

В результате работы получен следующий алгоритм обработки каталогов землетрясений для целей анализа их пространственно-временного расположения по отношению к пункту наблюдений (рис. 5).

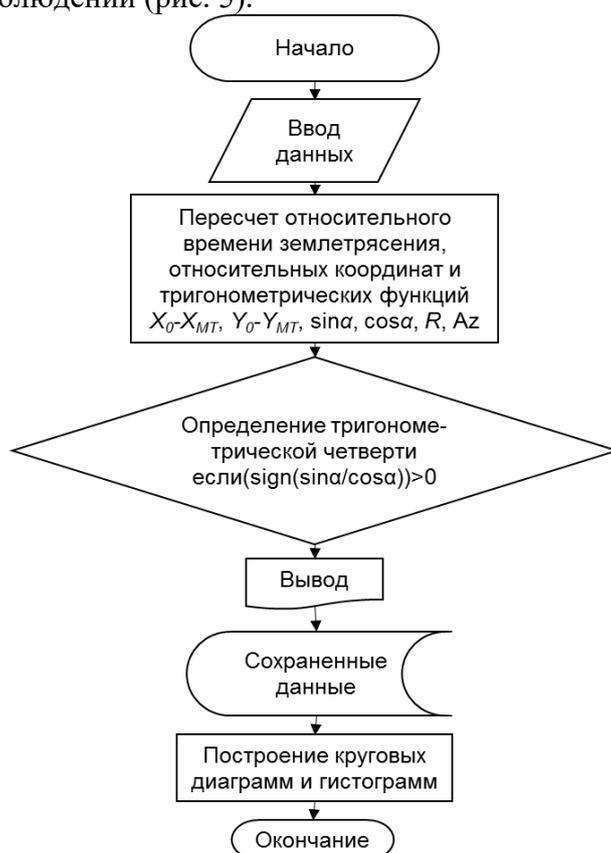


Рисунок 5 – Блок-схема алгоритма обработки каталогов землетрясений для целей анализа их пространственно-временного расположения по отношению к пункту наблюдений

На основе анализа пространственно-временного расположения землетрясений по отношению к пункту мониторинговых наблюдений появляется возможность оценить вклад сейсмического события на распределение геоэлектрических аномалий на записях МТ-мониторинга. Полученные результаты полезны для анализа взаимосвязи распределения сейсмичности и вариаций в частотно-временных рядах магнитотеллурического мониторинга.

Алгоритм для оценки распределения землетрясений по азимутам и расстояниям ведется в рамках выполнения государственного задания ИС РАН на 2019-2021 гг. по теме АААА-А19-119020190063-2.

### Литература

1. Современная геодинамика областей внутриконтинентального коллизионного горообразования (Центральная Азия) / Отв. ред. В.И. Макаров. М.: Научный мир. 2005. 400 с. [www.gdirc.ru/files/libs/6.pdf](http://www.gdirc.ru/files/libs/6.pdf) [дата обращения 23.01.2020].
2. Баталева Е.А. Анализ электромагнитных предвестников землетрясений по данным магнитотеллурического мониторинга (косейсмический эффект) // Интерэкспо ГЕО-Сибирь – «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология». Материалы XVI междунар. науч. конф., г. Новосибирск, 20-24 апреля 2020 г. Новосибирск. 2020. С. 331-340. <https://doi.org/10.18303/B978-5-4262-0102-6-2020-033>.
3. Баталева Е.А., Баталев В.Ю. Разработка программ анализа данных азимутального магнитотеллурического мониторинга Часть 1. Анализ данных магнитотеллурического мониторинга // Вестник КРСУ. 2014. Т. 14. № 7. С. 3-7.
4. Баталева Е.А., Баталев В.Ю. Разработка программ анализа данных азимутального

- магнитотеллурического мониторинга. Ч. 2. Разработка программного обеспечения для анализа данных МТ мониторинга // Вестник КРСУ. 2014. Т. 14. № 7. С. 8-12.
5. Баталева Е.А., Забинякова О.Б., Баталев В.Ю. Разработка программного обеспечения для профильного магнитотеллурического мониторинга полигона Кентор // Вестник КРСУ. 2017. Т. 17. № 8. С. 150–153.
  6. Bataleva E.A. Processing, analysis and interpretation of time–frequency series for magnetotelluric monitoring // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2019. 350:012053. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/350/1/012053>.
  7. Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е. Вариации электросопротивления земной коры по результатам магнитотеллурического мониторинга сейсмоактивных зон Тянь-Шаня // Вестник КРСУ. 2011. Т. 11. № 4. С. 29-40.
  8. Матюков В.Е. Практические результаты электромагнитного мониторинга сейсмоактивных зон (обзор) // Вестник КРСУ. 2011. Т. 11. № 4. С. 15-23.
  9. Баталева Е.А., Баталев В.Ю., Рыбин А.К. Взаимосвязь аномалий электропроводности, скоростных характеристик и режима сейсмичности литосферы Центрального Тянь-Шаня // Литосфера. 2015. № 5. С. 81-89.
  10. Брагин В.Д., Воронцова Е.В. Изучение электромагнитных эффектов, связанных с распространением сейсмических волн // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. XI Междунар. сейсмологическая школа. Материалы докл. участников из Киргизской Республики, г. Чолпон-Ата, 12-16 сентября 2016 г. Бишкек: ИС РАН. 2016. С. 35-43.
  11. Матюков В.Е., Баталева Е.А., Непейна К.С. О новых возможностях в изучении необратимых деформаций литосферы Тянь-Шаня // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2019. Т. 6. № 1. С. 189-196.
  12. Баталева Е.А. К вопросу о взаимосвязи вариаций геофизических полей, лунно-солнечных приливных воздействий и сейсмических событий // Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений: X Юбилейная междунар. конф. Сб. тез. докл. Петропавловск-Камчатский. 2019. С. 45-46.
  13. Непейна К.С., Матюков В.Е. Проявление сейсмoeлектрического эффекта в вариациях геофизических параметров на Бишкекском геодинамическом полигоне // Интерэкспо ГЕО-Сибирь – «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология». Материалы XVI междунар. науч. конф., г. Новосибирск, 20-24 апреля 2020 г. Новосибирск. 2020 С. 504-513. <https://doi.org/10.18303/B978-5-4262-0102-6-2020-054>.
  14. Воронцова Е.В. Методика определения техногенных событий в сейсмологических каталогах Кыргызстана и сопредельных территорий // Современная техника и технологии в научных исследованиях. Материалы докл. XII Междунар. конф. молодых ученых и студентов, г. Бишкек, 22-24 апреля 2020 г. Бишкек. 2020. С. 58-61.
  15. Сычева Н.А. Киргизская сейсмологическая сеть KNET // Вестник КРСУ. 2016. Т. 16. № 5. С. 175-183.
  16. Непейна К.С. Обзор современной практики использования группирования сейсмометров на примере Средней Азии // Современная техника и технологии в научных исследованиях. Сб. материалов X Междунар. конф. молодых ученых и студентов. Бишкек. 2018. С. 85-90.
  17. Каталог ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue. Version 7.0 - released on 2020-04-09. Дата обращения 12.01.2021. <https://doi.org/10.31905/D808B825>.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД РАЗДЕЛЕНИЯ НЕПРЕРЫВНЫХ ДАННЫХ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ СЕЙСМО- ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Непеина К.С., Валуйский А.Ю.

*webattack@list.ru*

Научная станция РАН, Бишкек, Кыргызстан

*Аннотация. В работе представлен технологический подход разделения непрерывных данных магнитотеллурического зондирования с целью последующей обработки файлов, длительностью 1 час. Получение часовых записей из массива непрерывных магнитотеллурических данных обусловлено необходимостью вычисления энергетической характеристики эндогенной составляющей электромагнитного поля при разделении электромагнитного поля по положению источников. Дано описание основных процедур и типов файлов, необходимых для подготовки данных в заданном формате.*

*Ключевые слова: мониторинг сейсмостанций, сейсмо-электромагнитные измерения, технологический подход разделения, эндогенная составляющая, магнитотеллурические зондирования, математическая обработка разделения, phoenix ssmt-2000.*

В настоящее время геофизический мониторинг базируется на формальном представлении и анализе оценки физических параметров стандартными методами, что позволяет обеспечить качественный анализ протекающих геодинамических процессов. В работе предложен подход, основанный на анализе экспериментальных результатов совместного мониторинга эндогенных составляющих сейсмических и электромагнитных полей для сейсмически активных регионов. На территории Бишкекского геодинамического полигона (БГП), где проводились эксперименты, практически отсутствуют промышленные помехи. Таким образом, на территории сочетаются два значимых фактора - активные деформационные литосферные процессы со спорадической сейсмической активностью и низкий уровень окружающего шума антропогенного происхождения, что важно для настоящего исследования.

Основной задачей проводимых экспериментов является количественная оценка изменений, происходящих в земной коре исследуемого региона, основанная на совместном сейсмическом и электромагнитном мониторинге современных геодинамических процессов. В результате выполненных работ составлена технологическая схема и описаны процедуры технического обслуживания мониторинговых исследований. Данная технологическая схема позволяет осуществлять анализ современной геодинамической активности литосферы. Это позволит дополнить имеющиеся представления новыми наблюдениями за поведением эндогенных источников геофизических полей. В ходе реализации проекта Российского фонда фундаментальных исследований № 17-05-00844 на БГП были получены обнадеживающие результаты по разделению поля на эндогенную и экзогенную составляющие по данным магнитотеллурического и сейсмического мониторинга [1,2]. Оба рассматриваемых геофизических метода являются пассивными, что означает отсутствие вмешательства в природу [3]. Одним из таких непрерывных методов является **магнитотеллурическое зондирование (МТЗ)** [4], другой - наблюдения с использованием **сейсмической градиентной установки** [5].

Целью данного исследования является описание технологического подхода подготовки данных магнитотеллурического зондирования для решения задач синхронных сейсмо-электромагнитных наблюдений. Данный подход разделения непрерывных данных на отрезки часовых записей необходим для реализации технологии расчета энергетической

характеристики для электромагнитного поля эндогенного происхождения. Анализ этой характеристики позволяет оценить характер активизации эндогенных источников и их проявлений в вариациях электромагнитных параметров среды при сопоставлении с вариациями в поле упругих характеристик.

В рамках предложенного подхода решаются следующие научные задачи:

- Проведение совместных наблюдений и разработка метода комплексного анализа сейсмических и электромагнитных полей в пунктах геофизического мониторинга.
- Математическая обработка разделения наблюдаемых полей на компоненты эндогенного и экзогенного происхождения и анализ экспериментальных данных сейсмо-электромагнитного мониторинга с использованием разработанной методики.
- Проведено исследование взаимосвязи между поведением сейсмических и электрических параметров горных сред и характеристиками геодинамических процессов по экспериментальным данным, полученным в исследуемом регионе.

Магнитотеллурика (МТ) - это пассивный геофизический метод, используемый для определения структуры удельного сопротивления Земли на основе измерений естественных электрических (теллурических) (ТЭ) и магнитных полей (ТМ). Данный метод является мобильным, так как не требует искусственного источника поля, что существенно расширяет его использование [6]. В работе приведены подробные пошаговые инструкции по выполнению работ и обработки файлов МТЗ в обычных условиях совместного сейсмического и электромагнитного мониторинга. Все процедуры могут быть использованы для обеспечения условий, при которых техническое обслуживание проводится в соответствии со стратегией, политикой и программами технического обслуживания.

#### **Измерительное оборудование**

- Стандартная пятикомпонентная установка магнитотеллурических зондирований (МТЗ) для измерения в пассивном режиме Phoenix MTU-5 в комплекте с неполяризуемыми электродами, электрическими диполями и тремя индукционными датчиками МТС-50 (рис.1).
- GPS-антенна, которая включена в комплект оборудования Phoenix MTU-5. При регистрации она должна принимать сигналы как минимум от четырех спутников GPS. В нормальных условиях это занимает менее 10 минут.
- Сейсмическая 18-канальная градиентная регистрирующая установка (ГРУ) для измерения сейсмического поля с коммутатором.
- Ноутбуки, аккумуляторы и прочее вспомогательное оборудование. Электропитание может быть обеспечено как от сети, так и от солнечных батарей.



Рисунок 1 – Полный комплект оборудования МТЗ Phoenix MTU-5 с индукционными датчиками МТС-50

**Порядок** проведения магнитотеллурических зондирований с помощью аппаратуры Phoenix является стандартным и описан в [7-9]. Общая схема сейсмо-электромагнитного мониторинга заключается в проведении следующих этапов в определенной последовательности:

- Планирование работ и выбор площадки наблюдений (какого уровня сигнал и какого уровня помеха): проверка работоспособности оборудования; выбор места, которое обеспечит легкий доступ со всех направлений и где можно разместить электроды и/или датчики, а

также оно должно находиться на расстоянии 100-150 м от сейсмической градиентной установки. Установка прибора MTU и датчиков электромагнитного поля на точке наблюдений;

- Создание стартового табло MTU и загрузка его в прибор. Производится запуск тестовой записи (30-60 минут), затем снимается флэш-карта и просматриваются временные ряды на оценку работоспособности станции (есть ли стрельба электрических датчиков, присутствует ли на всех каналах контакт). Если сигнал хороший, всё работает, то можно сделать первичную обработку в SSMT-2000, получить из ts3 и ts4 – mth, mtl файлы, таким образом идёт первичная оценка станции путем визуального просмотра в программе GSplot ts3 и ts4 – mth, mtl. Калибровка станции MTU-5 (файл с расширением \*.CLB). Калибровка индукционных датчиков МТС-50 (файлы с расширением \*.CLC);
- Проведение синхронной регистрации магнитотеллурического и сейсмического полей: получение исходных файлов МТЗ (в форматах \*.TBL и \*.PFT) и запуск программы для синхронной регистрации сигналов с многоканальной коммутацией на вход одиночного аналого-цифрового преобразователя (RU 2019618732) для сейсмических записей (в \*.mat);
- Перезапись данных из прибора MTU на PC компьютер, используя программу WinHost или флэш-память;
- Подготовка и редактирование данных МТЗ с помощью программ \*.TBS и SSMT-2000;
- Редактирование кривых МТЗ в программе MT-Corrector;
- Обработка часовых файлов данных МТЗ в программе разделения электромагнитного поля по положению источников [11];
- Обработка часовых файлов данных градиентной установки в программе обработки сейсмических данных, зарегистрированных градиентной установкой [12];
- Интерпретация полученных результатов.

**Технологическая схема реализации системы сейсмо-электромагнитного мониторинга.** Полевая группа формируется из 3 человек: руководителя и двух инженеров. Опытный экипаж может установить лагерь и сделать калибровочные записи примерно за 1 час. Магнитотеллурические зондирования проводятся крестообразной установкой на поверхности Земли на сравнительно ровной площадке размером 100×100 м. Для измерения компонент сейсмического поля градиентная установка помещается в землю, в виде крестообразной расстановки в объеме. Сейсмическую градиентную установку размещают в 100-150 метрах от наблюдательного пункта МТЗ во избежание наводок и электрических помех. Необходимо стараться избегать источников помех, таких как: линии электропередач; трубопроводы; радиопередатчики и радарные излучатели; интенсивное автомобильное движение и др. Ветровые помехи устраняются путем прикапывания. Синхронные измерения, по регистрации электромагнитных и сейсмических полей необходимо проводить непрерывно не менее 72 ч.

Электроды лучше устанавливать за несколько часов до начала измерений в ямках глубиной ~0,25 м, заполненных рыхлой землей, смешанной с соленой водой до образования грязевой массы. Сверху они засыпаются рыхлой землей, чтобы предотвратить высыхание и уменьшить влияние изменений температуры. Перед началом измерений проверяется сопротивление и разность потенциалов между электродами на постоянном и переменном токе. Если сопротивление заземлений слишком велико, можно понизить его добавлением в ямку электрода солевого раствора. Наибольшее влияние высокое контактное сопротивление электродов может оказать на высоких частотах при больших длинах приемных линий. Электроды для измерения двух электрических каналов ( $E_x$ ,  $E_y$ ) необходимо заменять примерно через год регулярного использования. Для повышения долговременной стабильности электрических параметров неполяризуемых электродов в Научной станции РАН разработаны различные способы и подходы, которые запатентованы (RU 175972 U1, 2017; RU 2701876 C1, 2019). Электроды состоят из угольного стержня, помещенного в спрессованный порошок марганцево-угольной смеси [15]. Такая конструкция позволяет повысить долговременную стабильность электрических параметров неполяризуемых

электродов. Количественная стабилизация внутренней влаги производится графитовой крошкой (как реализовано в [13]) (рис.2) и покрытием его поверхности глиной. В состав водосодержащего деполяризатора неполяризующихся электродов вводится полимерный абсорбент в соотношениях менее 1/200 объема графита и 1/100 объема электролита деполяризаторов (патент [14]). Собственный потенциал электрода должен быть <10 мВ (<2 мВ в новом состоянии).

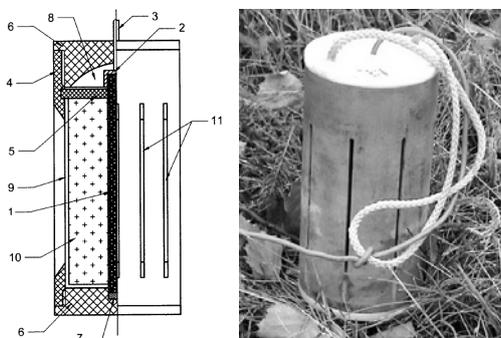


Рисунок 2 – Электрод для высокочастотной геофизической электроразведки [15]

Провода между электродами разворачивают в прямую линию, лишние участки раскладывают параллельно в обратном направлении так, чтобы не образовывать петель, которые являются приемниками вертикального переменного магнитного поля. Кроме того, чтобы предупредить движение проводов под действием ветра, через 1-2 метра их прикапывают или придавливают комками земли, кусками дерна.

Три индукционных датчика используют для получения трех магнитных компонент ( $H_x$ ,  $H_y$ ,  $H_z$ ). Индукционные датчики (2 шт.) помещаются горизонтально в неглубокие протяженные траншеи глубиной ~0,25-0,5 см и засыпаются сверху землей, соединительные кабели также закапывают. Вертикальный датчик помещают в специально пробуренную скважину. Расстояния между датчиками и прибором должны быть  $\geq 5$  м. В случае выхода из строя индукционных датчиков происходит ремонт на основании изобретения (RU 2690212 C1, 2019) [16].

Ориентация измерительных линий и магнитные датчики выставляются по уровню, и установка производится при помощи буссоли с точностью до  $0,5^\circ$  (рис.3).



Рисунок 3 – Установка буссоли и шаблона индукционного датчика МТС-50 в неглубоких траншеях (фото © Научная станция РАН в г. Бишкек)

**Программное обеспечение Phoenix SSMT-2000.** Для получения MTH/MTL файлов требуется программа, разработанная фирмой «Phoenix Geophysics Ltd» (Канада) SSMT-2000 исходный файл записи формата \*.TBL, калибровка станции (\*.CLB) и калибровочные файлы индукционных датчиков в формате \*.CLC, а также файл записи в формате \*.PFT для редактирования времени в текстовом редакторе.

На ноутбуке должно быть установлено это программное обеспечение. Посредством программы настройки прибора Phoenix MTU-5 в виде специального файла - «стартового табло» (startup.TBL), который располагается в папке Data, осуществляется хранение калибровочных файлов для магнитных датчиков, хранения временных файлов данных и информации о работе прибора во все время проведения записи. Флэш-карты (съёмные носители) используются для передачи итоговых записей. Итоговые данные включают в себя файл статистики, и файлы временных рядов с расширениями \*.ts1, \*.ts2, \*.ts3 и т.д.

Редактор стартового табло WinHost On-Line/ Off-Line Start-Up Table Editor Interface MTU интерфейс. Он содержит служебную информацию о пункте наблюдения. TBS пакет программ используется для просмотра, рисовки и редактирования файлов с целью отбраковки худших реализаций спектров мощности и таким образом улучшить конечный результат осреднения. TBS также позволяет преобразовывать и экспортировать в \*.EDI.

Следующим этапом является подготовка одночасовых файлов из непрерывной МТЗ записи. Часовые файлы нужны для корректной загрузки в программу разделения электромагнитного поля по положению источников [11], где общее число файлов должно соответствовать времени зондирования в часах. Программа разделения электромагнитного поля позволяет получать энергетические характеристики эндогенной составляющей на всех частотах зондирования по выведенным в работе [1] теоретическими выкладками. Программа имеет возможность получения и визуализации данных осреднения в окне длительностью 1 час для оценки поведения энергетической характеристики эндогенной составляющей электромагнитного поля. Некоторые результаты анализа такого поведения приведены в работе [17]. Общая схема действий для преобразования непрерывной записи МТЗ в часовые файлы для детального почасового мониторинга приведена на рисунке 4.

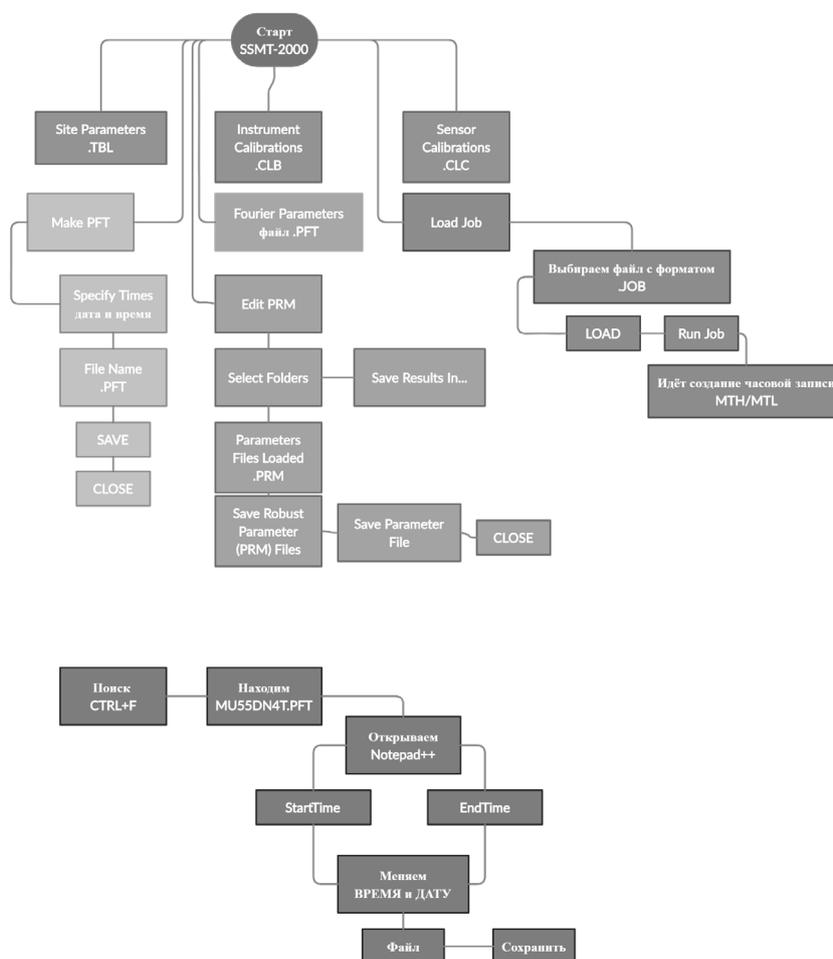


Рисунок 4 – Общая схема обработки МТЗ данных формата МТН/МТЛ для получения почасовых записей мониторинга

Процедура обработки начинается с выбора в окне параметров точки наблюдения «Site Parameters (\*.TBL)» и папки, в которой находится необходимый файл \*.TBL, и отмечают галочками все файлы с калибровками. Затем, в окне «Instrument Calibrations (\*.CLB)» выбирается папка, в которой находится калибровка станции (\*.CLB) и калибровка трех индукционных датчиков (\*.CLC) (рис.5).

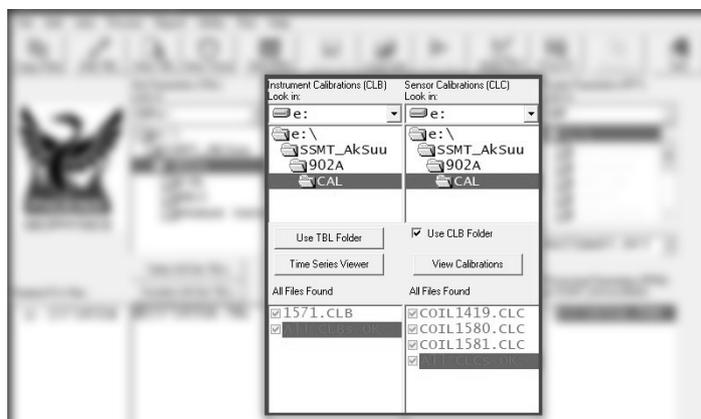


Рисунок 5 – Раздел «Instrument Calibrations (\*.CLB)» (калибровка станции) и «Sensor Calibrations (\*.CLC)» (калибровка индукционных датчиков). *Примечание:* Галочки и файлы калибровки индукционных датчиков выбираются автоматически

Далее необходимо создать файл в формате \*.PFT для изменения времени. Он получается после следующей последовательности действий: при нажатии на «Make PFT» (1), в окне выбирается строка «Specify times» (2), и выставляется дата и время (промежуток 1 час) (3). В строке «File Name» (4) оставляют имя файла в формате \*.PFT и нажимают «Save» (5) для сохранения в указанной папке. Для завершения нажимают кнопку «Close» (6) (рис.6).

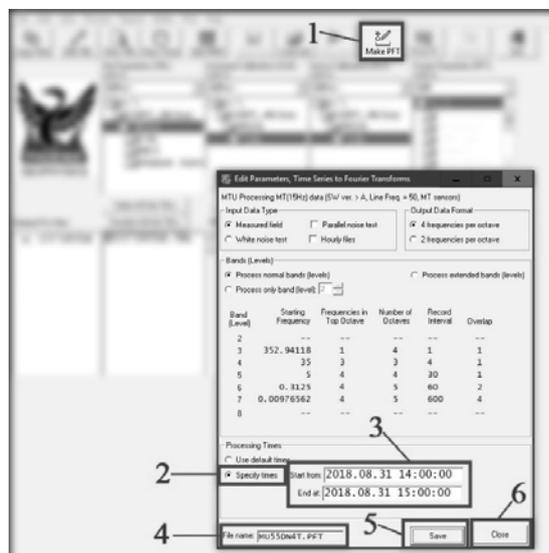


Рисунок 6 – Создание файла в формате \*.PFT. Описание последовательности действий 1-6 – в тексте

Затем для формирования файла в формате \*.PRM в разделе параметры Фурье «Fourier Parameters (PFT)» выбирают папку с файлом формата \*.PFT. Нажимают на редактирование параметров «Edit PRM» (1) в пункте выбора папки «Select Folders» в строке «Save results in» выбирают папку сохранения PRM файла (2). В пункте загрузки параметров «Parameters Files Loaded» галочкой выбирают файл \*.PRM (3) и сохраняют параметры файла путем нажатия кнопок «Save Robust Parameter (PRM) Files >> Save Parameter File» (4) и кнопку завершения «Close» (5) (рис.7).

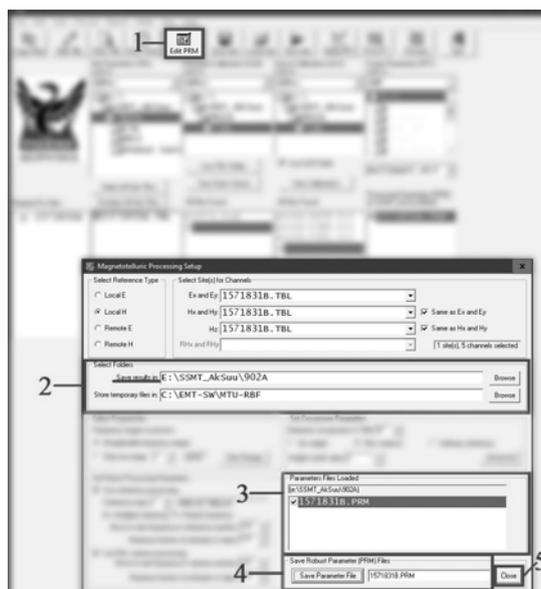


Рисунок 7 – Сохранение файла формата \*.PRM. Описание последовательности действий 1-5 – в тексте

Для создания часовой записи в формате MTH/MTL. Нажимают на Load Job (1) >> выбирают файл с форматом .JOB (2) >> нажимают Load (3) >> далее нажимают на «Close» (4) >> затем нажимают на Run Job (5) >> идёт создание (рис.8).

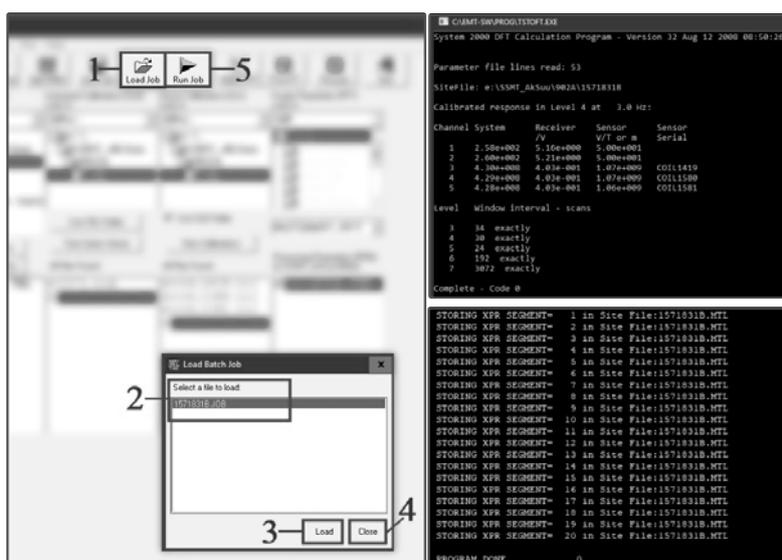


Рисунок 8 – Создание часовой записи в формате MTH/MTL

Для редактирования информации о созданном отрезке записи в текстовом редакторе открывают файл формата \*.PFT (рис.9). Вручную выставляют соответствующие в строчках «StartTime» и «EndTime» следующие час и дату и сохраняют внесенные изменения. Например, StartTime 2018/08/31 14:00:00 меняют на 2018/08/31 15:00:00 – начало отрезка записи; EndTime 2018/08/31 15:00:00 меняют на 2018/08/31 16:00:00 – конец отрезка записи.

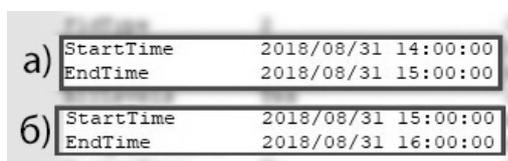


Рисунок 9 – Изменение записи в текстовом редакторе: а) – до редактирования; б) – после редактирования

**Экспорт и интерпретация данных.** Затем, в программе SSMT-2000 несколько раз повторяется предыдущий шаг до тех пор, пока не закончится запись. После чего происходит стандартная процедура обработки кривых МТЗ [18] с расширением МТН/МТЛ, которые необходимо обработать в программе МТ-Corrector [19]. После добавления кривых в МТ-Corrector, осуществляется загрузка исходной рабочей МТ-кривой. Для редактирования необходимо открыть окно ручного редактора по фазе ( $\varphi$ ) и действовать по схеме, описанной в работе [18]. После обработки формируются файлы формата \*.EDI. Они поступают в программу для разделения электромагнитного поля по положению источников [11].

Технологический подход для подготовки, разделения и редактирования данных магнитотеллурического зондирования ведется в рамках выполнения *государственного задания ИС РАН на 2019-2021 гг. по теме АААА-А19-119020190063-2*. Технологическая схема проведения сейсмо-электромагнитного мониторинга разрабатывается в целях реализации *гранта РФФИ № 20-05-00475*.

### Литература

1. Александров П.Н., Рыбин А.К., Забинякова О.Б. Разделение электромагнитного поля по положению источников в магнитотеллурическом методе // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2018. Т. 160. № 2. С. 339-351.
2. Rybin A., Bataleva E., Nepeina K., Matiukov V., Alexandrov P., Kaznacheev P. Response of cracking processes in variations of geophysical fields // Journal of Applied Geophysics, 2020104144. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2020.104144>.
3. Александров П.Н. К теории сейсмического и электромагнитного мониторинга современных геодинамических процессов // Вестник Камчатской региональной организации Учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле. 2009. № 2 (14). С. 49-58.
4. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И., Новиков Д.Б., Пастуцан В.В. Анализ и интерпретация магнитотеллурических данных. М.: Диалог-МГУ, 1997. 161 с.
5. Непеина К.С., Казначеев П.А., Александров П.Н. Сейсмический мониторинг современных геодинамических процессов с использованием градиентной установки // Вестник Камчатской региональной организации Учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле. 2019. № 4 (44). С. 84-92. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2019-4-44-84-92>.
6. Sokolova, E., Berdichevsky, M., Varentsov, I., Rybin, A., Baglaenko, N., Batalev, V., Pushkarev, P. Advanced Methods for joint MT/MV Profile Studies of Active Orogens: the Experience from the Central Tien Shan. - In: Ritter, O., Brasse, H. (Eds.), - Protokoll zum 22. Kolloquium „Elektromagnetische Tiefenforschung“. (Hotel Maxičky, Děčín, Czech Republic 2007), 2007. pp. 132-142. [https://gfzpublic.gfz-potsdam.de/pubman/faces/ViewItemOverviewPage.jsp?itemId=item\\_6156](https://gfzpublic.gfz-potsdam.de/pubman/faces/ViewItemOverviewPage.jsp?itemId=item_6156).
7. Магнитотеллурический (МТ) метод: Практическое руководство по использованию аппаратуры и программного обеспечения компании Phoenix Geophysics // Третий российско-канадский семинар по современным электроразведочным технологиям, 14-20 мая 2003 г. 41 с.
8. Руководство по полевому использованию приборов MTU-2E, MTU-2H, MTU-3H и MTU-5 МТ установка и применение // Phoenix Geophysics Limited. Toronto, Canada. Document MTU v1cR. 155 с.
9. Руководство по эксплуатации аппаратуры V5-2000 MTU для метода МТЗ // Phoenix Geophysics Ltd. Rev.1.2 R/March 2001. 155 с.
10. Казначеев П.А., Непеина К.С. Программа для синхронной регистрации сигналов с многоканальной коммутацией на вход одиночного аналого-цифрового преобразователя // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019618732, 04.07.2019.
11. Александров П.Н., Баталева Е.А. Программа разделения электромагнитного поля по положению источников по данным магнитотеллурических зондирований // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019618606, 02.07.2019.

12. Александров П.Н., Непейна К.С. Программа обработки данных регистрации сейсмических данных, зарегистрированных градиентной установкой // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019618936, 08.07.2019.
13. Дзалба А.Л., Баталев В.Ю. Электрод для высокочастотной геофизической электроразведки // Патент на полезную модель RU 175972 U1, 25.12.2017.
14. Дзалба А.Л., Матюков Е.К., Тимонин Г.Н. Стабилизация влагонасыщенности неполяризуемых электродов // Патент на изобретение RU 2701876 C1, 02.10.2019.
15. Лосихин Л.Н., Матюков Е.К., Пазников В.А., Петров П.П., Тимонин Г.Н. Неполяризуемый электрод для наземной геофизической электроразведки // Патент на полезную модель RU 123979 U1, 10.01.2013.
16. Дзалба А.Л., Баталев В.Ю. Комбинированный составной сердечник индукционного преобразователя магнитного поля // Патент на изобретение RU 2690212 C1, 31.05.2019.
17. Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Рыбин А.К. Изучение необратимых деформаций в литосфере Тянь-Шаня по магнитотеллурическим данным (методологический аспект) // Вестник Камчатской региональной организации Учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле. 2019. № 2 (42). С. 42-56. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2019-2-42-42-56>.
18. Валуйский А.Ю. Анализ искажающих эффектов магнитотеллурических кривых стационарного пункта Аксу // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Сб. материалов XII Междунар. конф. молодых ученых и студентов, г. Бишкек, 22-24 апреля 2020 г. Бишкек: НС РАН. 2020. С. 51-57.
19. MT-Corrector. Инструкция к программе Correct. М.: ООО «Северо-Запад». 2004. 28 с.

## ЗАВИСИМОСТЬ ТОЧНОСТИ ВНУТРИСУТОЧНОГО GPS ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОТ КОНФИГУРАЦИИ СОЗВЕЗДИЯ СПУТНИКОВ

Саламатина Ю.М.

*salam@gdirc.ru*

Научная станция РАН, Бишкек, Кыргызстан

*Аннотация. В работе представлены результаты анализа внутрисуточных координат (из программы TRACK, MIT) для одной из перманентных GPS станций за 15 дней наблюдений. Выявлена обратная зависимость уровня внутрисуточных вариаций координат от конфигурации созвездия GPS спутников и их числа. По числу спутников и координатам NEU наблюдается сдвиг на 4 минуты или 8 эпох наблюдений в пределах 24-часовых суток. По каждой координате выделены интервальные блоки с пониженными и повышенными значениями амплитудных вариаций, а также даны их численные характеристики. Наиболее устойчивой в вариационном плане является координата E с усредненным максимальным отклонением ~11 мм. Уровень вариации E в ~1.5 раза устойчивее N, координата U имеет уровень разброса по эпохам, в 2-3 раза превышающий данный показатель по горизонтальным координатам.*

*Ключевые слова: TRACK, внутрисуточные координаты NEU, уровень вариаций, количество и конфигурация GPS спутников, разброс координат времени*

Основная задача, рассматриваемая в лаборатории GPS НС РАН, – определение высокоточного местоположения. Оптимальное время для проведения измерений составляет около суток и более. Однако до сих пор стоит вопрос: сколько минимально времени проводить GPS измерения, чтобы получать одну усредненную позицию, которая бы удовлетворяла заданной точности при геодинамических исследованиях.

Для анализа внутрисуточных позиций используется не только программа TRACK (ПО GAMIT/GLOBK, MIT), но и алгоритмы в ПО Bernese (PPP и R2S, AIUB), а также инструментарий GPSTk (SGL). Что позволяет исследовать короткопериодную кинематику позиции GNSS антенны более подробно и в широком диапазоне методов.

Многократно наблюдая распределение вариаций внутрисуточного позиционирования, как по отдельным координатам, так и по общему радиус-вектору, было замечено, что интервал вариаций и уровень ошибок параметров позиции распределяется неравномерно по суточному временному ряду. Есть предположение, что такая неравномерность зависит от конфигурации спутников GPS, поскольку в заданной точке на поверхности земли созвездие спутников повторяется почти идеально каждые 23 часа 56 минут UTC. Это означает, что определенный GPS спутник достигает одного и того же положения на 4 минуты раньше каждый день и происходит постепенное смещение его положения относительно времени земных суток [1,2].

Для исследования этой особенности были выбраны данные GPS наблюдений на станции IAT3 (геодезическая площадка ALMALY) за 15 дней непрерывных измерений 2019.09.17 (260) – 2019.10.02 (276) (за исключением 2019.09.24). Информация о количестве и конфигурации спутников над рассматриваемой станцией была извлечена из посуточных *ripex*-файлов [3]. Стандартная настройка используемых нами GNSS ресиверов предполагает запись информации с видимого созвездия спутников с частотой 30 секунд, что за полные сутки измерений составляет 2880 эпох (записей). Поскольку одна и та же конфигурация GPS спутников повторяется через 23 часа 56 минут, то за это время фиксируется только 2872 эпох (рис.1).

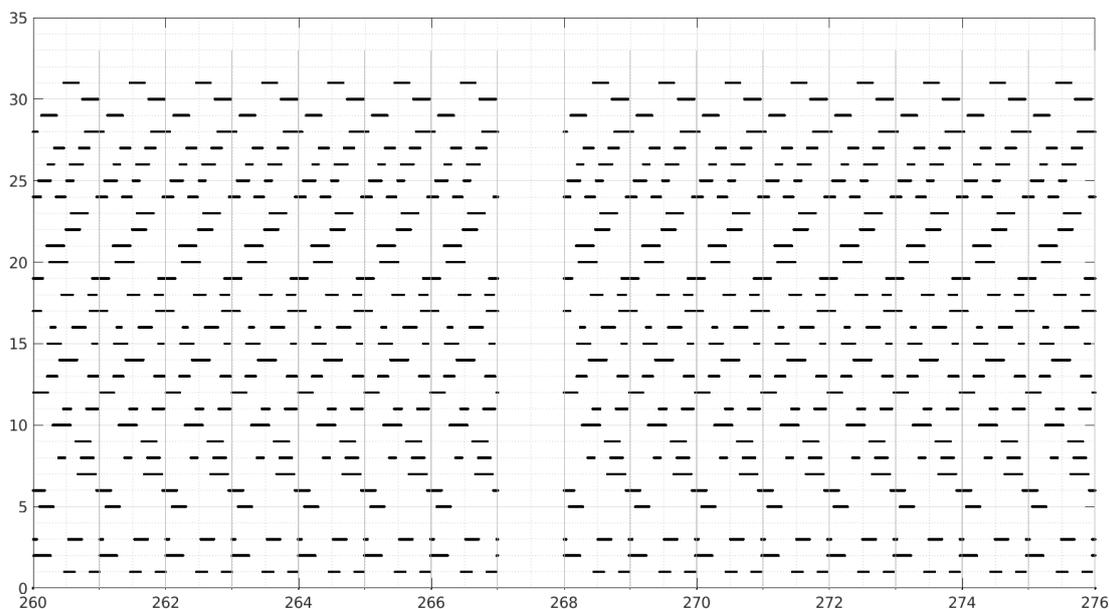


Рисунок 1 – Видимое созвездие спутников для станции IAT3 на 260-276 дни года. Ось абсцисс – порядковые дни года, ось ординат – номер спутника. Горизонтальные отрезки – время видимости конкретного спутника. Вертикальные серые линии – границы земных суток

Невооруженным глазом заметна закономерность в рисунке распределения видимых спутников, что подтверждается их количеством (рис.2).

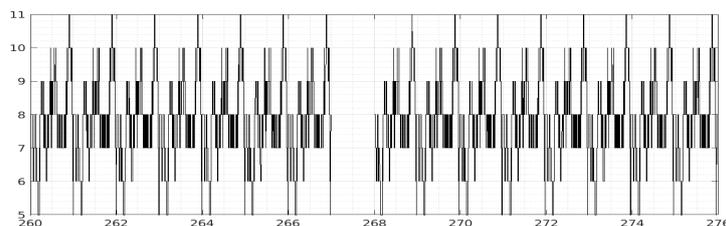


Рисунок 2 – Количество спутников за период с 17.09 по 02.10 для станции IAT3 (ось ординат). Ось абсцисс – день 2019

Если совместить графики количества спутников (рис.2) с каждого исследуемого дня в один временной интервал 24 часа (2880 эпох) и для наглядности сдвинуть вдоль оси ординат на -5 каждый последующий, то получим следующие закономерности в распределении числа спутников с течением времени (рис.3).

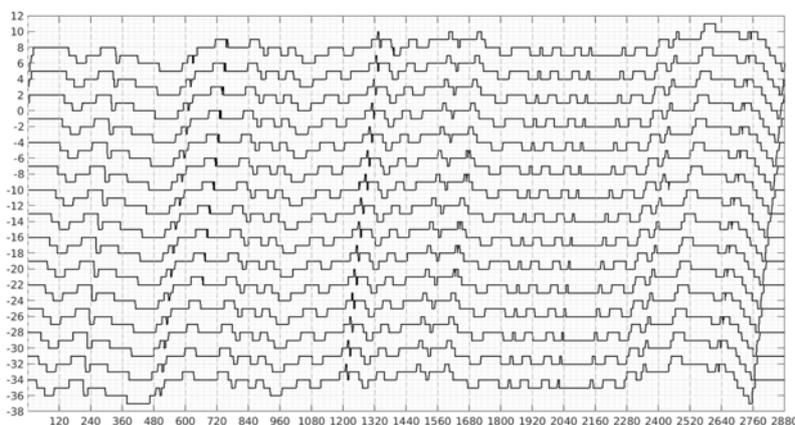


Рисунок 3 – Количество спутников за земные сутки (2880 эпох) для 15 исследуемых дней, расположенных друг под другом от ранних (вверху) к более поздним (внизу) со сдвигом -5 спутников. Ось абсцисс – номер эпохи, ось ординат – число спутников со сменой эпох

Из рисунка 3 видно, что одинаковые флуктуации в поведении графиков повторяются с горизонтальным сдвигом к началу координат на указанные выше 4 минуты или 8 эпох. Аналогичные горизонтальные смещения в поведении графиков наблюдаются по всем координатам (NEU) для станции IAT3, были получены программой TRACK [4]. В частности на рис.4 представлены вариации центрированной координаты N.

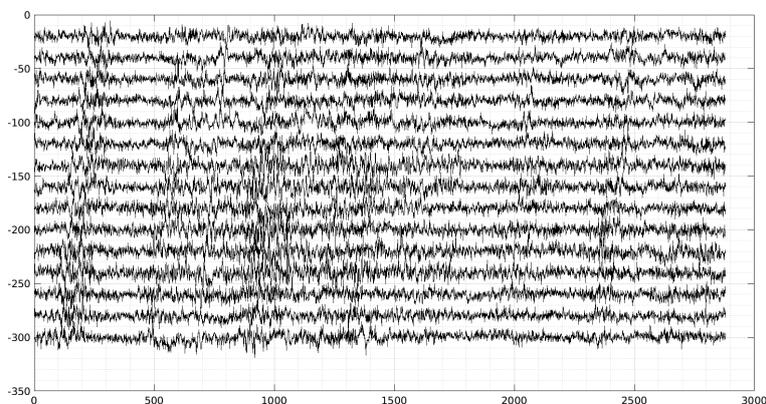


Рисунок 4 – Вариации центрированной координаты N за земные сутки (2880 эпох) для 15 исследуемых дней, расположенных друг под другом от ранних (вверху) к более поздним (внизу) со сдвигом -20 мм. Ось абсцисс – номер эпох, ось ординат – вариации N в мм.

Очевидно, из рис.4 следует, что в течение GPS суток выделяются интервалы с разными уровнями амплитуд вариаций координат, которые повторяются от цикла к циклу (через 2872 эпохи). Для определения длительности и численных характеристик этих интервальных блоков вычисляется средний модуль по каждой эпохе за 15 циклов по 2872 эпохи (рис.5).

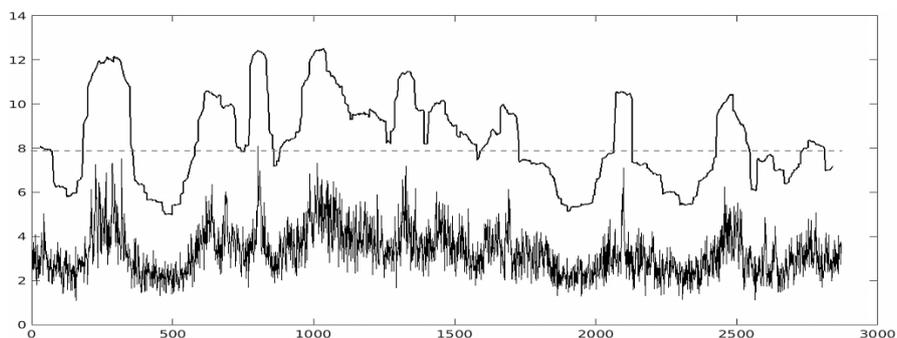


Рисунок 5 – Средний модуль для координаты N за 15 циклов по 2872 эпохи (нижний график). Верхний график – сглаженные определенным образом значения нижнего графика окном в 60 эпох. Пунктирная горизонтальная линия служит для отделения интервальных блоков. Ось абсцисс – номер эпох, ось ординат в мм

Для исключения высокочастотных вариаций нижнего графика (рис.5) применили сглаживающее окно в 60 эпох с шагом смещения в 1 эпоху и верхний график представляет собой сумму максимального и среднего значений для интервала в 60 эпох. Таким образом, полученный сглаженный график отражает загрубленную тенденцию отклонения от среднего значения для координаты N на более четко проявленных интервальных блоках. Далее встает вопрос, на каком уровне отделять интервальные блоки на сглаженном графике. Для этого ранжируем по возрастанию значения сглаженного графика и рассчитаем разницу для каждой пары последующего и предыдущего значений. Анализируя полученные разности, выделяем максимально длинный отрезок длиной в 2355 эпох, на котором разности не превышают 0.02 мм. Среднее этого отрезка составило 7.87 мм (пунктирная линия рис.5), что может служить в качестве критерия для отделения интервальных блоков друг от друга. Используя

этот критерий с экспертным заглублением (игнорируя небольшие по времени интервалы), выделено 7 интервальных блоков для координаты N (рис.6).

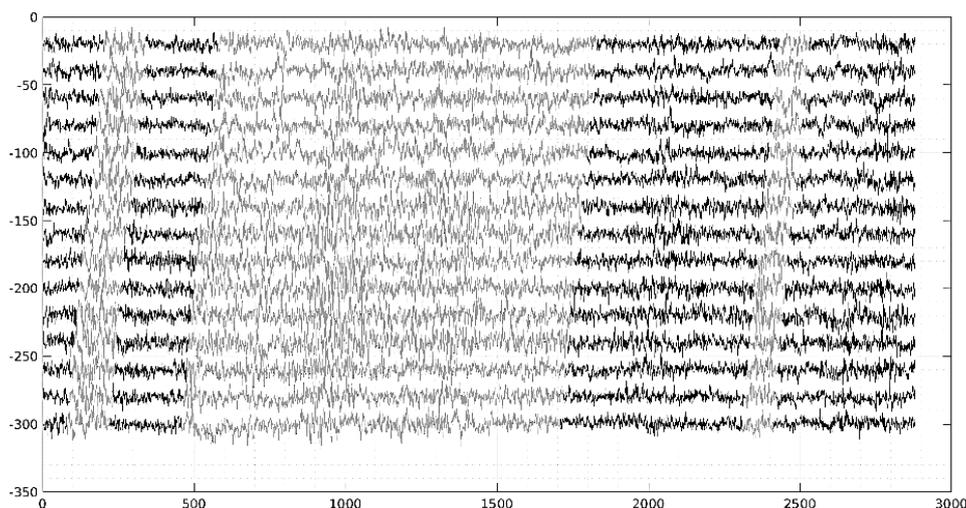


Рисунок 6 – Вариации центрированной координаты N за земные сутки в 2880 эпох с выделенными интервальными блоками. Осветленные участки соответствуют блокам с повышенным уровнем вариаций и ошибок

Выделенные интервальные блоки с разным уровнем вариаций и ошибок не имеют закономерной периодичности в распределении внутри суток. Каждый из них может быть охарактеризован следующими количественными параметрами (табл.1).

Таблица 1. Выделенные блоки и их характеристики северной компоненте станции IAT3

Блок	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>
Начало, № эпохи	1	<u>201</u>	343	<u>578</u>	1831	<u>2430</u>	2531
Конец, № эпохи	200	<u>342</u>	577	<u>1830</u>	2429	<u>2530</u>	2872
Длительность, мин	99,5	<u>70,5</u>	117	<u>626</u>	299	<u>50</u>	170,5
Размах, мм	11,2	<u>15,7</u>	9,2	<u>20,7</u>	12,4	<u>12,5</u>	11,6
СКО, мм	2,1	<u>3,3</u>	1,8	<u>3,0</u>	2,1	<u>2,8</u>	2,2

В табл.1 выделены курсивом и подчеркнуты характеристики, которые соответствуют блокам с повышенным уровнем вариаций и ошибок. Аналогичным образом были рассчитаны характеристики для координат E и U (рис.7 и 8, табл.2 и 3).

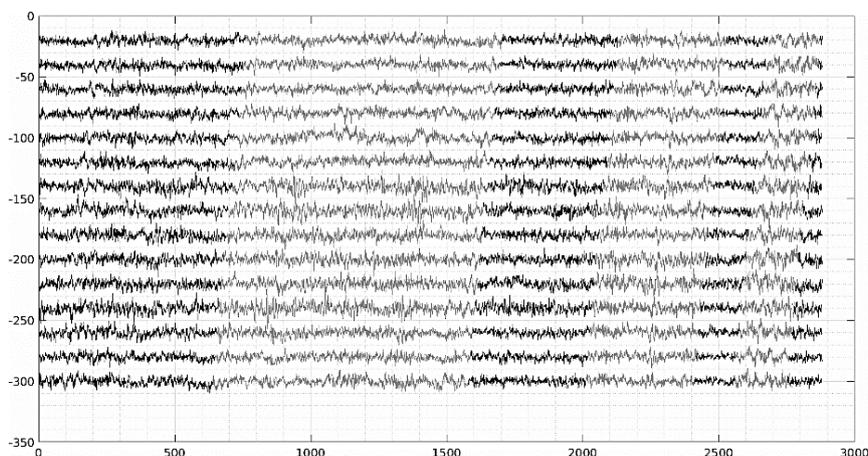


Рисунок 7 – Вариации центрированной координаты E за земные сутки в 2880 эпох с выделенными интервальными блоками. Осветленные участки соответствуют блокам с повышенным уровнем вариаций и ошибок

Таблица 2. Выделенные блоки и их характеристики по восточной компоненте станции IAT3

Блок	<u>1</u>	<u>2</u>	3	<u>4</u>	5	<u>6</u>
Начало, № эпохи	1	<u>760</u>	1831	<u>2130</u>	2531	<u>2680</u>
Конец, № эпохи	759	<u>1700</u>	2129	<u>2530</u>	2679	<u>2872</u>
Длительность, мин	379	<u>470</u>	149	<u>200</u>	74	<u>96</u>
Размах, мм	8,5	<u>11,5</u>	8,0	<u>9,8</u>	5,9	<u>10,7</u>
СКО, мм	1,7	<u>1,8</u>	1,5	<u>1,8</u>	1,3	<u>2,1</u>

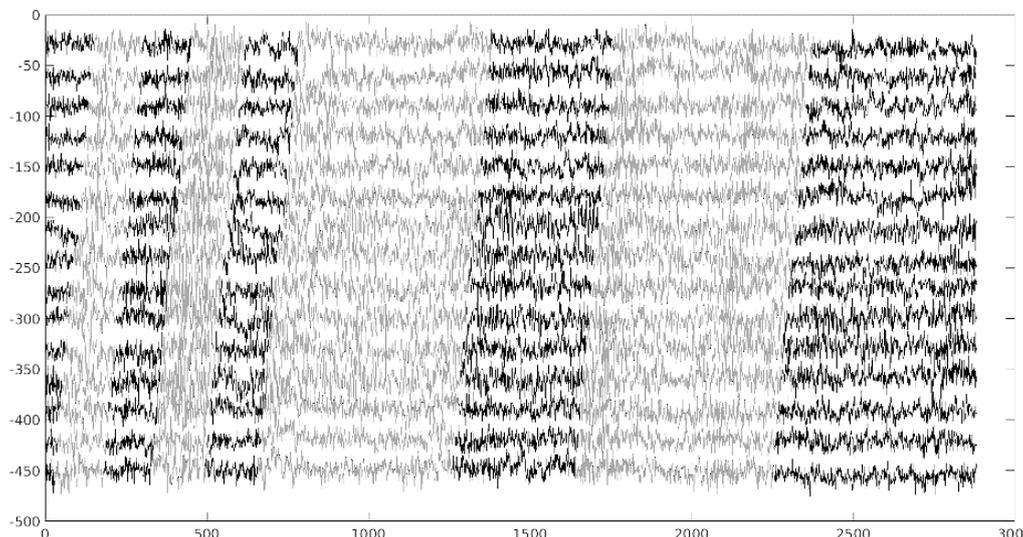


Рисунок 8 – Вариации централизованной координаты U за земные сутки в 2880 эпох с выделенными интервальными блоками. Осветленные участки соответствуют блокам с повышенным уровнем вариаций и ошибок

Таблица 3. Выделенные блоки и их характеристики по вертикальной компоненте для станции IAT3

Блок	<u>1</u>	<u>2</u>	3	<u>4</u>	5	<u>6</u>	7	<u>8</u>	9
Начало, № эпохи	1	<u>150</u>	301	<u>450</u>	616	<u>780</u>	1381	<u>1760</u>	2371
Конец, № эпохи	149	<u>300</u>	449	<u>615</u>	779	<u>1380</u>	1759	<u>2370</u>	2872
Длительность, мин	74	<u>75</u>	74	<u>82,5</u>	81,5	<u>300</u>	189	<u>305</u>	250,5
Размах, мм	15,0	<u>27,7</u>	20,8	<u>36,5</u>	22,4	<u>33,7</u>	22,4	<u>27,7</u>	23,3
СКО, мм	4,1	<u>6,1</u>	4,3	<u>6,8</u>	4,4	<u>5,4</u>	4,4	<u>5,1</u>	4,2

Делая выводы из приведенных выше рисунков и таблиц следует, что, в общем, для разных координат, выделенные разнородные интервальные блоки не совпадают по времени (эпохам). Аналогично, разным координатам соответствуют разные уровни вариаций, как для интервальных блоков с *пониженными* значениями, так и для блоков с *повышенными* значениями. Так для координаты N блоки пониженных значений вариации имеют уровень 9.2 – 12.4 мм (в среднем 11.1), для координаты E: 5.9 – 8.5 мм (в среднем 7.5), а для координаты U: 15 – 23.3 мм (в среднем 20.8). Соответственно, для блоков повышенных значений вариации координата N имеет уровень 12.5 – 20.7 мм (в среднем 16.3), координата E: 9.8 – 11.5 мм (в среднем 10.7), а координата U: 27.7 – 36.5 мм (в среднем 31.4). Очевидно, что наиболее устойчивой в вариационном плане является координата E, за ней следует N и наиболее изменчивая – координата U. Уровень вариации E в ~1.5 раза устойчивее N, координата U имеет уровень разброса по эпохам в 2-3 раза превышающий данный показатель по горизонтальным координатам.

*Автор работы выражает благодарность своему научному руководителю к.ф.-м.н., заведующему IIGPS ИС РАН С.И. Кузикову за совместное проведение работ и рекомендации по оформлению статьи.*

## Литература

1. Холмогоров А.А. Исследование возможностей повышения точности позиционирования и информативности спутниковой радионавигационной аппаратуры. Дис. ... канд. физ.-мат. наук. Иркутск: Иркутский государственный университет. 2018. 114 с.
2. Beutler G., Weber R., Hugentobler U., Rothacher M., Verdun A. (1998) GPS Satellite Orbits. In: Teunissen P.J.G., Kleusberg A. (eds) GPS for Geodesy. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-72011-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-72011-6_2)
3. IGS > Products and Analysis Information > General Information <https://kb.igs.org/hc/en-us/articles/201096516-IGS-Formats> (Ссылка доступна 17 апреля 2021)
4. Introduction to and basics of processing with track [http://geoweb.mit.edu/gg/courses/202008\\_UNAVCO/pdf/51-track\\_intro.pdf](http://geoweb.mit.edu/gg/courses/202008_UNAVCO/pdf/51-track_intro.pdf) (Ссылка доступна 17 апреля 2021)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОВЕДЕНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ НА ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ ОРБИТЕ В 2017-2020 ГГ.

Сейфуллина Б.Б., Крякунова О.Н., Цепаккина И.Л.  
*botanaika.93@gmail.com*

ДТОО «Институт ионосферы», г. Алматы, Республика Казахстан

*Аннотация. В работе исследована связь флюенса высокоэнергичных магнитосферных электронов с энергией  $>2$  МэВ на геостационарной орбите с параметрами межпланетной среды и геомагнитной активностью в 2017-2020 гг. В качестве основной характеристики поведения электронов, измеренных спутниками GOES, был выбран суточный флюенс, поскольку именно он тесно связан с неполадками спутниковой электроники. Показано, что возрастания высокоэнергичных магнитосферных электронов связаны со значительными межпланетными и магнитосферными возмущениями, но отстают от них на 1–3 дня. Рассчитаны коэффициенты корреляции флюенса электронов с Ap-индексом геомагнитной активности и скоростью солнечного ветра в день измерений флюенса, за 1, 2, 3 и 4 дня до дня измерений флюенса электронов.*

*Ключевые слова: высокоэнергичные магнитосферные электроны, суточный флюенс, межпланетные параметры.*

**Введение.** Поведение высокоэнергичных электронов в магнитосфере Земли относится к наиболее актуальным проблемам физики магнитосферы и космической погоды. Это связано, в первую очередь, с тем, что большие возрастания потоков релятивистских электронов приводят к сбоям работы космических аппаратов и в ряде случаев приводили к выходу из строя спутников [1]. Аномалии, чаще всего, были связаны с ложными командами, вызванными внутренним электростатическим разрядом. Большинство аномалий происходило из-за накопления заряда внутри электронных компонентов, вызванных электронами высоких энергий  $>2$  МэВ во время, когда флюенс электронов с энергией  $>2$  МэВ превышал  $10^8$  электронов·(см<sup>2</sup>·стер·день) в течение двух дней [1–2]. Казахстанские спутники связи KazSat-2 и KazSat-3 находятся на геостационарной орбите, где основной вклад в нарушения работы аппаратуры вносят высокоэнергичные электроны, поэтому исследование поведения высокоэнергичных электронов на геостационарной орбите в настоящее время является актуальной задачей. В то же время, высокоэнергичные магнитосферные электроны чрезвычайно опасны и для низкоорбитальных спутников с большим наклоном орбиты, таких как KazEOSat. В качестве основной характеристики поведения электронов с энергией  $> 2$  МэВ, измеренных спутниками GOES на геостационарных орбитах, был выбран суточный флюенс, поскольку именно он тесно связан с неполадками спутниковой электроники [3].

**Исследование особенностей поведения высокоэнергичных магнитосферных электронов с энергией  $>2$  МэВ на геостационарной орбите в 2017-2020 гг** является актуальной задачей для проектирования космических аппаратов при расчете срока активного существования. Поскольку для этого необходимо сделать оценки уровня основных негативных факторов в космическом пространстве на ближайшие 10-15 лет, что значит получить информацию о поведении высокоэнергичных электронов в циклах солнечной активности [4].

Для этого исследования была создана база данных, включающая в себя значения потока высокоэнергичных электронов на геостационарной орбите с энергией  $> 2$  МэВ, скорость солнечного ветра  $V_{SW}$  и параметры магнитного поля (общий вектор магнитного поля  $B_t$ , вертикальная составляющая напряженности межпланетного магнитного поля  $B_z$ ) за

2017-2020 гг. Геомагнитные  $Kp$ -индексы взяты из базы данных в Потсдамского центра наук о Земле (<ftp://ftp.gfz-potsdam.de/pub/home/obs/kp-ap/wdc/>).

Данные по электронам с космических аппаратов взяты из космофизической базы данных OMNI (<http://omniweb.gsfc.nasa.gov/ow.html>). Различные характеристики солнечного ветра в базу данных берутся с сайта ACE (<http://www.swpc.noaa.gov/ftppdir/lists/ace/>). Кроме того, существует альтернативный источник данных ACE с японского зеркала сайта данных: <http://darts.isas.jaxa.jp/pub/solar/mirror/sswdb/>.

1-минутные и 5-минутные данные характеристик солнечного ветра взяты из базы данных OMNI ([ftp://spdf.gsfc.nasa.gov/pub/data/omni/high\\_res\\_omni/](ftp://spdf.gsfc.nasa.gov/pub/data/omni/high_res_omni/)). 5-минутные первичные данные спутника GOES-13 значений потока электронов с энергией  $> 2$  МэВ взяты с сайта [ftp://ftp.swpc.noaa.gov/pub/lists/particle/Gp\\_part\\_5m.txt](ftp://ftp.swpc.noaa.gov/pub/lists/particle/Gp_part_5m.txt).

В данной работе мы считали, что электронное возмущение начинается, когда флюенс превосходит  $10^8$  электронов/(см<sup>2</sup>·стер·день).

Составлен список опасных возмущений флюенса электронов с энергий  $> 2$  МэВ на геостационарной орбите за 2017-2020 гг., во время которых суточный флюенс превышает опасный предел  $> 10^8$  электронов/(см<sup>2</sup>·стер·день). Каталог включает даты начала и окончания возмущений, максимальный флюенс, суммарный флюенс за все время события и длительность электронного возмущения. Список насчитывает 70 событий с флюенсом  $F > 10^8$  электронов/(см<sup>2</sup>·стер·день). В каталог вошли 26 событий за 2017 г., 19 событий за 2018 г., 20 событий за 2019 г. и 5 событий за январь-сентябрь 2020 г. Определена длительность электронных возмущений за этот период. Максимальная длительность 14 дней была в событии 2-15 марта 2017 г.

На рисунках 1 и 2 представлены примеры электронных возмущений вместе с параметрами межпланетной среды.

На рисунке 1 представлено самое длительное электронное возмущение, длящееся 14 дней, за исследуемый период 2017-2020 гг. Оно происходило после повышения скорости солнечного ветра до 750 км/с и умеренной магнитной бури 1-2 марта 2017 г. Поток высокоэнергичных электронов в течение 13 дней превышал сверхопасный уровень. Максимальный флюенс за это время достиг  $7.8 \cdot 10^9$  электронов/(см<sup>2</sup>·стер·день).

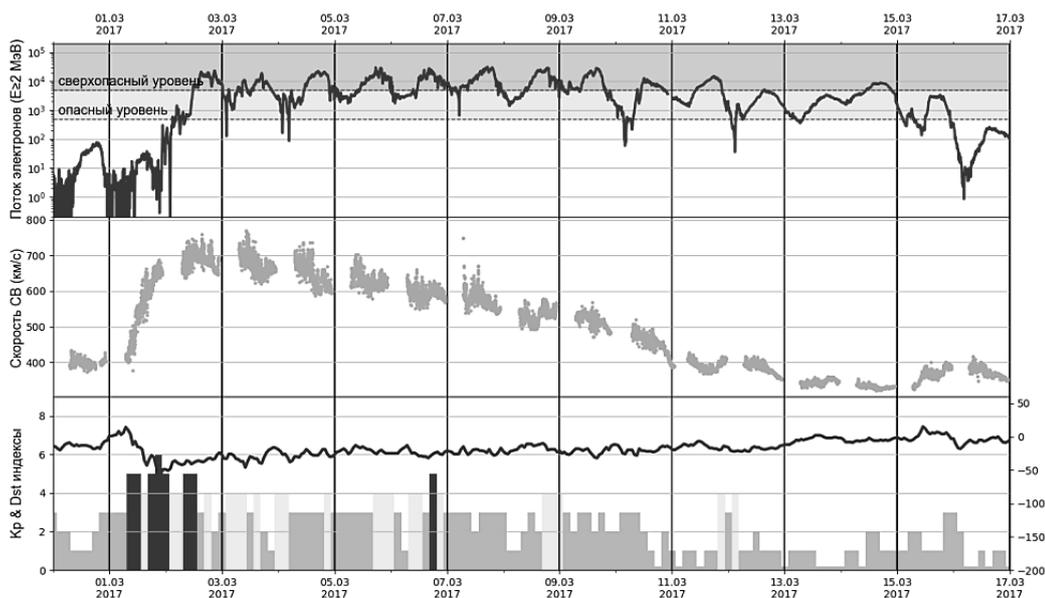


Рисунок 1 – Опасное возмущение потока электронов 2-15 марта 2017 г.

Опасное возмущение электронов на геостационарной орбите за 28 сентября – 5 октября 2017 г. наблюдалось с запаздыванием. Длительность запаздывания – около суток после прихода ударной волны в околоземное космическое пространство и скачка в скорости солнечного ветра до 720 км/с после большой магнитной бури 28 сентября 2017 г. Поток

высокоэнергичных электронов в течение 6 дней превышал сверхопасный уровень. Максимальный флюенс за это время достиг  $4.9 \cdot 10^9$  электронов/(см<sup>2</sup>·стер·день).

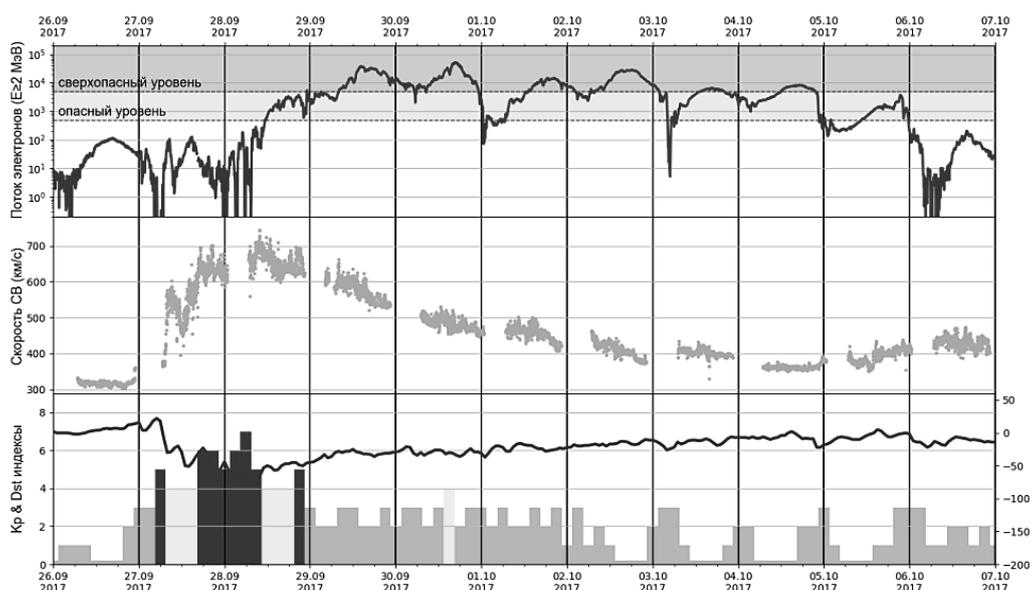


Рисунок 2 – Опасное повышение потока электронов 28 сентября – 5 октября 2017 г.

Максимальный флюенс высокоэнергичных электронов на геостационарной орбите за период 2017-2020 гг. был зарегистрирован 28 августа 2018 г. (рисунок 3) и достиг уровня  $1,5 \cdot 10^9$  электронов/(см<sup>2</sup>·стер·день). Опасное повышение уровня высокоэнергичных магнитосферных электронов происходило после повышения скорости солнечного ветра до 650 км/с и большой магнитной бури 26 августа 2018 г.

Приведем пример типичного поведения потока электронов (рисунок 3).

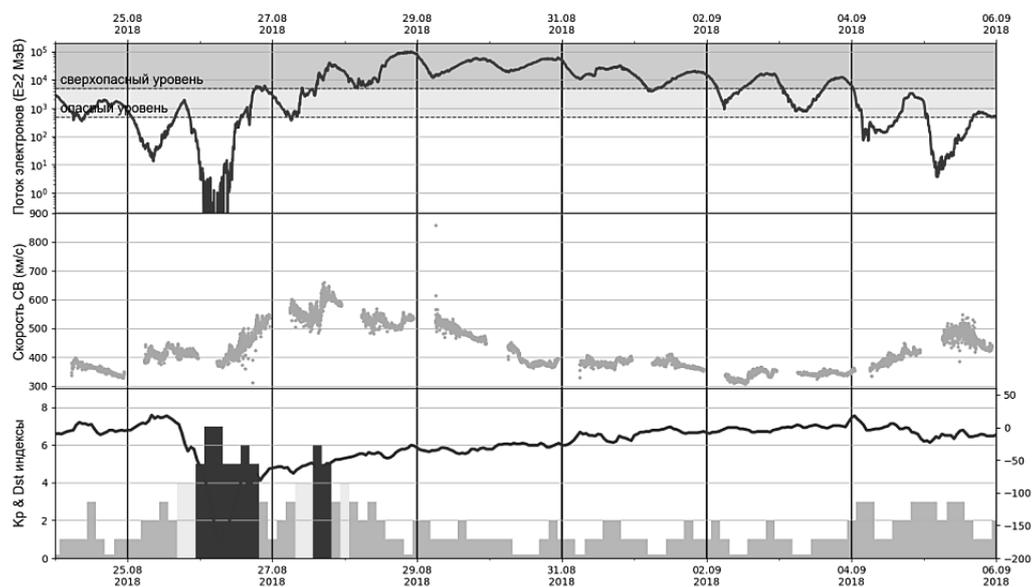


Рисунок 3 – Опасное повышение потока электронов 25 августа – 4 сентября 2018 г.

На рисунке 4 представлено самое длительное электронное возрастание, длящееся 13 дней, за 2019г. После повышения скорости солнечного ветра до 800 км/с и умеренной магнитной бури 31 августа - 1 сентября 2019 г.

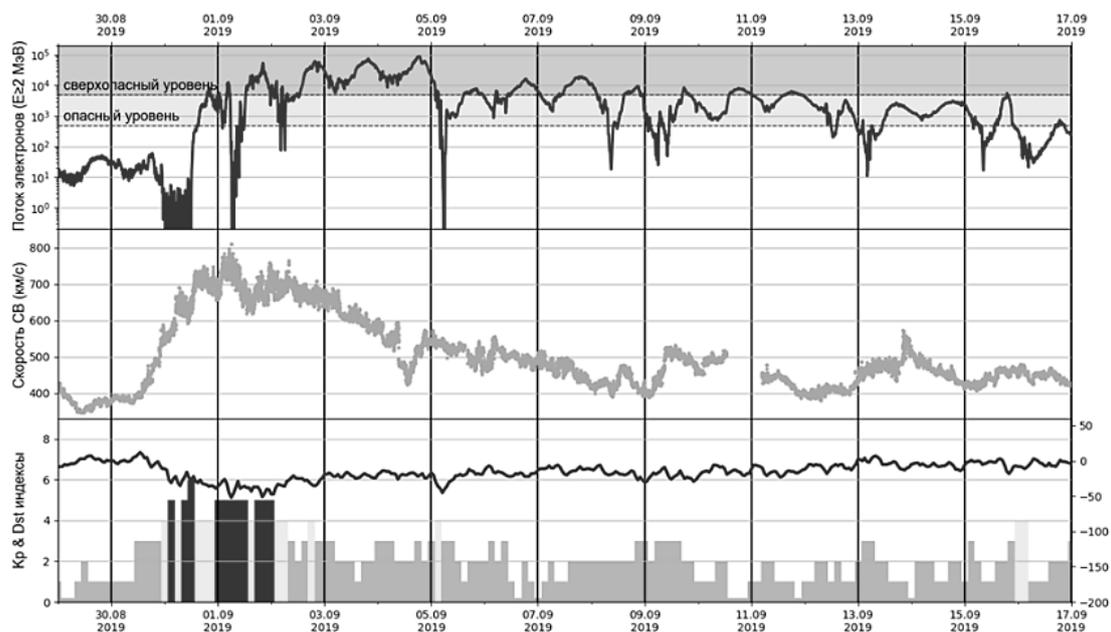


Рисунок 4 – Опасное повышение потока электронов 31 августа – 12 сентября 2019 г.

Поток высокоэнергичных электронов в течение 13 дней превышал сверхопасный уровень. Максимальный флюенс за это время достиг  $1.1 \cdot 10^{10}$  электронов/(см<sup>2</sup>·стер·день)

Таким образом, основными особенностями большинства опасных возрастаний является их появление на фоне возмущенной обстановки в околоземном космическом пространстве: повышенной скорости солнечного ветра и возмущенной геомагнитной обстановки. Показано, что типичными особенностями повышений является малая магнитная буря и повышенная скорость солнечного ветра до 800 км/с. Максимальное количество событий приходится на диапазон изменений скорости солнечного ветра 500-800 км/с, что соответствует высокоскоростным потокам солнечного ветра из корональных дыр.

**Исследование связи флюенса высокоэнергичных электронов на геостационарной орбите с параметрами межпланетной среды в 2017-2020 гг.** При исследовании поведения высокоэнергичных электронов на геостационарной орбите мы показали, что возрастание электронов в 2017-2020 гг. наблюдаются, как правило, после межпланетных и геомагнитных возмущений, опаздывая относительно них на 2-3 дня.

По данным за 2017-2020 гг. рассчитаны характеристики линейной регрессии для связи электронного флюенса со скоростью солнечного ветра с различным сдвигом: от 0 до 3 дней. При всех сдвигах имеется значимая корреляция. На рисунке 5 представлена связь флюенса электронов со скоростью солнечного ветра, при сдвиге на 2 дня.

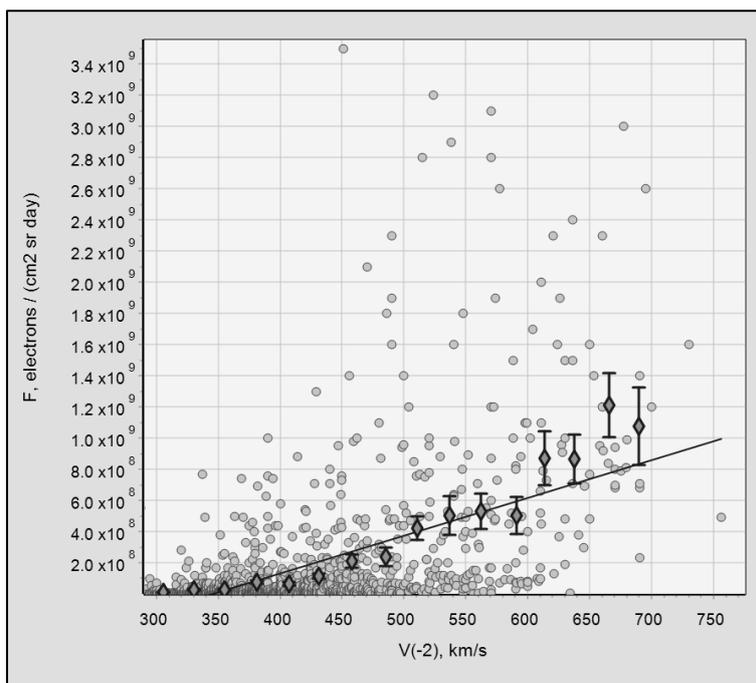


Рисунок 5 – Связь электронного флюенса и скорости солнечного ветра со сдвигом 2 дня

В этом случае коэффициент корреляции максимален и равен 0.54.

Связь между флюенсом электронов и  $A_p$ -индексом геомагнитной активности, измеренной в тот же день, очень низка (коэффициент корреляции равен 0.11). Однако, если мы используем измерения  $A_p$ -индекса за 1, 2, 3 и 4 дня ранее, то связь становится более значимой. Наиболее тесная связь с  $A_p$ -индексом геомагнитной активности (коэффициент корреляции 0.52) получена при сдвиге измерений на 3 дня (рисунок 6):

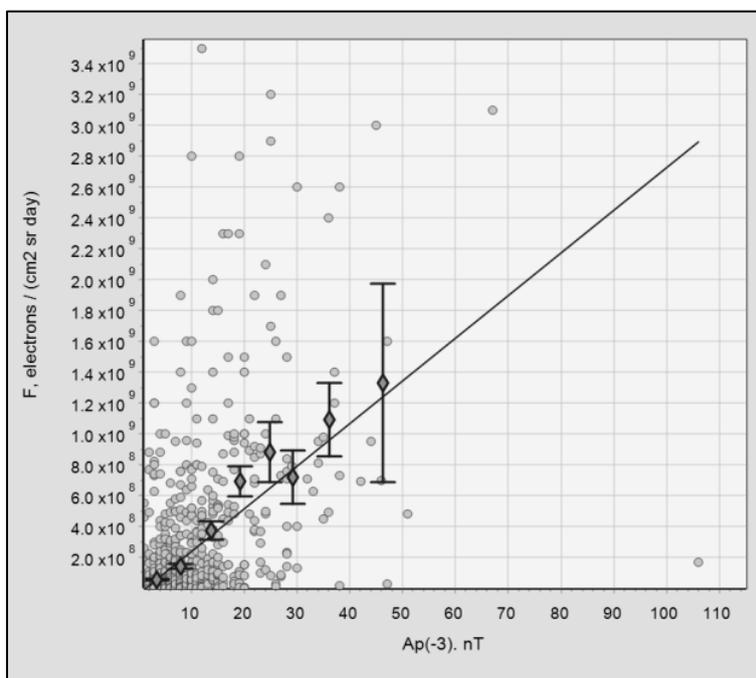


Рисунок 6 – Связь электронного флюенса с  $A_p$ -индексом геомагнитной активности, измеренным ранее за 3 дня

Мы рассчитали характеристики линейной регрессии для связи электронного флюенса со скоростью солнечного ветра и  $A_p$ -индексом геомагнитной активности с различным

сдвигом: от 0 до 4 дней. Соответствующие коэффициенты корреляции приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции между флюенсом электронов и различными параметрами

Параметр	0 день	-1 день	-2 день	-3 день	-4 день
<i>Ap</i> -индекс	0.11	0.32	0.51	0.52	0.47
Скорость СВ	0.31	0.49	0.54	0.48	-

Таким образом, из анализа экспериментальных данных за 2017-2020 гг. выявлены параметры межпланетного пространства и ближнего космоса, наиболее тесно связанные с изменениями потоков высокоэнергичных электронов на геостационарных орбитах. Ими являются: скорость солнечного ветра, измеренная на 2 дня ранее и *Ap*-индекс геомагнитной активности, измеренные ранее за 3 дня.

Следует отметить, что большинство электронных возрастаний в 2017-2020 гг. происходят после возмущений геомагнитного поля с  $Ap < 30$  нТл, что соответствует слабозвозмущенному и возмущенному уровню геомагнитного поля, и при скорости солнечного ветра  $< 700$  км/с. Такие характеристики околоземной среды соответствуют приходу высокоскоростных потоков солнечного ветра из корональных дыр.

**Выводы.** Составлен каталог электронных возрастаний за 2017-2020гг., во время которых суточный флюенс превышает опасный предел  $>10^8$  электронов/(см<sup>2</sup>·стер·день), который считается опасным и связан со сбоями спутниковой электроники космических аппаратов. Исследована связь флюенса высокоэнергичных магнитосферных электронов с энергией  $>2$  МэВ на геостационарной орбите с параметрами межпланетной среды и геомагнитной активностью в 2017-2020 гг. Рассчитаны коэффициенты корреляции флюенса электронов с *Ap*-индексом геомагнитной активности и скоростью солнечного ветра в день измерений флюенса, за 1, 2, 3 и 4 дня до дня измерений флюенса электронов. Выявлены особенности вариаций высокоэнергичных электронов на геостационарной орбите в 2017-2020 гг. Получено, что максимальное значение потока электронов наблюдается через 8.3 часа после начала возрастания.

*Работа выполнена при поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP08855916).*

#### Литература

1. Li X., Temerin M., Baker D.N., Reeves G.D. Behavior of MeV electrons at geosynchronous orbit during last two solar cycles // J. Geophys. Res. 2011. V. 116. No. A11207. Doi: 10.1029/2011JA016934.
2. Vassiliadis D., Fung S.F., Klimas A.J. Solar, interplanetary, and magnetospheric parameters for the radiation belt energetic electron flux // J. Geophys. Res. 2005. V. 110. No. A04201.
3. Wrenn G.L. Chronology of 'killer' electrons: Solar cycles 22 and 23 // J. Atmos and Sol. Terr. Phys. 2009. V. 71. P. 1210-1218.
4. Abunin A.A., Abunina M.A., Belov A.V., Gaidash S.P., Kryakunova O.N., Nikolaevskiy N.F., Pryamushkina I.I., Trefilova L.A. High-Energy Magnetospheric Electrons and Different Types of Disturbances of the Interplanetary Medium // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2019. V. 83. No. 5. P. 579-581. Doi: 10.3103/S1062873819050034

## РОЛЬ СОЛЯНОЙ ТЕКТониКИ В РАЗВИТИИ ЯХСУЙСКОЙ ВПАДИНЫ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ ТАДЖИКИСТАН)

Талбонов Р.М., Фозилов Дж.Н.  
*talbonov75@mail.ru, fozilov.tj@mail.ru*

Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Республика Таджикистан

*Аннотация. В работе рассматривается развитие соляной тектоники или соляного тектогенеза Яхсуйской впадины. Кулябская зона отличается развитием соленосных куполов, различающихся своей формой и литологическим составом. Они возвышаются на 800 м над дном долины среди красноцветных отложений неогенового возраста, имеют прекрасное геоморфологическое выражение в современном рельефе зоны. Здесь встречаются многочисленные участки солепроявления.*

*Ключевые слова: соляная тектоника, отложения, геодинамика, мощность, соленосная формация, покров, депрессия, тектонические движения*

Юго-Западный Таджикистан является представительным районом развития соляной тектоники или соляного тектогенеза и отличается по многим специфическим особенностям от классических солянокупольных типов других областей.

Афгано-Таджикский бассейн в мезозойскую эру характеризовался стабильным прогибанием и накоплением осадочных отложений, преимущественно морского, а также континентального происхождения.

В верхней юре выше известняков келловей-оксфордского возраста залегают соляно-гипсовые отложения с небольшой примесью пластического материала. По условиям залегания в пределах Юго-Западного Таджикистана залежи каменной соли относятся к куполо- и штокообразным типам, сформированным в результате плиоцен-плейстоценовых тектонических движений.

Формирование (рост) соляных куполов происходит за счет энергии поднятия соленосных пластических масс и сопровождается уменьшением мощностей вышележащих отложений и даже их полным выклиниванием. Установлено, что соленосная масса открытых куполов, или штокообразных диапиров, содержит обломки надсолевых пород, вынесенных на поверхность солью с глубины более 2 км. Приблизительные расчеты объемным методом позволяют ориентировочно определить общую массу соленосных пород. Отложения, залегающие над карбонатами келловейского и оксфордского ярусов, сложенные толщей калийной соли, гипсами и ангидритами, имеющие выходы в юго-западных отрогах Гиссара, выделяют в соленосную формацию. В настоящее время эти образования широко известны под названием гаурдакской свиты (J<sub>3</sub>). Она представлена галитно-сульфатными породами и сильно подвергнута деструкционным процессам. Нижняя ее граница в Юго-Западном Таджикистане глубоко погружена и перекрыта более поздними осадочными образованиями, поэтому о её мощности судить трудно.

Несмотря на слабую обнаженность соленосной формации, все же наиболее представительным районом распространения каменных солей является Кулябская (Яхсуйская) зона. Здесь находятся широко известные соляные купола каменной соли Ходжамумин и Ходжасартис и ряд других проявлений каменной соли.

Кулябская зона отличается развитием соленосных куполов, различающихся своей формой и литологическим составом. Они возвышаются на 800 м над дном долины среди красноцветных отложений неогенового возраста, имеют прекрасное геоморфологическое выражение в современном рельефе зоны. Здесь встречаются многочисленные участки солепроявления. Среди них месторождение Ходжамумин (рис.1), относящееся к солянокупольному и штокообразному типу [1].

По данным бурения, на некоторых месторождениях (Танапчи, Саят, Южный и Северный Пушион) соли вскрывались на глубинах от 50 до 125 м. В результате структурного бурения на

разведочных площадях Кулябской зоны установлено, что соленосная структура имеет покровный характер. Инъективный покров соленосной массы, перекрывающий структурно-тектонический рельеф расположен на глубине более 8 км. Солеподводящие каналы расположены в пределах инъективного покрова, имеющего мощность более 600 м по пробуренным скважинам. Соленосный покров находится в зоне разрыва глубокого проникновения субмеридионального простирания, располагаясь на площади Танапчи. Не исключена вероятность открытия аналогичных соленосных покровов и в других местах Кулябской зоны.

Средняя мощность вскрытых скважинами соленосных отложений составляет примерно 600 м с мощностью слоев чистой соли от 20 до 50 м. Количество слоев чистой соли в общем разрезе соленосных отложений составляет от 5 до 15 м. Для оценки прогнозных запасов Кулябской зоны, составляющей по площади примерно 8000 км<sup>2</sup>, нужно учесть, что соленосная формация имеет пластовый покров с инъективными вздутиями каменных солей мощностью до 300 м.



Рисунок 1 – Соляной купол Ходжамумин

Приблизительные расчеты дополнительного геостатического давления показывают, что оно увеличилось более чем на 10 мг/см<sup>2</sup>, что создало благоприятные условия для проявления соляного тектогенеза во всех его формах, включая и диапиризм (рост куполов). Соляные дислокации разнообразной величины и формы распространены на участках, где имеются соленосные отложения. Площади их распространения называют солянокупольными областями или областями соляной тектоники.

Подобная картина развития соляных куполов в Кулябской соленосной зоне и, вообще, в Таджикской депрессии, не наблюдается. Встречаются лишь отдельные факты выноса солями обломков («ксенолиты») размером порядка 2×3 м надсолевых (нижнемеловых) пород с глубины более 2-х км. Здесь в разрезе никто не фиксировал изменение в локальных складках мощностей надсолевых отложений, вызванных конседиментационным формированием складок за счет энергии внедрения солей в их сводовые части. Допалеогеновые палеоструктуры (стратоструктуры) в своем развитии изменялись как в пространстве, так и во времени. Поэтому формирование этих структур нельзя объяснить причинами соляного тектогенеза, а имеющиеся в разрезе стратифицированных отложений перерывы и стратиграфические несогласия в надсолевых отложениях являются региональными. В таблице 1 даны характеристики выхода на поверхность инъективных тел соленосной формации.

Традиционно считается, что локальные складки современного структурного плана были сформированы только в конце олигоцена-миоцена. В начале плиоцена завершилось формирование локальных складок, причем следов активного влияния соленосных отложений и процессов диапиризма в образовании складок не зафиксировано.

Таблица 1 –Выходы на поверхность инъективных тел соленосной формации

Наименование проявления	Морфология инъективного тела на поверхности	Расположение в структуре III порядка (принадлежность к тектонической зоне)
Уртабоз		
Саят		
Алимтай	Покровное криптосоленое плоское тело.	
Ходжамумин	Открытое штокообразное в связи с разрывом	Кулябская
Ходжасартис	Открытое куполообразное	Синклинальная зона
Танабчи	Открытое штокообразное в связи с разрывом	
Южный Пушион	Линейное покровное в связи с разрывом	
Южный Пушион	Штокообразное в связи с разрывом	
Северный Пушион	Штокообразное в связи с разрывом	
Санглак	Штокообразное в связи с разрывом	Обигармская антиклинальная зона
Нурек	Линейное в связи с разрывом	
Кангурт	Линейное в связи с разрывом	

На начальном этапе формирование локальных складок в Таджикской депрессии протекало без влияния каменных солей. При этом значительное изменение мощностей отложений не происходило. Усиление тектонической напряженности в Альпийско-Гималайском орогеническом поясе в плиоцен-четвертичное время выразилось в Таджикской депрессии повсеместным развитием разрывных нарушений. Происходило усложнение существовавшей складчатой структуры чешуйчато-надвиговыми дислокациями. Эти движения привели к активизации эрозионной деятельности. В это время создавались благоприятные условия для проявления соляного тектогенеза во всех его формах.

Пластичность материалов с ростом давления увеличивается, а увеличение давления обуславливает не только изменение физико-механического состояния соленосной толщи, но и развитие процессов перераспределения ее мощностей и усложнение складчатой структуры. Складки в начале неогена представляли довольно простые пологие конформные поднятия в подсолевом и надсолевом комплексах отложений. Они еще не были затронуты разрывными нарушениями и процессами соляной тектоники.

В четвертичное время намечается активное воздействие соляного тектогенеза на надсолевой комплекс, проявившегося в результате регионального сжатия Таджикской депрессии. Результатом этого движения явилось формирование сбросов и структур локального растяжения в сводовых участках поднятий. Сбросы генетически связаны с внедрением больших масс каменной соли в сводовые части поднятий, сопровождающиеся заполнением солью, а также образованием мелких инъективных дислокаций. По времени они соответствуют завершающей стадии альпийского тектогенеза.

**Выводы.** Усиление тектонической напряженности в Альпийско-Гималайском орогеническом поясе в плиоцен-четвертичное время выразилось в Таджикской депрессии, в том числе Яхсуйской впадине, повсеместным развитием разрывных нарушений, усложнением существовавшей складчатой структуры чешуйчато-надвиговыми структурами. Дислокации мезозойско-кайнозойских отложений Яхсуйской впадины характеризуются значительной интенсивностью, тем не менее, признаки крупноамплитудных тектонических срывов по кровле соленосной юры не установлены.

#### Литература

1. Талбонов Р.М., Фозилов Дж.Н. Развитие соляных месторождений Кулябской зоны в связи с четвертичной тектоникой // Геология, генезис и закономерности размещения полезных ископаемых. Материалы конф., посвящ. 70-летию со дня рождения чл.-кор. АНРТ, проф. Файзиева А.Р. Душанбе. 2008. С. 151-154.

## ЮРСКИЙ ЭТАП УГЛЕНАКОПЛЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ РАВНОУ (ЗАПАДНЫЙ ДАРВАЗ)

Фозилов Дж.Н., Алидодов Б.А., Талбонов Р.М.  
fozilov.tj@mail.ru

Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Республика Таджикистан

*Аннотация. Формирование угленосной толщи Равноу протекало в субплатформенном этапе на различных стадиях тектонических движений. Нижнеюрский этап характеризовался весьма слабым характером тектонических движений. В тех районах, где углеобразование начиналось с самых низов юрского этапа, угли накапливались во впадинах за счет доюрского рельефа. Юрские угли средне-высокозольные, но несравненно менее зольные, чем триасовые, более выдержанные, лучшего качества и более обильные. В составе золы не содержится вулканогенный материал.*

*Ключевые слова: толща Равноу, Иокуньж, средне-высокозольные, Юрские угли, нижнесреднеюрские отложения гумусовые, лимнические.*

**Введение.** Юрские угли имеют широкое распространение в Средней Азии, в том числе на территории Таджикистана в изученном нами регионе. Особенно широко представлены угленосные нижнесреднеюрские отложения на Юго-Западном Дарвазе (рис.1), включая месторождение Равноу, где представлены мощной толщей ниже-среднеюрских отложений, протяженностью около 100 км по долине р. Оби-Ниюу [1].

Угленосные отложения по Равноу установлены на протяжении 30 км от верховья реки Иокуньж – на юге до верховья Оби-Равноу – на севере. Вскрытые угольные пласты на участке Равноу сложного строения, количество и мощность их резко меняются. Принятая средняя мощность для подсчета запасов – 3.36 м [1].

В структурном отношении собственно Равноу и Юго-Западный Равноу приурочены к западному крылу Лянгарской антиклинали, которая с двух сторон ограничена разрывами, вследствие чего породы её восточного крыла имеют опрокинутое залегание. Пласты падают на восток и юго-восток под углами 60-80°. Восточный участок Равноу приурочен к ядру упомянутой антиклинали, шарнир которой погружается в южном направлении под углом 10-15°.

Угольная пачка слагает низы нижней юры и толщу аален-байоса. Угленосная толща общей мощностью 450-550 м. содержит в разрезе от 16 до 23 пластов и пропластков угля мощностью от 0.05 до 4.5 м, причем все крупные пласты мощностью свыше 0.6 м представлены глинистым углем или пластами сложного состава [2]. По данным В.С. Лучникова (Лучников и др. 1968) в этом регионе встречено несколько участков углепроявления: Даштиджум, Ваглиль, Яхшо-Сайдун, Куляхо-Гринг, Гринг-Шкель-Дара.

Каждое из углепроявлений и вся угленосная толща в целом интересны для изучения, а некоторые из них могут представлять практическое значение. Однако месторождения с крупными пластами в этом районе отсутствуют. Резко преобладают тонкие прослои углей в 3-8 см. Чистые угли мощностью 0,4 м и выше встречаются единично. Преобладают угли аален-байосские. Лейасовые угли более редки, и они в основном линзовидные, сложного состава и строения. Аален-байосские угли простого строения и состава, но, как правило, они высокозольные.

Среди дарвазских углей наибольший интерес представляет месторождение Равноу.

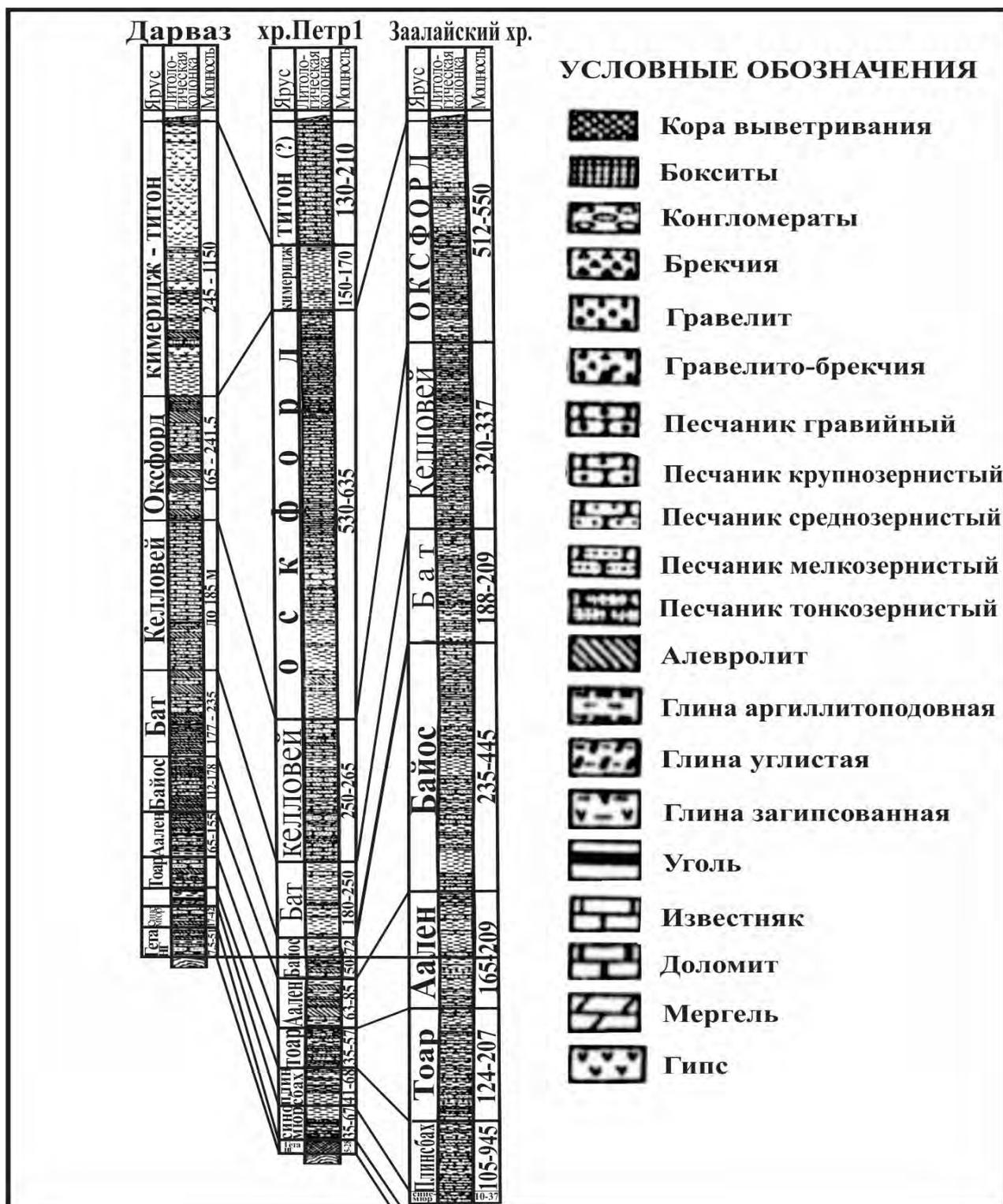


Рисунок 1 – Стратиграфическая колонка угленосных отложений Западного Дарваза

Каменноугольное месторождение Равноу расположено в бассейне р. Оби-Равноу на восточном склоне хр. Хозретишо. Месторождение впервые установлено Е.А. Репман (1936), изучалось В.С. Лучниковым (Лучников и др. 1962,1965,1989) [3].

В пределах месторождения было известно 3 угольных пласта, отчетливо выделяемые в обрывистых склонах. Мощность их – 0,9, 5,6, 6,0 м. Пласты простого строения, массивные. В результате разведочных работ пласты прослежены на 8 км. Установлено 4 угольных пласта, 3 из которых имеют региональное развитие. Мощности пластов изменяются от 1 до 14,3 м. Все пласты в основном имеют простое строение, крепкие, массивные. Характерно

комплексно-полосчатое строение. В центральной зоне месторождения угли на небольшом расстоянии становятся полосчатыми, содержат прослои углистых пород.

Пласты углей крутопадающие (45-55°), в сторону противоположного склона. Сложные горно-геологические условия резко ухудшают проведение открытой отработки угля. Это меняет перспективы месторождения, усложняет разведку и эксплуатацию его. Угли блестящие, полублестящие, редко матовые. Техническая характеристика углей Равноу приводится в табл. 1.

Таблица 1. Техническая характеристика углей Равноу (%)

№ п/п	Порода	Влага	Зола		Выход летучих веществ на горючую массу	Сера общая
			Зола лабораторная	Зола на сухую массу		
1.	Уголь	6.65	27.85	29.83	37.60	0.536
2.	Уголь	12.69	23.63	27.03	39.04	0.778
3.	Уголь	9.46	25.81	28.51	33.83	0.158
4.	Уголь	9.95	17.60	19.54	33.87	0.178
5.	Уголь	9.17	15.35	16.90	36.16	0.285
6.	Уголь	10.32	24.82	27.68	39.52	0.239
7.	Уголь	10.47	25.63	28.63	36.35	0.221
8.	Уголь	9.77	20.04	22.21	35.62	0.419
9.	Уголь	9.52	21.79	24.08	37.68	0.240
10.	Уголь	7.58	36.58	39.58	38.06	0.189
11.	Уголь	8.07	23.33	25.38	35.03	0.160
12.	Уголь	9.57	26.78	29.61	34.19	0.305
13.	Уголь	7.93	36.00	39.10	33.23	0.319
14.	Уголь	8.00	30.62	33.28	32.63	0.220
15.	Уголь	9.18	20.55	22.63	34.33	0.813
16.	Уголь	10.82	26.35	29.55	37.91	0.104
17.	Уголь	7.54	32.38	35.02	39.40	0.163
18.	Уголь	10.70	16.40	18.37	37.01	0.217
19.	Уголь	9.49	20.33	22.46	33.74	0.71
20.	Уголь	7.16	17.08	18.39	33.79	0.118
21.	Уголь	7.59	6.61	7.15	26.60	0.137

Угли месторождения преимущественно средне-высокозольные, находятся в зоне интенсивного выветривания, значительно окислены.

В целом угленосная толща Равноу в нижней половине содержит значительное количество углистого материала и все породы окрашены в темный цвет. Формирование угленосной толщи Равноу протекало в субплатформенный этап на различных стадиях тектонических движений. Нижнеюрский этап характеризовался весьма слабым характером тектонических движений. В тех районах, где углеобразование начиналось с самых низов юрского этапа, угли накапливались во впадинах за счет до юрского рельефа [4].

Следует отметить, что все угли накапливались в континентальных условиях; они гумусовые, лимнические, чисто осадочного образования.

При подсчете запасов на участках Юго-Западного Равноу и Восточного Равноу угленосность не изучалась, поэтому, принята по аналогии с собственным Равноу.

По петрографическим признакам угли месторождения относятся к полублестящим полосчатым и матовым – однородным углям.

В 1968 г. при пересчете запасов прогнозные запасы месторождения Равноу были оценены в 160 млн.т., которые распределялись следующим образом:

1. Собственно, Равноу – I группы кондиционные до глубины 1800 м в количестве 18 млн.т., II группы кондиционные в количестве 32 млн.т.
2. Юго-Западный Равноу – II группы кондиционные до глубины 1800 и в количестве 110 млн.т.
3. Восточный Равноу – II группы без количественной оценки, как запасы площади, на которой на глубине предполагается наличие угленосных отложений.

В процессе оценки 1963г., в основном прогнозные ресурсы оставлены в цифрах предыдущих подсчетов 1968 г. Дополнительно к прогнозным ресурсам категории  $P_2$  отнесены ранее подсчитанные запасы по категории  $C_1$  и  $C_2$  собственно Равноуского месторождения, которые не учтены балансом, в количестве 19 млн.т. Прогнозные запасы, примыкающие к разведанному участку до глубины 1800 м, отнесены к категории  $P_1$  в количестве 18 млн. т.

Прогнозные ресурсы в контурах угленосных площадей, прилегающих с юго-запада и северо-востока к разведанной части месторождения до глубины 1800 м, отнесены к прогнозным ресурсам категории  $P_3$  в количестве 32 млн., как прогнозные ресурсы потенциально перспективных площадей [5].

Юрские угли средне-высокозольные, но несравненно менее зольные, чем триасовые, более выдержанные, лучшего качества и более обильные. В составе золы не содержится вулканогенный материал.

#### Литература

1. Лучников В.С., Фозилов Дж.Н. Геологическое строение угольного месторождения Равноу // Материалы 3-ей конф. молодых ученых ТГНУ «Олимони Чавон ва илми муосир». Душанбе. 2003. С. 89-90.
2. Лучников В.С., Фозилов Дж.Н. Фациально-тектонические условия формирования триасовых отложений Памиро-Алая // Материалы науч.-теор. конф. профессорско-преподавательского состава ТГНУ. Душанбе. 2003. С. 65.
3. Лучников В.С. Триас и юра юго-востока Средней Азии. Стратиграфия, история геологического развития. Автореф. дис. д-ра геол.-мин. наук. Ташкент. 1989. 30 с.
4. Лучников В.С. Юрские отложения Таджикской депрессии и ее горного обрамления в связи с перспективами их нефтегазоносности. Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. М.; Душанбе. 1968. 23 с.
5. Фозилов Дж.Н. Качественная и количественная характеристики углей каменноугольного месторождения Равноу (Юго-Западный Дарваз) // Материалы науч.- теор. конф. профессорско-преподавательского состава, сотрудников и студентов. Душанбе. 2002. С. 69.
6. Фозилов Дж.Н. Каменноугольное месторождение Равноу - основной поставщик угля для Памира // Материалы 1-ой конф. молодых ученых ТГНУ «Олимони чавон ва илми муосир». Душанбе. 2001. С. 89.
7. Фозилов Дж.Н. Некоторые вопросы генезиса каменноугольных месторождений Равноу и Мионаду (Дарвазский хребет) // Материалы 3-ей конф. молодых ученых ТГНУ «Олимони чавон ва илми муосир». Душанбе. 2003. С. 89-90.

## ЗОЛОТОНОСНЫЕ ТЕЛА В РУДНЫХ ЗАЛЕЖАХ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ТАЛДЫБУЛАК ЛЕВОБЕРЕЖНЫЙ (КЫРГЫЗСТАН)

Чарский В.П.

*taga\_@rambler.ru*

Институт геологии им. М.М. Адышева НАН КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация. На основе изучения зональности в рудных телах термоэлектрическим методом, который состоит в определении термоэлектрических параметров кристаллов пирита, удастся выявлять золотоносные тела в рудной залежи, пробуренной скважиной. На примере среднетемпературного золоторудного месторождения Талдыбулак Левобережный показано, что золотоносные тела в скважинах, приурочены к пиритам р-типа проводимости, появляются тогда, когда происходит смена типа проводимости пирита (с n-типа на р-тип). Предложенный автором способ по выявлению золоторудных тел по электрическим параметрам пирита с оперативной оценкой того, “добурена” или “перебурена” скважина относительно золотоносной зоны, позволяет экономить на метраже при бурении скважин, а также на проведении химических анализов на золото, на подготовку проб к анализам и т.д.*

*Ключевые слова: месторождение, рудное тело, рудная залежь, золото, пирит, зональность, термоэлектрические параметры, скважина, проводимость, коэффициент ТЭС*

Полезные ископаемые далеко не всегда являются доступными для непосредственного наблюдения и исследования. Поэтому они познаются через изучение зональности в рудных залежах (через изменение каких-либо определенных свойств в рудных залежах [1 - 4] и др.). Существуют различные зональности в рудных залежах - минералогическая, кристалломорфологическая, геохимическая, термоэлектрическая, метасоматическая и др., которые выявляются различными методами исследования [1, 4-10].

Зная зональность рудной залежи и приуроченность золоторудной минерализации к определенному типу ее изменчивости, можно прогнозировать такие параметры, как размах оруденения, глубину распространения и эрозионный уровень среза рудной залежи и др. [1, 7, 10].

Весьма эффективным методом изучения зональности в рудных залежах является термоэлектрический метод. [5, 8-12]. Он заключается в определении термоэлектрических параметров кристаллов пирита в рудных залежах.

Среди золоторудных месторождений пирит есть наиболее распространенный минерал в рудных залежах и поэтому является “удобным” минералом для выявления и изучения пространственно-временной зональности в рудных залежах [1, 4].

Энергетическая изменчивость кристаллов пирита, как по латерали, так по вертикали, коррелирует с энергетической изменчивостью (зональностью) самой рудной залежи [2, 3].

Как пример выявления золотоносных тел в рудных залежах, пробуренных скважиной, приведено месторождение Талдыбулак Левобережный (Кыргызстан). Из рисунка 1 видно, что золотоносные тела в скважинах, приурочены к пиритам р-типа проводимости и появляются тогда, когда происходит смена типа проводимости пирита (с n-типа на р-тип проводимости).

На разных месторождениях преобладают разные типы проводимости кристаллов пирита [1, 4, 12]. На золоторудных высокотемпературных месторождениях преобладают пириты n-типа проводимости. Для них наиболее контрастным параметром, отражающим

изменчивость (зональность) пиритов в рудных залежах, является температурный коэффициент сопротивления.

Для среднетемпературных месторождений, к которым относится месторождение Талдыбулак Левобережный, параметрами, отражающими изменчивость кристаллов пирита в рудной залежи, является изменение КТЭДС (коэффициент ТЭДС) [1].

Данный способ определения добурена скважина или перебурена к рудному телу является экономичным и экологичным. Особенно он эффективен при разбурировании рудных узлов из штольни, когда надо оперативно знать “добурена” или “перебурена” скважина относительно золотоносной зоны.

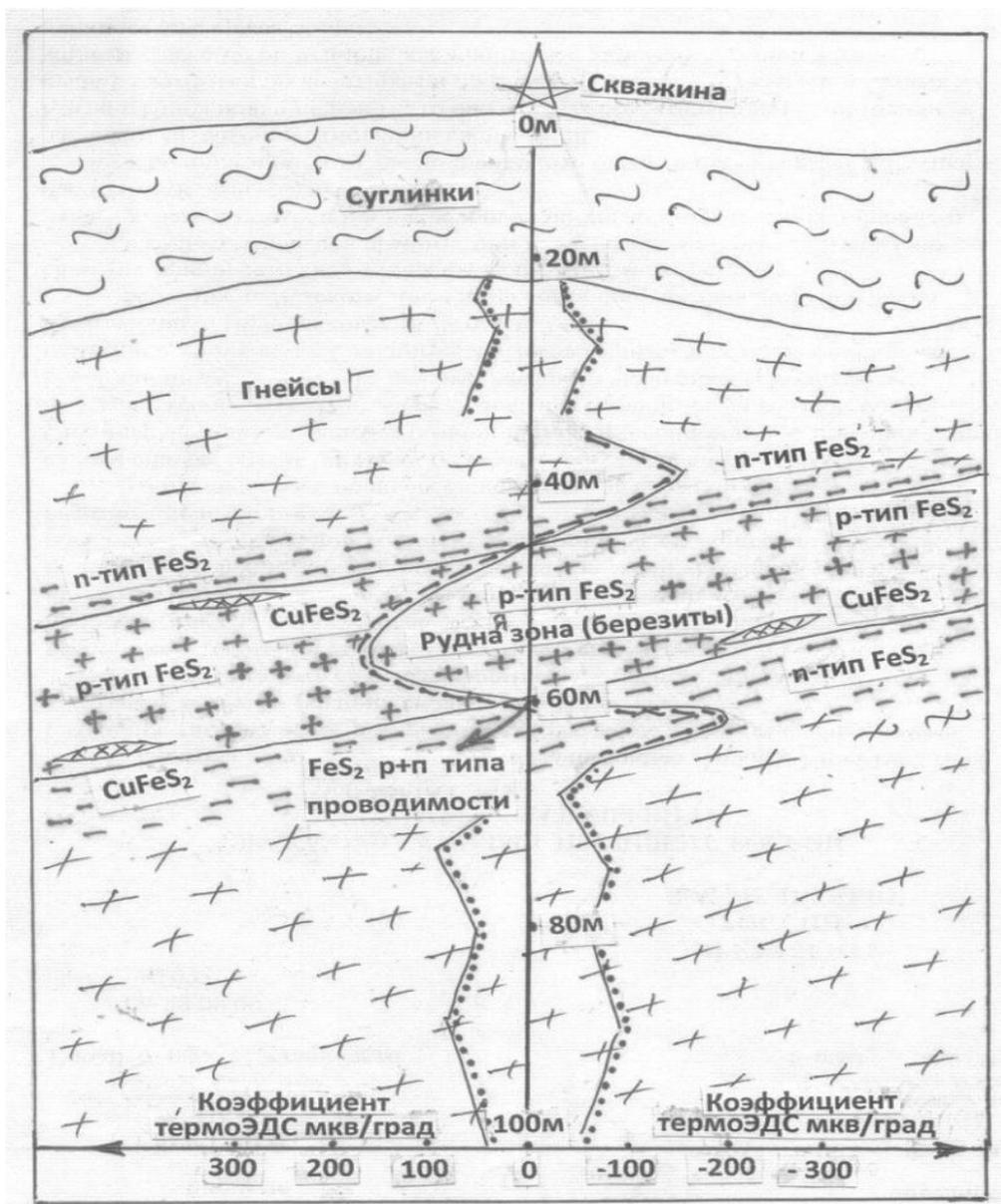


Рисунок 1 – Обобщенная схема изменения типа проводимости кристаллов пирита, в полой пластовой рудной залежи на месторождении Талдыбулак Левобережный. Золотоносная зона приурочена к р-типу проводимости пирита

Данный способ оценки “добурена” или “перебурена” скважина относительно золотоносного рудного тела позволяет экономить метраж при бурении скважин, а также экономить на проведении химических анализов на золото, на подготовку проб к анализам (дробление, истирание проб и др.).

## Литература

1. Пшеничкин А.Я., Гаврилов Р.Ю., Пономаренко М.А. Пириты золоторудного месторождения Западное (Бодайбийский район) // Успехи современного естествознания. 2015. № 1-6. С. 981-984; URL: <http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37988>)
2. Романов В.Г. Зональность рудных месторождений как основа технологической типизации руд // Экологические проблемы и новые технологии комплексной переработки минерального сырья (Плаксинские чтения): Труды междунар. совещ. Ч. IV. М.-Чита: ЧитГТУ. 2002. С. 181-188.
3. Чарский В.П. Эволюция метакристаллов пирита в рудных залежах на месторождении Талдыбулак Левобережный // Известия НАН КР. 2015. № 2. С. 28-33.
4. Фаворов В.А., Красников В.И., Сычугов В.С. Некоторые факторы, определяющие изменчивость полупроводниковых свойств пирита и арсенопирита // Известия АН СССР. Сер. геол. 1972. № 11. С. 72-84.
5. Григорьев Д.П., Евзикова Н.З., Зидарова Б., Костов И., Кузнецов С.К., Малеев М., Минев Д.А., Попов В.А., Чесноков Б.В., Шафрановский И.И., Юшкин Н.П. Закономерность пространственно-временного изменения морфологии минеральных индивидов в процессах природного кристаллообразования // Открытия СССР. 1983. № 35. С. 17-20.
6. Гурьевич А.С., Зезюлина Э.Д. Устройство для измерения термо-ЭДС минералов. Авторское свидетельство СССР №757951 // Бюл. открытий и изобретений. 1980. № 31. С. 184.
7. Евзикова Н.З. Поисковая кристалломорфология. М.: Недра. 1984. 142 с.
8. Красников В.И., Гурьевич А.С., Сычугов В.С., Фаворов В.А. Способ исследования природных полупроводниковых минералов и устройство для его осуществления. Авторское свидетельство СССР №567153 // Бюл. открытий и изобретений. 1977. № 28. С. 140.
9. Лапушков В.М., Романов В.Г., Гурьевич А.С. Полевой прибор для определения типа проводимости полупроводниковых материалов // Геофизическая аппаратура. 1981. Выпуск. 74. С. 91-94.
10. Методические рекомендации по использованию электрических свойств рудных минералов для изучения оценки эндогенных месторождений / Забайкал. комплекс. НИИ. Л., 1983. 91 с.
11. Чарский В.П. Эволюция морфологии метакристаллов пирита в рудных залежах на месторождении Талдыбулак Левобережный // Инженер. Бишкек. 2015. № 9. С. 106-112.
12. Шуй Р.Т. Полупроводниковые рудные минералы. Л.: Недра. 1979. 288 с.

**ОПТИМАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ  
ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ  
(НА ПРИМЕРЕ ЮРСКИХ ПЕСЧАНИКОВ ПЛАТО УСТЮРТ)**

Шеров М.Р., Бегматов Б.Б., Мирзаахмедов М.М., Давиров А.О.  
mtm6886@mail.ru, sherov.muhriddin@mail.ru  
АО «ИГИРНИГМ», г. Ташкент, Республика Узбекистан

*Аннотация. Статья посвящена подбору оптимального комплекса петрофизических и геофизических исследований для определения коллекторских свойств Акчалакского месторождения Устюртского нефтегазоносного региона. Дан подробный анализ геологического строения терригенных пород юрских отложений Устюртского региона и проведенных комплексных геофизических исследований скважин по продуктивным горизонтам месторождения Акчалак. Составлена литолого-петрографическая характеристика продуктивных пластов. Определены фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) пород продуктивных пластов. Установлены граничные значения коллекторов отложений нижней юры. Построены петрофизические зависимости. Даны рекомендации по включению в уже имеющийся комплекс петрофизических исследований образцов керна дополнительных методов ГИС.*

*Применение рекомендуемых современных методов ГИС будет способствовать более детальному изучению подсчетных параметров и ФЕС сложных коллекторов юрских терригенных отложений.*

*Ключевые слова: геофизические исследования скважин (ГИС), нефтегазоносность, коллектор, геологоразведочные работы, месторождение, сейсморазведка, комплексный анализ, залежь, порода, нефть, газ.*

**Введение.** В административном отношении месторождение Акчалак относится к Кунградскому району Республики Каракалпакстан. Непосредственно на месторождении и на прилегающей к нему территории населенные пункты отсутствуют. Ближайший административный центр – город Кунград (рис.1).

Дневная поверхность площади работ сложена сыпучими песками, суглинками, супесями, солончаками, местами сильно соленосными отложениями, малопригодными для возделывания технических и плодовоощных культур. Характер почв находится в неразрывной связи с рельефом, гидрографией и климатическими условиями бассейна. Почвы песчано-луговые, малоплодородные, характеризуются высокой карбонатностью, засоленностью и незначительным содержанием гумуса.

Исследование геологического строения Куаныш-Коскалинского вала началось ещё в тридцатые годы прошлого столетия. В результате этих работ была выявлена высокая перспективность региона, где в последующем было открыто большое количество месторождений нефти и газа.

Месторождение Акчалак расположено в районе, где выполнен значительный объем региональных и поисково-детальных геолого-геофизических исследований (геологическая съемка, электроразведка, магниторазведка, гравиразведка и сейсморазведка), структурное и глубокое бурение.

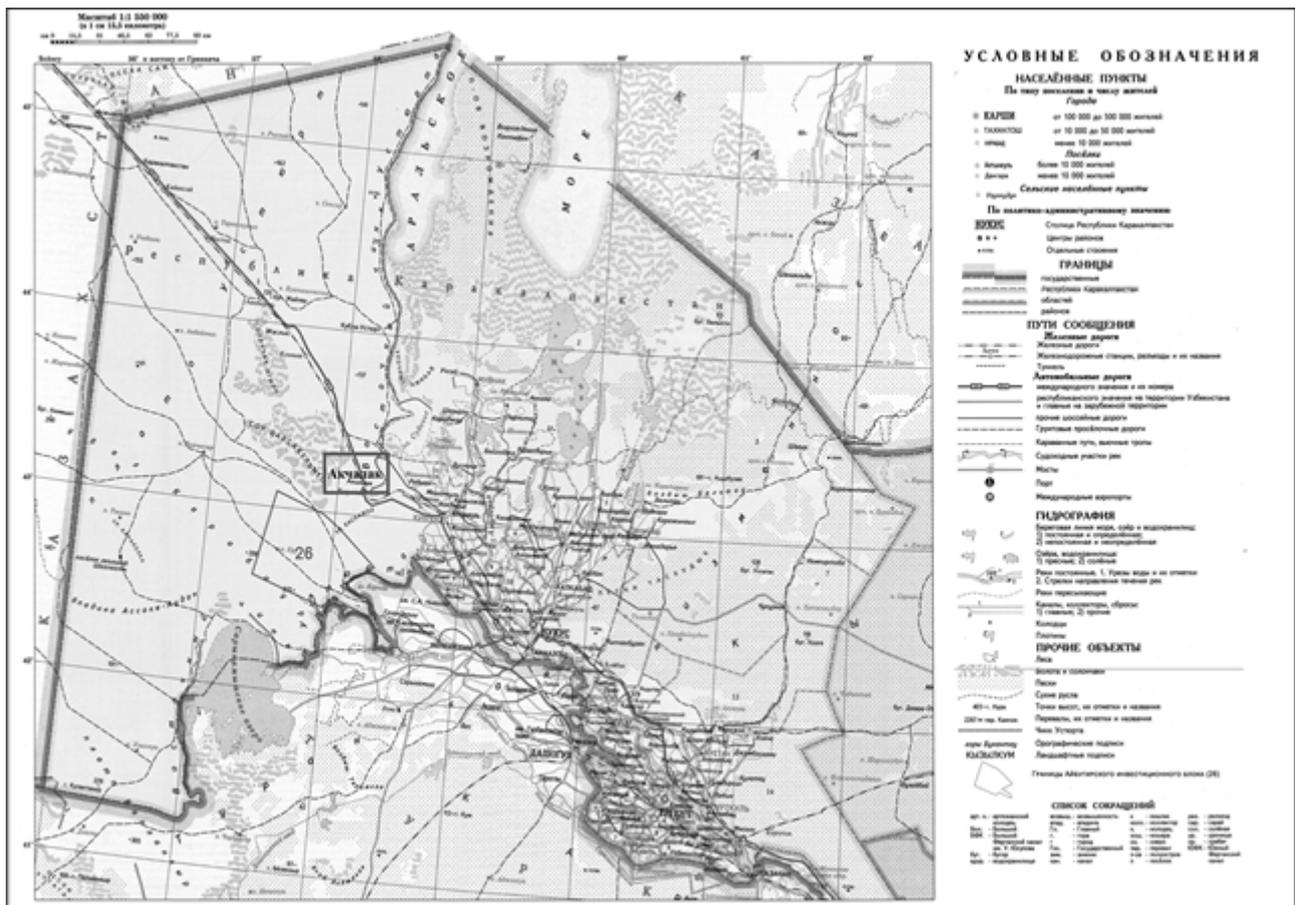


Рисунок 1 – Обзорная карта

В геологическом строении центральной части Куаныш-Коскалинского вала выделяются два структурно-формационных этажа: палеозойские образования (фундамент) и мезо-кайнозойский осадочный чехол. Осадочный чехол представлен осадками юрской, меловой, палеогеновой и неоген-четвертичной систем, залегающих с резким угловым и стратиграфическим несогласием на породах палеозоя.

В тектоническом отношении площадь Акчалак располагается в центральной части Куаныш-Коскалинского вала, который разделяет Барсакельмесский и Судочий прогибы (рис.2). По фундаменту вал разбит на блоки многочисленными разломами. Наиболее приподнятыми являются Коскалинское (на юге) и Куанышское (на севере) поднятия. Центральная часть вала состоит из грабен-горстовых структурных элементов, разделенных разломами.

На Акчалакском месторождении залежи газа и конденсата приурочены к нижнесреднеюрским песчаным коллекторам, которые представлены аллювиальными отложениями [1,2].

Программой работ в глубоких скважинах на Устьурте предусмотрен следующий комплекс ГИС:

- масштаб глубин 1: 500 по всему стволу, стандартный каротаж, ПС, ДС, профилометрия, ГК, инклинометрия, АКЦ, ОЦК, термометрия;
- масштаб глубин 1: 200 по всему стволу, стандартный каротаж, ПС, ДС, МКЗ, БМК, ГГМ-п, БК, АК, ИК, ГК, ННК, БКЗ.

На месторождении Акчалакское разрез пласта J1 представлен терригенными отложениями – алевролитами, песчаником мелкозернистым, алевролитистым, известковистым, а так же алевролитом тонкослоистым с переслаиванием глин.

Обработка и интерпретация данных ГИС проведена в разрезах скважин №№ 12, 13, 24 с использованием программы Камертон [3-5].

На месторождении Акчалак проведен следующий комплекс геофизических методов:

- Кавернометрия.
- Боковой каротаж.
- Гамма-каротаж.
- Нейтрон-нейтронный каротаж по тепловым нейтронам.
- Акустический каротаж.
- Индукционный каротаж.
- Гамма-гамма каротаж.

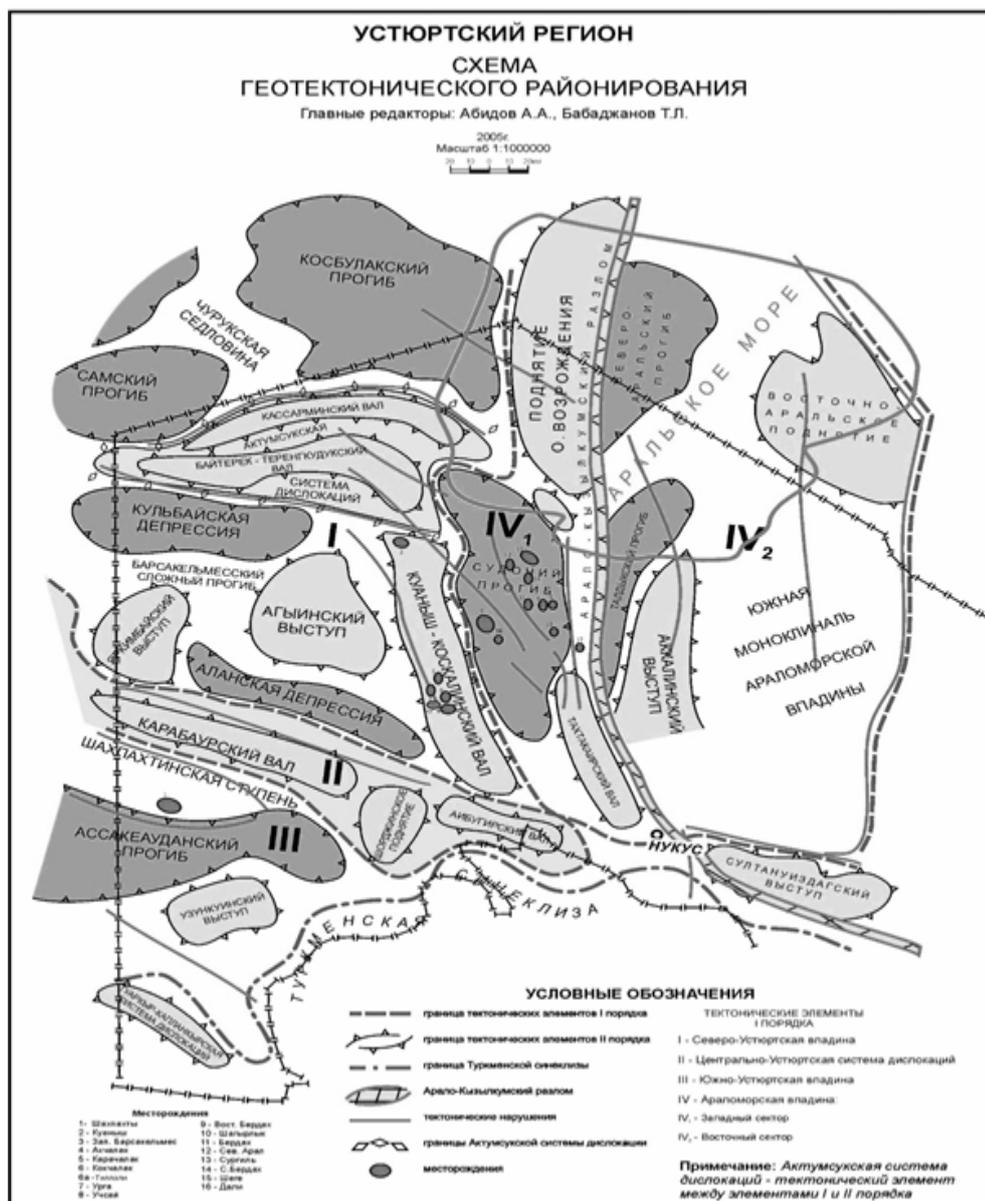


Рисунок 2 – Схема геотектонического районирования Устыртского региона

С целью петрофизической интерпретации данных ГИС строились связи типа “керна-керна”, которые использовались для разработки алгоритма интерпретации ГИС на Акчалакском месторождении [3-5]. Построены связи:  $P_n = f(K_n)$  и  $P_n = f(K_v)$ ,  $K_{np} - K_n$ ,  $K_{np} - K_n \cdot \varepsilon_f$ ,  $K_n - K_{vo}$ , где:  $K_n$  – коэффициент открытой пористости,  $P_n$  и  $P_n$  – параметры, соответственно, пористости и насыщенности,  $K_{vo}$  – коэффициент остаточной водонасыщенности,  $K_{np}$  – коэффициент проницаемости и  $K_n \cdot \varepsilon_f$  – коэффициент эффективной пористости.

По материалам скважины № 24 построены гистограммы распределения пористости, проницаемости и остаточной водонасыщенности (рис.3, 4).

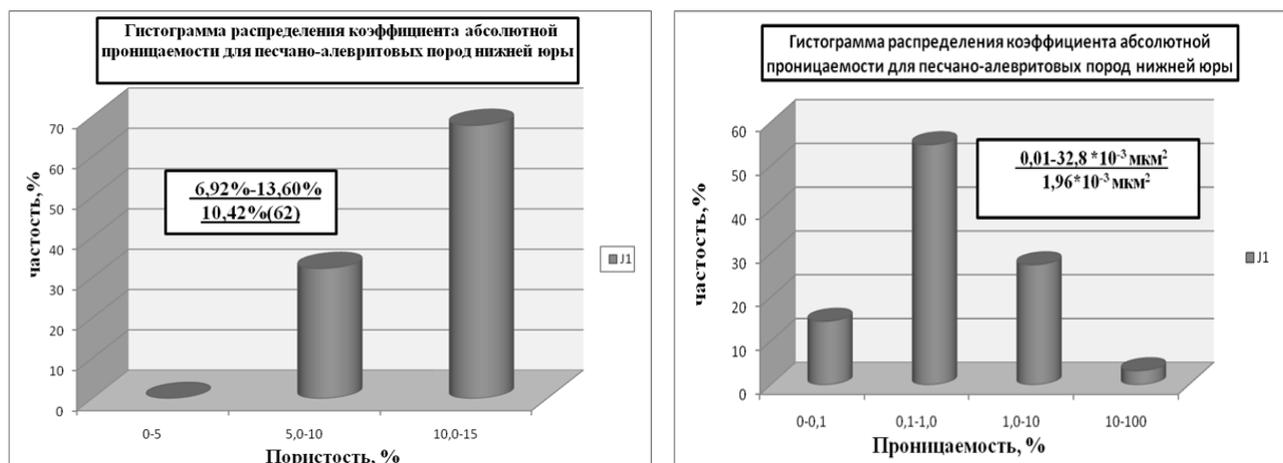


Рисунок 3 – Гистограмма распределения коэффициента пористости (слева) и абсолютной проницаемости (справа) для песчано-алевритовых пород нижней юры

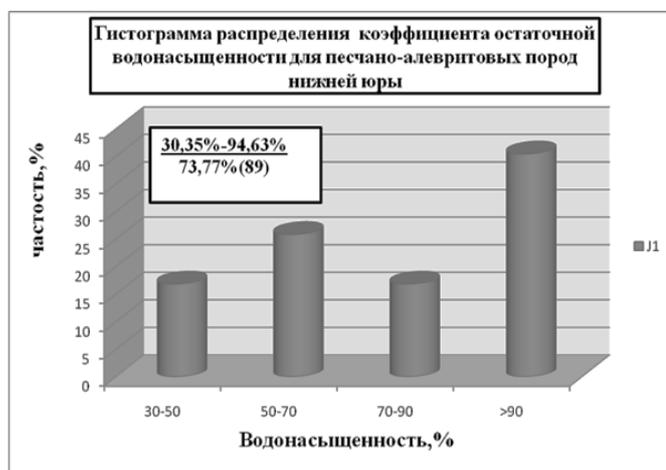


Рисунок 4 – Гистограмма распределения коэффициента водонасыщенности для песчано-алевритовых пород нижней юры

Результаты изучения фильтрационно-емкостных свойств песчано-алевритовых пород изучаемой скважины позволяют сделать вывод, об их существенной неоднородности по коэффициентам пористости, газопроницаемости и водонасыщенности.

Обработка геофизической информации проводилась в программе Камертон. Результатами обработки явились количественные определения следующих параметров: коэффициентов глинистости  $K_{гл}$ , коэффициентов открытой пористости  $K_{п}$ , коэффициентов эффективной пористости  $K_{п.эф}$ , коэффициентов проницаемости  $K_{пр}$ , коэффициентов газонасыщенности  $K_{нг}$ , выделение эффективных толщин коллекторов  $H_{эф}$ .

По материалам ГИС решались задачи:

- литологическое расчленение разреза;
- выделение коллекторов;
- определение пористости;
- определение характера насыщения и оценка газонасыщенности пород.

Рассмотрим итоги обработки данных геофизических исследований на примере результатов, полученных в скважине № 24 (рис.5).

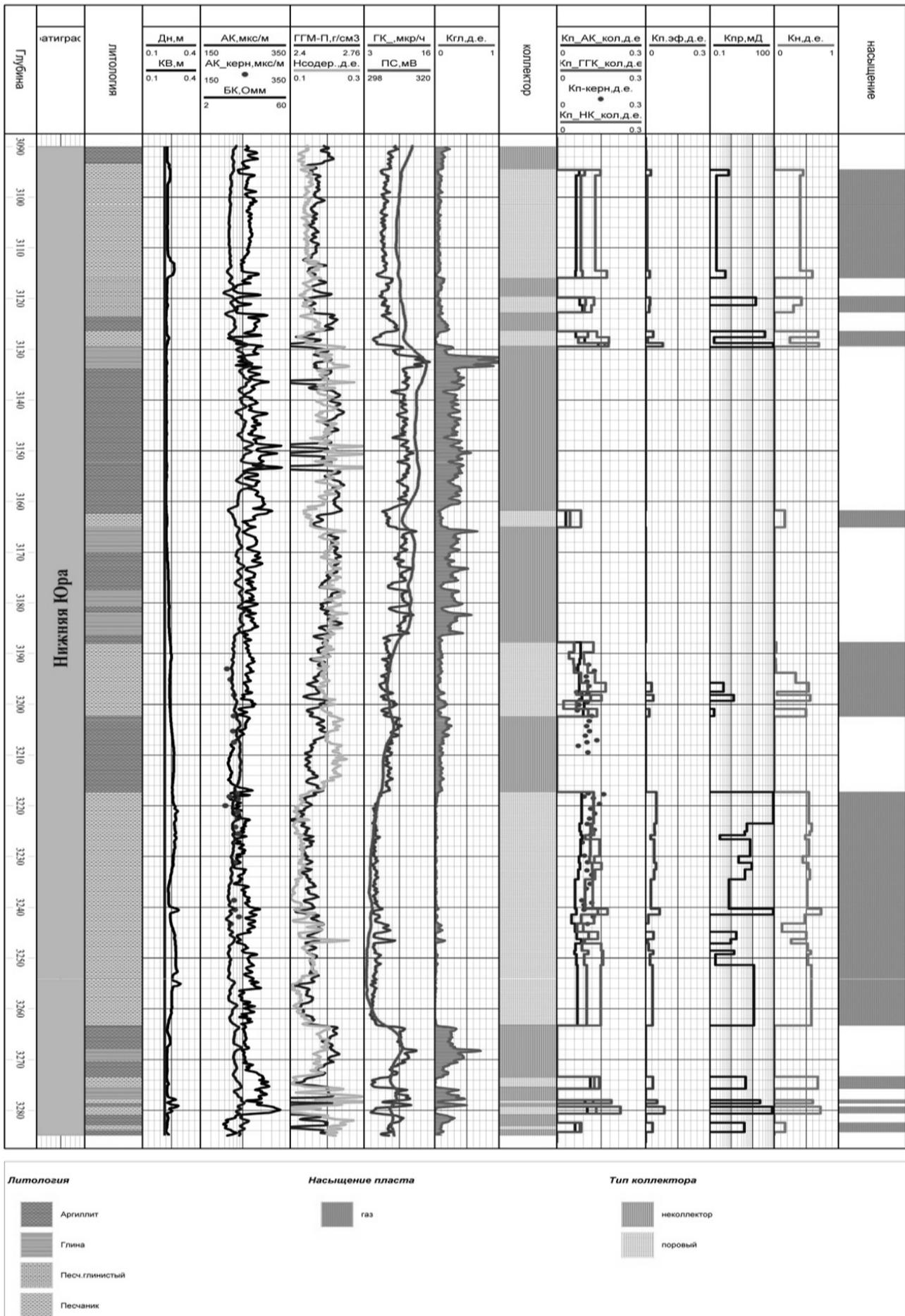


Рисунок 5 – Результаты промыслово-геофизических исследований в скважине №24

**Выводы и рекомендации.** При выполнении работы получены нижеследующие результаты.

1. Проанализированы данные исследования фильтрационно-емкостных свойств на образцах керна нижнеюрских коллекторов месторождения Акчалак.
2. Проведена обработка данных ГИС в 3 скважинах месторождения Ачалак. Определены значения пористости ( $K_p$  = от 10% до 19%), проницаемости ( $K_{пр}$  = от 0,1мД до 100мД), насыщенности ( $K_n$  = 40 до 75%), и глинистости ( $K_{гл}$  = от 4 до 15%).
3. Выделены коллекторы
4. Определена глинистость коллекторов по данным ГК.
5. Определена пористость коллекторов по данным методов НГК и АК.
6. Определена газонасыщенность коллекторов по данным ИК.

Из-за влияния газа на показания значения НГК (пористость занижается), подсчитанные параметры для оценки запасов газа приняты по результатам данных акустического каротажа (АК). Замеры акустического каротажа (АК) во многих скважинах удовлетворительные, однако в некоторых скважинах замеры АК низкого качества из-за этого в некоторых скважинах имеется затруднение в определении значения пористости пород коллекторов.

В дополнение к имеющемуся комплексу петрофизических исследований образцов керна можно рекомендовать определение следующих параметров [6,7]:

- Дополнит комплекс ГИС с ЯМР, ИННК и ВАК.

Преимущество ядерно-магнитного метода – выделение тонкослоистых пластов и определение эффективной пористости коллекторов.

ИННК применяют для определения газонасыщения и положения ГВК, ВНК и ГНК.

ВАК позволяют более точно определить петрофизическую модель изучаемого геологического объекта, что необходимо для интерпретации геофизических методов в этих терригенных коллекторах.

- Рентгено-структурный анализ. Для изучения вещественного состава обломочной части породы и ее глинистой составляющей.
- Определение фазовой проницаемости на образцах керна для уточнения граничного значения коэффициента проницаемости, принятого в настоящий момент.
- Проведение геохимических исследований, а именно пиролез образцов керогена нефтематеринских отложений.

### Литература

1. Абдуллаев Г.С., Богданов А.Н., Эйделнант Н.К. Месторождения нефти и газа Республики Узбекистан. Ташкент: Zamin nashr. 2019. 820 с.
2. Дивеев И.И. Уточнение геологической модели и пересчет запасов нефти, газа и конденсата месторождения Южный Кемачи. Ташкент: УзЛИТИнефтегаз. 2014.
3. Золоева Г.М., Лазуткина Н.Е. Комплексная интерпретация геофизических данных с целью оценки параметров коллекторов. М.: Макс Пресс .2009. 147 с.
4. Кулапова М.В., Хохлова М.С. АРМ специалиста по интерпретации данных ГИС. Учеб. пособие по интерпретации данных ГИС в системе «Камертон». М. 2011. 112 с.
5. Латышова М.Г., Мартынов В.Г., Соколова Т.Ф. Практическое руководство по интерпретации данных ГИС: Учеб.пособие для вузов. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр». 2007. 327 с.
6. Кожевников Д.А., Коваленко К.В. Изучение коллекторов нефти и газа по результатам адаптивной интерпретации геофизических исследований скважин. М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. 2011. 219 с.
7. Промысловая геофизика: Учебник для вузов / Под ред. В.М. Добрынина, Н.Е. Лазуткиной. М.: Нефть и газ, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. 2004. 400 с.

## ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОЕНИЯ НИЖНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕРДАХСКОГО ВАЛА СЕВЕРО-УСТЮРТСКОЙ ВПАДИНЫ

Эшметова Ш.У.<sup>1</sup>, Юлдашева М.Г.<sup>1</sup>, Мухутдинов Н.У.<sup>2</sup>  
yuldasheva@ing.uz

<sup>1</sup>АО «ИГИРНИГМ», г. Ташкент, Республика Узбекистан

<sup>2</sup>Госкомитет по геологии и минеральным ресурсам, г. Ташкент, Республика Узбекистан

*Аннотация.* Выполнено уточнение геологического строения нижнеюрских отложений территории центральной части Бердахского вала с помощью цифрового трехмерного геологического моделирования для обоснования поиска залежей углеводородов.

*Ключевые слова:* сейсморазведка, тектоника, юра, песчаники, поиск, скважина, газ, конденсат, газонасыщенность, моделирование

**Введение.** Перспективы газоносности нижнеюрских отложений Бердахского вала Устюртского нефтегазоносного региона доказаны получением промышленных притоков газа и конденсата на пяти месторождениях, расположенных как в бортовых частях вала, так и в северной его части. [1]. В данной работе для уточнения строения была выбрана центральная часть, по которой с помощью программного комплекса Petrel была построена модель строения вскрытой части нижнеюрских отложений для обоснования целесообразности продолжения поисковых работ с целью поиска залежей углеводородного сырья.

Для построения геологической модели территории был создан массив сейсмических данных с использованием геолого-геофизической информации глубокого бурения, с учетом которых была выполнена интерпретация сейсмического материала [1]. В результате была создана структурная модель, дополненная структурной моделью разломов[2].

В результате геологическая модель по отражающему горизонту, приуроченному к кровельной части нижнеюрских отложений, представляет собой приподнятую территорию, разбитую на блоки тектоническими нарушениями. В структурном плане состоит из серии субмеридианально расположенных структур Шимолий (Северный) Бердах, Инам и Арслан, в двух последних открыты залежи газа и конденсата. В центральной части отчетливо выражено изометричное террасообразное поднятие, оконтуренное изолинией минус 3100 м, вдоль которого в северном направлении трассируются разломы. Купол к западу от месторождения Инам представляет собой брахиантиклиналь субмеридионального простирания, более контрастного строения, достигающий в сводовой части отметки минус 3050 м, который через небольшую ундуляцию граничит с северным куполом, в пределах которого открыто месторождение Арслан. С западной и восточной частях наблюдается постепенное погружение отражающего горизонта до отметок минус 3500 м (рис. 1).

При проведении поискового бурения на площади Шимолий Бердах в скважинах №№ 1, 2, 6 из отложений нижней юры получены слабые притоки газа. Открытие месторождений Арслан и Ином позволили прогнозировать возможную продуктивность нижней юры и в пределах структуры Шимолий Бердах, где по геолого-геофизическим данным наблюдаются увеличенные толщины нижнеюрских отложений с ориентировочным диапазоном 2300-4100 м. Ранее, с целью определения потенциала газоносности нижнеюрских отложений, были пробурены две поисковые скважины. В поисковой скважине № 1 Куйи Шимолий Бердах в разрезе нижнеюрских отложений были выделены около 15 пластов различной мощности от 1,6 до 52 м, возможно, продуктивных, с насыщением 51-79%. Начиная с глубины 3352-3500 м, отмечается преобладание песчано-гравелитовых пород с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами, по ГИС коэффициент открытой пористости составил 10-12%. По данным ГТИ повышенные суммарные газопоказания были отмечены с глубин 3677 м до 3809

м (1,62-18,62%). Однако при проведении испытания были получены лишь слабые притоки газа.

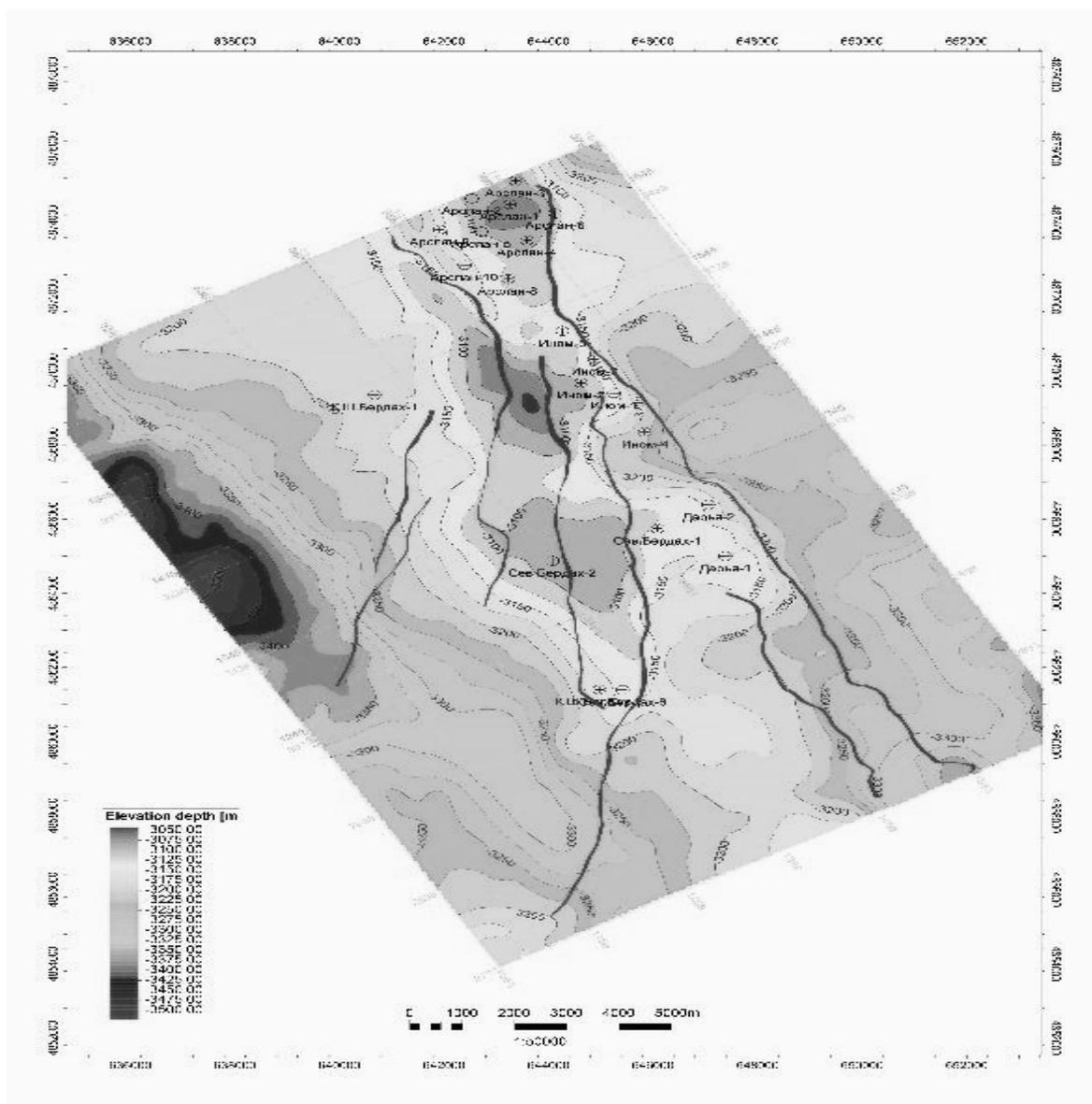


Рисунок 1 – Структурная карта по кровле отражающего горизонта  $T_{IV}$ , приуроченного к кровле нижнеюрских отложений

В поисковой скважине № 2 по данным ГТИ с глубины 3198 м до 3238 м были отмечены максимальные значения суммарных газопоказаний до 8%. По данным ГИС было выделено девять интервалов смешанного насыщения до 53%. Здесь также, при проведении испытания были получены слабые притоки газа [3].

Согласно выполненному моделированию видно, что пробуренные скважины находятся ниже оконтуренного свода Шимолый Бердах и за пределами возможного контура газоносности, который, судя по продуктивным скважинам, ограничивается изогипсой минус 3150 м.

При этом в южном направлении отмечается пологое углубление и сужение поверхности нижнеюрских отложений, которое постепенно опускается ориентировочно на 100 м (рис. 2).

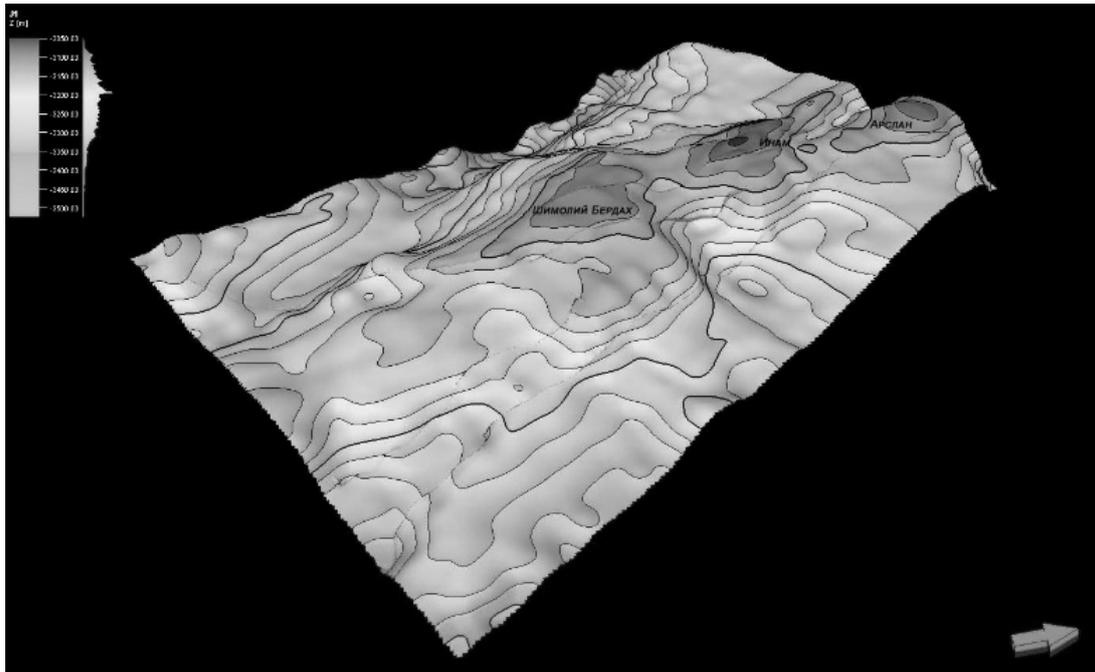


Рисунок 2 – Трехмерная модель центральной части Бердахского вала

Строение вскрытой части нижнеюрских отложений показывает сложное, порой линзообразное строение, которое влияет на результаты опробования и продуктивность. При этом, на рисунке 3 видно, что мощность пластов не выдержана по площади, наблюдаются выклинивания. При более детальной корреляции можно заметить, что продуктивные пласты даже в соседних скважинах не выдержаны, имеют различные фильтрационно-емкостные свойства.

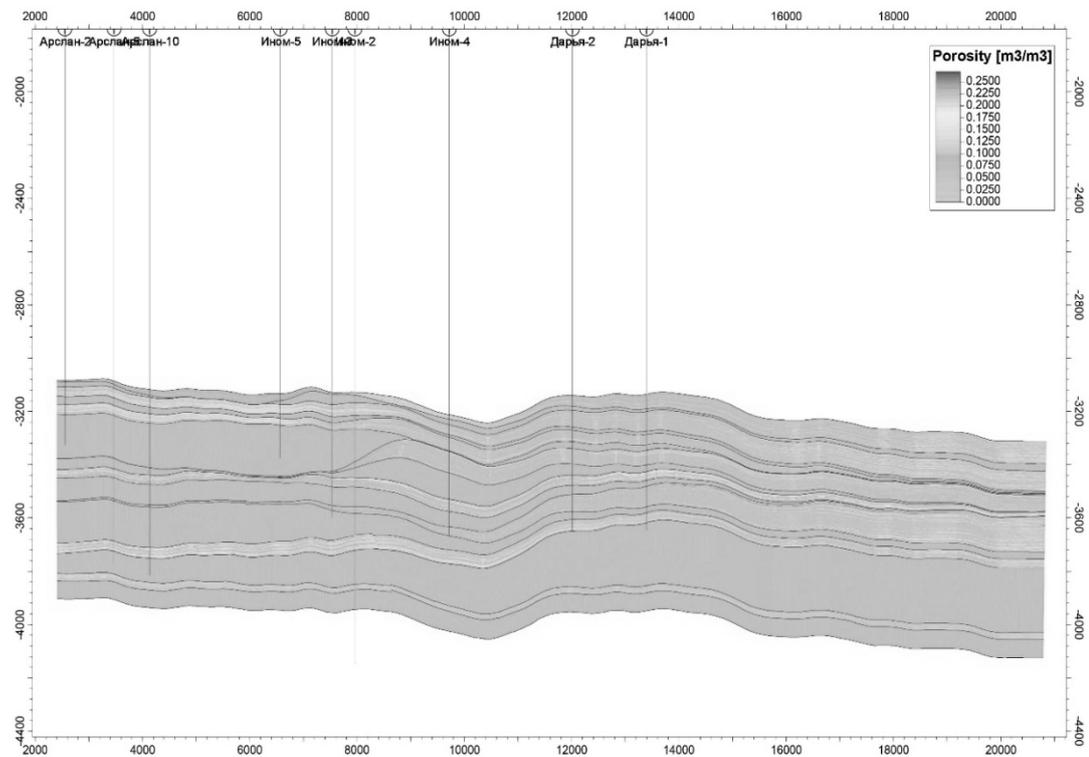


Рисунок 3 – Строение нижнеюрских отложений по линии Арслан-Дарья

Для оценки перспективности территории в целом было выполнено моделирование газонасыщения с использованием данных лабораторного исследования керна и данных

интерпретации ГИС (рис. 4). В результате было получено пространственное распределение насыщения углеводородными флюидами толщи нижнеюрских отложений, достоверность которого отчасти подтверждается в пределах месторождений Инам и Арслан. Кроме того, выделяется обширная зона в центральной части, совпадающая с оконтуренной структурой Шимолий Бердах.

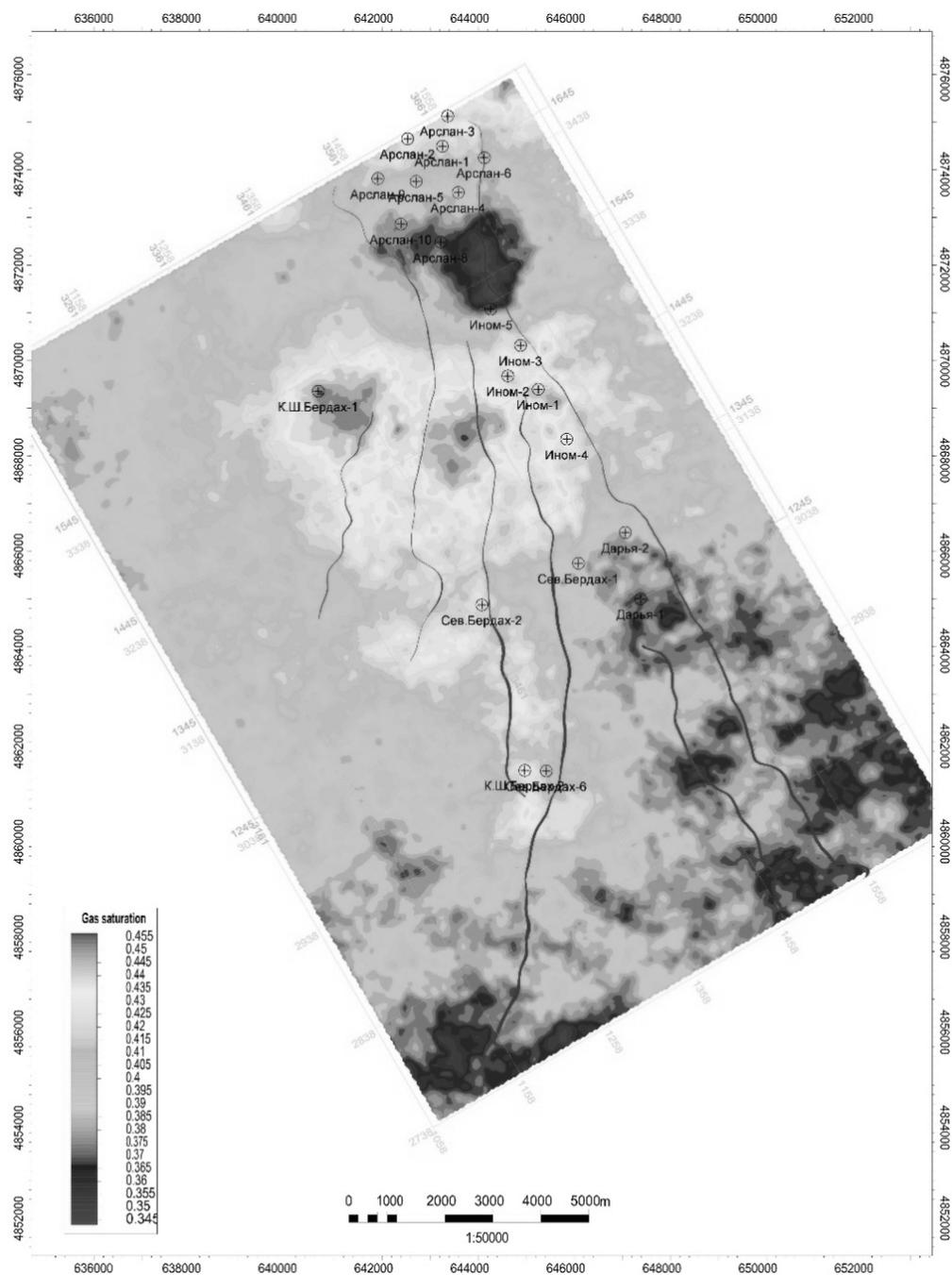


Рисунок 4 – Карта газонасыщенности

Также следует отметить, что насыщенность склоновых частей, возможно, свидетельствует о наличии залежей в имеющихся неантиклинальных ловушках, широко развитых в юрских отложениях Устюрта, где установлено, что зоны выклинивания коллекторов и границы фаций приурочены к склонам и бортам крупных тектонических элементов, выклинивание коллекторов наблюдается на крыльях и периклиналях структур. Анализ материалов по продуктивным пластам показал, что зоны с улучшенными свойствами коллекторов в интервале залегания ниже- и среднеюрских отложений связаны либо с

отложениями прируслового аллювия, либо пролювиально-коллювиальными фациями, представленных грубозернистыми плохо отсортированными песчаниками [4].

Таким образом, становится очевидным целесообразность и необходимость продолжения поисковых работ в центральной части Бердахского вала с целью открытия залежей углеводородного сырья в нижнеюрских отложениях.

#### Литература

1. Закревский К.Е. Практикум по геологическому 3D-моделированию. Построение тестовой модели в Petrel. М. 2012. 114 с.
2. Путилов И.С. Трехмерное геологическое моделирование при разработке нефтяных и газовых месторождений. Пермь: Изд-во Перм. ун-та. 2011. 71 с.
3. Юлдашева М.Г. Выделение зоны газонакопления в нижнеюрских отложениях Бердахского вала Северо-Устюртской впадины // Актуальные проблемы геологии и географии Тянь-Шаня и сопредельных территорий. Материалы Междунар. науч. конф., г. Бишкек, 23 октября 2020 г. С. 267-274.
4. Мухутдинов Н.У., Юлдашева М.Г., Акрамова Н.М., Ахмеджанова Л.С. Оценка перспектив нефтегазонасыщенности нижнеюрских отложений центральной части Устюртского региона по геолого-геохимическим данным // Нефтегазовая геология. Теория и практика. СПб. 2019. Т. 14. № 1. - [http://www.ngtp.ru/rub/2019/8\\_2019](http://www.ngtp.ru/rub/2019/8_2019).

## **ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮРЫ НА ПРИМЕРЕ ДЕНГИЗКУЛЬ-УРТАБУЛАКСКОЙ ЗОНЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Юлдашев Н.Н., Нуриллоев Х.Х., Худойбердиев И.Р.  
*Yuldashev\_nn@mail.ru, Bhr@ing.uz*  
АО «ИГИРНИГМ», г. Ташкент, Республика Узбекистан

*Аннотация. В статье рассматривается перспективность терригенных юрских отложений в центральной части Чарджоуской тектонической ступени Бухаро-Хивинского нефтегазоносного региона на примере участка Денгизкуль-Уртабулак, как наиболее перспективных для наращивания ресурсной базы УВ-сырья.*

*Ключевые слова: породы юрского возраста, новый комплекс, фация, формация, терригенные отложения, нефть, газ, бурение, геофизика.*

В нефтегазоносном отношении Бухаро-Хивинский регион (БХР) является основным регионом, обеспечивающим прирост УВ-сырья и добычу нефти и газа в Республике Узбекистан. Здесь основным поисковым объектом принято считать верхнеюрские карбонатные отложения, которые рассматриваются в качестве главного источника восполнения запасов нефти и газа для экономики Республики.

В связи с наращиванием геологоразведочных работ в северо-западной части БХР за последние 15 лет были открыты порядка 10 новых газоконденсатных месторождений на ниже залегающих, терригенных юрских отложениях. Исходя из этого, постепенно решено расширить территорию исследований на юго-восточную часть БХР, в сторону центральной и юго-восточной части Чарджоуской ступени.

В центральной части Чарджоуской ступени в особенности, где широко развито западное крыло барьерно-рифовой системы, в верхнеюрских карбонатных отложениях в 1982 году было открыто новое газоконденсатное месторождение Дивалкак. Где из поисковой скважины № 1, при опробовании которой, был получен промышленный приток газа. В разрезе XVIII горизонта среднеюрского возраста продуктивными оказались 4 пачки, которые представлены переслаиванием песчаников и алевролитов.

Выполненный за последние годы анализ результатов геологоразведочных работ по отложениям терригенной формации Чарджоуской ступени показал, что степень её опоискованности неравномерная. Так, на площадях: Гарбий Хаккуль, Атамурад, Чаккакум, Аккум, Парсанкуль, Дивалкак, Матонат, Уртабулак и др. терригенная формация вскрыта до XVIII горизонта (тангидувальская свита, средняя юра) и только в отдельных случаях – до палеозоя включительно [1].

Путем переинтерпретации материалов сейсморазведки МОГТ-2Д, и данных бурения, испытания пробуренных глубоких скважин на территории распространения барьерно-рифовой системы БХР (Денгизкульское и восточная часть Испанлы-Чандырского поднятий), авторами (Юлдашев Н.Н. и др., 2021 г.) уточнены структурные планы по отражающему горизонту Т7 (кровля терригенных отложений юры) 4 месторождения и поисковых площади, которые ранее были опоискованы бурением [2].

На составленной уточненной структурной карте по кровле юрских терригенных отложений, определены наиболее перспективные площади для дальнейших геологоразведочных работ.

На карте отображены все месторождения и перспективные объекты, изученные к настоящему времени, и определены условные линии выклинивания юрских терригенных отложений, оконтурены подготовленные структуры по кровле отложений нижней и средней

юры, а также отмечены выявленные прогнозные литологические ловушки в этих отложениях для дальнейшего рассмотрения их перспектив нефтегазоносности.

В ходе выполнения этапа была перестроена структурная карта по кровле отложений Т7 в масштабе 1:50 000 по району исследований месторождению Денгизкуль. Также были построены геологические профили по линиям I-I и II-II.

Структура Денгизкуль по кровле терригенных отложений юры представляет собой брахиантиклиналь субширотного простирания. Размеры по ОГ Т7, по замыкающей изогипсе «-2590 м», составляют 11×5.0 км, амплитуда 150 м, площадь 36 кв.км.

Кроме того, по построенной карте выделяются несколько перспективных площадей по кровле терригенных отложений юры. Это площади Сев. Денгиз-куль, Чарчак (Вост. Денгизкуль), Сев. Уртабулак, Узунчак и Уртабулак терригенная.

Поскольку в результате бурения на площадях Узунчак и Уртабулак терригенная были получены промышленные притоки газа и конденсата, считаем целесообразным рассмотреть Денгизкуль терригенную на предмет подготовки. В связи с этим авторы рекомендуют подготовить структуру Денгизкуль терригенная по терригенным отложениям юрского возраста.

Выполненные исследования позволили разработать рекомендации на проведение детальной сейсморазведки для подготовки структуры Денгизкуль терригенная.

В связи с получением промышленных притоков газа и конденсата из терригенных отложений и открытием новых залежей УВ за последние годы, возникла необходимость ускорения геологоразведочных работ по детальному изучению терригенных отложений юрского возраста в центральной части Бухаро-Хивинского региона, на расположенных перспективных объектах, непосредственно под ранее известными месторождениями, в которых по сей день выявляются залежи в карбонатных отложениях юры; на нетрадиционных ловушках - зонах выклинивания, палеоруслах, песчаных барах и др. При поисках залежей УВ в терригенных юрских отложениях, кроме антиклинальных структур также стоит ожидать получение притоков газа и из склонов палеошельфа, где пласты-коллектора выклиниваются в направлении перехода от депрессионной фации к лагунной [3]. Именно в этих зонах, по нашему мнению, ожидается выявление залежей бессернистого газа и открытие новых месторождений нефти и газа.

### Литература

1. Юлдашев Н.Н., Султанова Д.Б. Нефтегазовая перспективность юрских терригенных отложений центральной части Чарджоуской ступени // *Узбекский журнал нефти и газа*. 2019. Вып. 1. С. 22-26.
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 ГРП на нефть и газ в Узбекистане (Акрамходжаевские чтения)*. Ташкент. 2007.
3. Юлдашев Н.Н. Актуальные вопросы изучения строения и перспектив нефтегазоносности юрских терригенных отложений Бухаро-Хивинского региона (Республика Узбекистан) // *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. 2021. Т. 16. № 1.

## ОЦЕНКА ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ РЕЖИМНЫХ ПУНКТОВ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

Юнусов А.И.

*iunusov.a28@gmail.com*

Научная станция РАН, Бишкек, Кыргызстан

*Аннотация. Представлены результаты исследования взаимосвязи распределения сейсмичности и геоэлектрических неоднородностей на территории Центрального Тянь-Шаня. На основе анализа частотно–временных рядов, построенных для режимных пунктов ГМТЗ 912 и 918, установлена закономерность между распределением сейсмичности и поведением лунно-солнечных приливных воздействий.*

*Ключевые слова: вариации кажущегося сопротивления, магнитотеллурический мониторинг, тензочувствительность, Центральный Тянь-Шань.*

**Введение.** Для обнаружения и изучения зон трещиноватости используется как анализ традиционных электромагнитных параметров (кажущегося сопротивления, фазы импеданса и т.д.), так и новых - анизотропные изменения электропроводности геологической среды, оценка, которая осуществляется на основе методических подходов, специально разработанных в течение последнего десятилетия для проведения мониторинговых исследований [1]. Геологическая среда, в целом, и разломная структура, в особенности, подвержена периодическому воздействию лунно-солнечных приливов, в результате чего также периодически изменяются ее параметры (электропроводность, флюидонасыщенность, упругость и т.д.). В свою очередь вариации этих параметров отражают динамику геофизических полей в верхних слоях коры.

Научная станция РАН выполняет режимные магнитотеллурические (МТ) наблюдения, по серии из трех профилей ГМТЗ (900-906, 909-914, 915-920) для изучения структуры разломных зон, в непосредственной близости которых расположены режимные пункты ГМТЗ [2, 3]. Анализ частотно-временных рядов очень важен для понимания характера взаимосвязи зарегистрированных электромагнитных параметров с лунно-солнечными приливными воздействиями. Также важно установить закономерности в распределении сейсмичности и вариаций электромагнитных параметров.

**Результаты магнитотеллурического мониторинга.** В работе использовались данные мониторинговой сети пунктов ГМТЗ, которая была заложена в различных геоэлектрических условиях на территории Центрального Тянь-Шаня (рис. 1). В рамках этой работы были проанализированы МТ-данные 2-х пунктов ГМТЗ на двух профилях, которые расположены в наиболее тензочувствительных зонах, для оценки взаимосвязи вариаций кажущегося сопротивления с приливными воздействиями и сейсмическими событиями. Формирование и обработка записей МТЗ с помощью программы Phoenix Geophysics – SSMT-2000 (позволяет преобразовывать временные ряды в частотные в формате \*.mth и \*.mtl) [4] и вычисление значений частотных зависимостей тензора импеданса для непересекающихся часовых или двухчасовых интервалов в диапазоне периодов от 0.01 до 100 с (общая длительность МТ-записи на режимных пунктах наблюдения – не менее 48 часов).

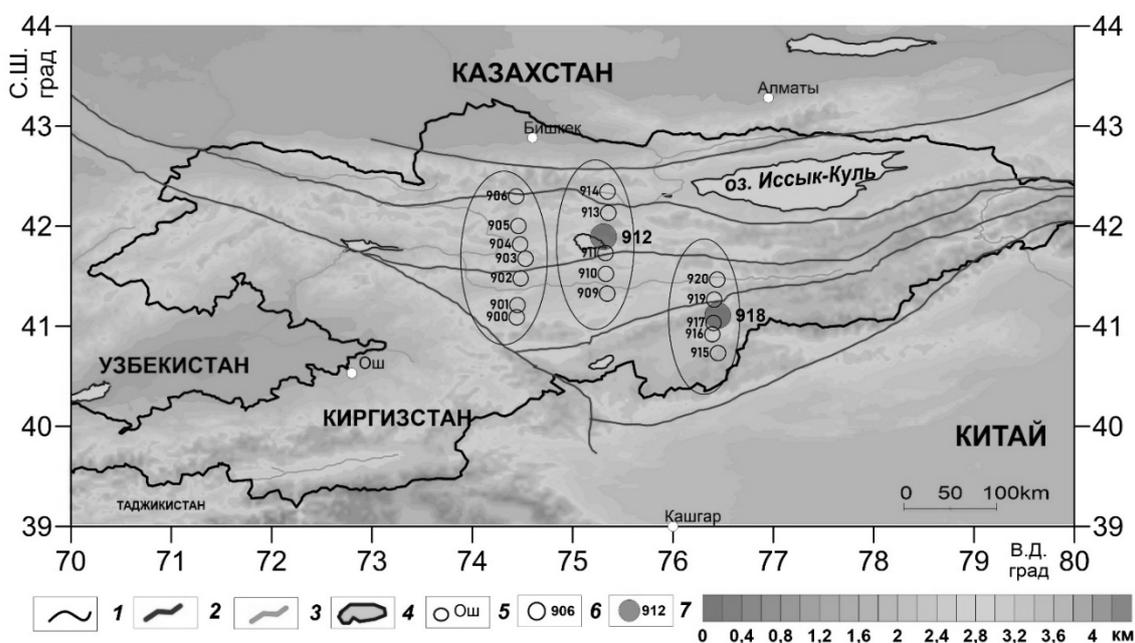


Рисунок 1 – Карта Центрального Тянь-Шаня с расположением пунктов ГМТЗ: 1 – границы государства; 2 – разломные структуры; 3 – реки; 4 – озера; 5 – города; 6 – пункты зондирования ГМТЗ; 7 – проанализированные МТ-данные 2-х пунктов ГМТЗ [1]

Весь цикл первичной математической обработки данных магнитотеллурического мониторинга можно разделить на 3 этапа:

1. анализ временных рядов вариаций компонент МТ-поля на предмет удаления участков записей с сильными помехами и подготовка файлов для дальнейшей обработки;
2. оценка передаточных функций (тензора импеданса, вектора Визе-Паркинсона и ряда других) и отбор лучших реализаций для получения качественных кривых кажущегося сопротивления и фаз импеданса;
3. получение сглаженных кривых МТЗ (как импедансных, так и кривых кажущегося сопротивления).

Данные азимутального МТ-мониторинга электромагнитных параметров представлены в виде частотно-временных рядов кажущегося сопротивления ( $R_o$ ), фазы импеданса ( $\phi$ ) с определенным шагом дискретизации в 1 час.

Задачи настоящего исследования были сформулированы следующим образом:

- осуществить выборку пунктов ГМТЗ на разных профилях, у которых наибольшее пересечение времени записи (выбраны точки 912 и 918, их пересечение по времени 17.08.2018 (11:40:00 GMT) – 19.08.2018 (02:00:00 GMT));
- проанализировать каталог землетрясений и нанести вертикальными линиями время произошедших сейсмических событий за период регистрации электромагнитного поля;
- для пунктов зондирования 912 и 918 рассматривать землетрясения классом 6 и выше;
- сопоставить распределение сейсмических событий только с поведением вариаций кажущегося сопротивления за период 17.08.2018 (11:40:00 GMT) – 19.08.2018 (02:00:00 GMT);
- построить график энергетического класса для сейсмических событий.

В качестве примера, демонстрирующего различие геоэлектрических разрезов, показаны кривые кажущегося сопротивления (из программы МТ-Corrector) для пунктов ГМТЗ 912 и 918 (рис. 2).

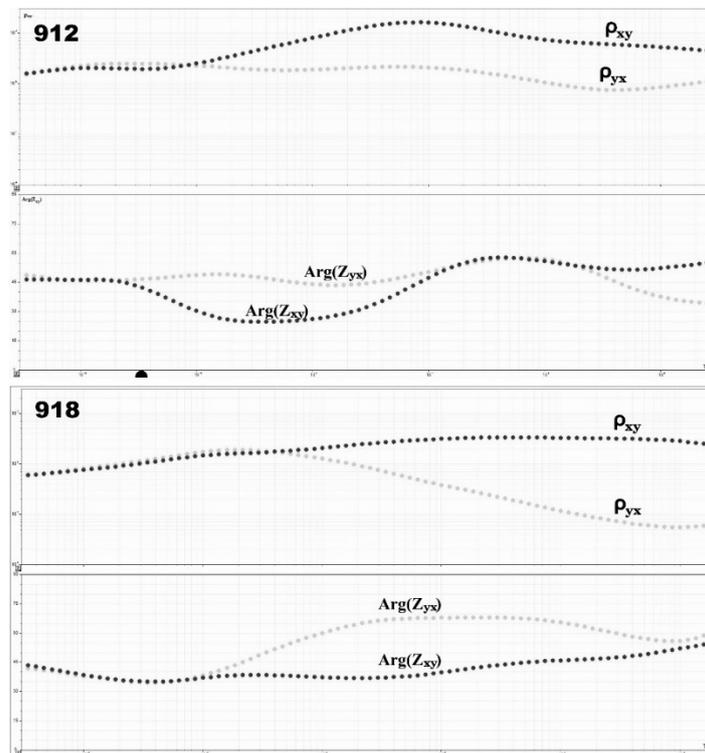


Рисунок 2 – Кривые кажущегося сопротивления для пунктов ГМТЗ 912 и 918 (программа MT-Corrector)

По результатам обработки были построены графики вертикальных компонент лунно-солнечных приливов и псевдоразрезы. Были нанесены 16 вертикальных линий (программа Surfer 12), из них 4 вертикальных линий – KRNET (светло-серые линии) и 12 вертикальных линий – ISC (серые линии) с произошедшими сейсмическими событиями, энергетический класс сейсмических событий 6 и выше (рис. 3). Под псевдоразрезами будем понимать карты, где время наблюдения отложено по горизонтали, а параметр глубинности (логарифм периода) по вертикали [5]. В основе методики азимутального мониторинга [1] лежит анализ частотно-временных рядов (ЧВР), представляющие собой серию псевдоразрезов с шагом  $15^\circ$  или  $30^\circ$ , на которые производится пересчет тензора импеданса или его трансформант в рабочем интервале периодов ( $T$ ). По горизонтальной оси ЧВР, как правило, показано время наблюдения (оцифровка каждый час), по вертикальной оси либо логарифм периода зондирований, либо глубина. На ЧВР представлены вариации электромагнитных параметров, т.е. разница между средним и текущим значениями, например, кажущегося сопротивления ( $\rho_k$ ) по рассматриваемому азимуту. Наиболее важным моментом для нас является картина поведения электромагнитных параметров на псевдоразрезах, а, именно, их контрастная смена [6], поскольку согласно концепции перераспределения флюидов, в порово-трещинном пространстве, происходит значительное изменение напряженно-деформированного состояния массивов горных пород верхней части земной коры [7]. На основе анализа ЧВР, представленных на рисунке 3, можно сделать вывод, что взаимосвязь между вариациями кажущегося сопротивления наблюдается как для режимного пункта наблюдения 912, так и для 918. Однако характер взаимосвязи различный. Для пункта зондирования 912 происходит значительное изменение кажущегося сопротивления массивов горных пород в ортогональных направлениях, согласно концепции перераспределения флюидов, в порово-трещинном пространстве.

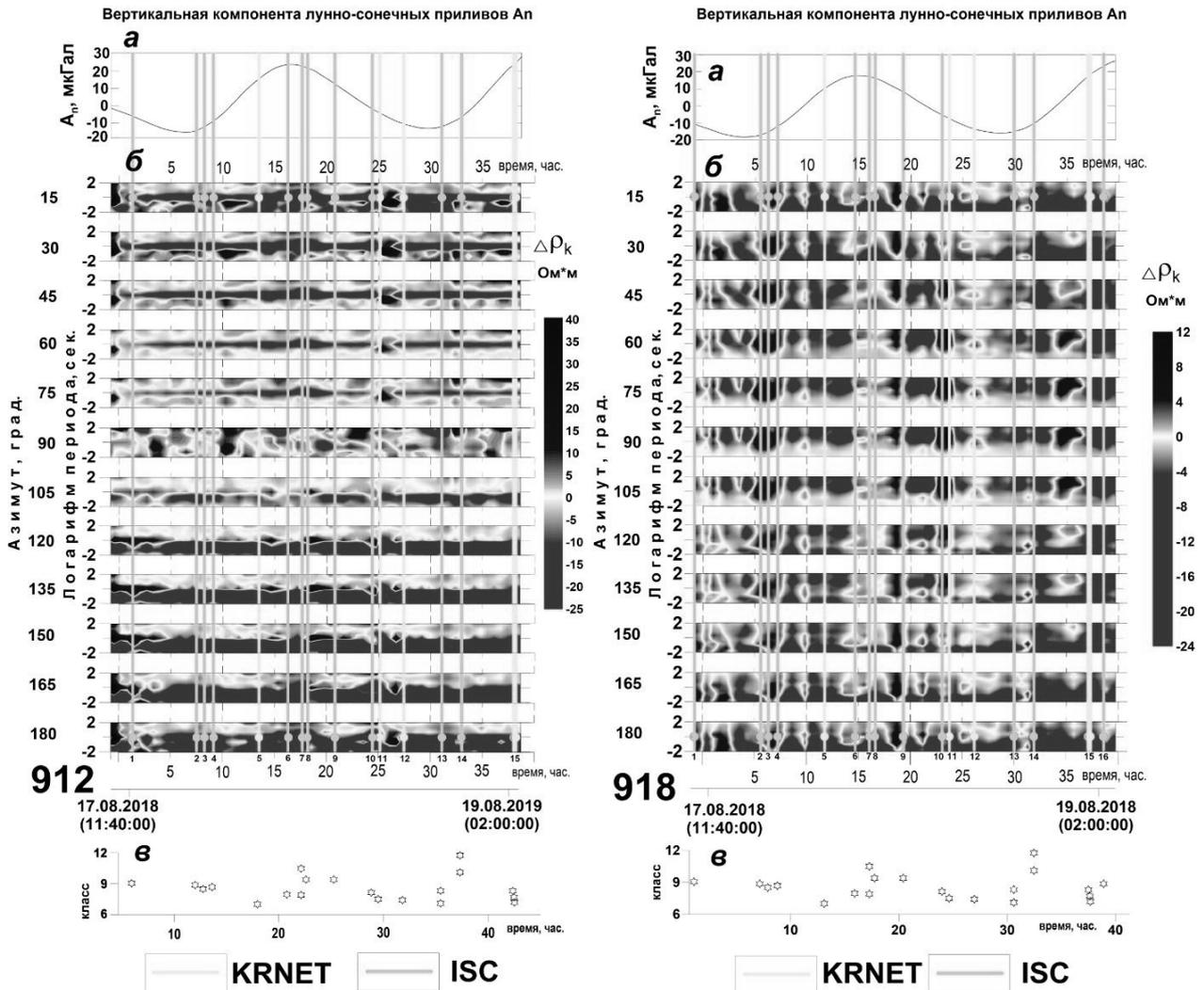


Рисунок 3 – Результат наблюдений на пунктах GMT3 (912 и 918) 17.00.2018–19.08.2018 гг. Верхний график (а) – вертикальная компонента лунно–солнечных приливов, нижние разрезы (б) – частотно–временные ряды вариаций  $\rho_k$ , построенные с шагом  $15^\circ$ , (в) – график с энергетическим классом сейсмических событий. Светло-серыми (KRNET) и серыми (ISC) линиями с цифрами показаны землетрясения с классом 6 и выше. Другим интересным фактом является приуроченность сейсмических событий к экстремумам лунно-солнечных приливов [8, 9]

**Выводы.** Распределение сейсмических событий на режимном пункте 918 подтверждают факт приуроченности сейсмических событий к участкам ЧВР с высокими градиентами электромагнитных параметров [1, 3, 5]. Обращает на себя внимание, что подавляющее число сейсмических событий произошло во время увеличения кажущегося сопротивления. При этом случаев синфазного изменения вариаций кажущегося сопротивления немного, что можно объяснить расположением пункта наблюдения – вдали от разломной зоны. Различный характер взаимосвязи распределения сейсмических событий и вариаций кажущегося сопротивления на режимных пунктах 912 и 918 можно объяснить различными геологическими условиями расположения пунктов наблюдения.

Автор выражает свою благодарность научному руководителю Баталевой Е.А. и научным сотрудникам ЛГМИ Матюкову В.Е., Непеиной К.С.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Федерального государственного бюджетного учреждения науки Научной станции Российской академии наук в г. Бишкеке на 2019-2021 гг. по теме АААА-А19-119020190063-2.*

## Литература

1. Баталева Е.А., Рыбин А.К., Баталев В.Ю. Вариации кажущегося сопротивления горных пород как индикатор напряженно-деформированного состояния среды // Геофизические исследования. 2014. Т. 15. № 4. С. 54-63.
2. Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Рыбин А.К. Изучение необратимых деформаций в литосфере Тянь-Шаня по магнитотеллурическим данным (методологический аспект) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2019. № 2 (42). С. 42-56. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2019-2-42-42-56>
3. Баталева Е.А., Мухамадеева В.А. Комплексный электромагнитный мониторинг геодинамических процессов Северного Тянь-Шаня (Бишкекский Геодинамический Полигон) // Геодинамика и тектонофизика. 2018. Т. 9. № 2. С. 461-487.
4. Юнусов А.И. Амплитудно-фазовая коррекция как инструмент повышения качества полевого материала (на примере стационарного пункта магнитотеллурического мониторинга Чункурчак) // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Сб. материалов XII Междунар. конф. молодых ученых и студентов, г. Бишкек, 22-24 апреля 2020 г. Бишкек. 2020. С. 177-182.
5. Баталева Е.А., Баталев В.Ю. Детальный ретроспективный анализ данных магнитотеллурического мониторинга (Бишкекский геодинамический полигон) // Вестник КРСУ. 2017. Т. 17. № 12. С. 141-144.
6. Непейна К.С., Матюков В.Е. Проявление сейсмоэлектрического эффекта в вариациях геофизических параметров на Бишкекском геодинамическом полигоне // XVI Междунар. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология», г. Новосибирск, 20-24 апреля 2020 г. Новосибирск. 2020. С. 504-313.
7. Баталева Е.А. Корреляционные зависимости электромагнитных и деформационных параметров // Докл. АН. 2016. Т. 468. № 3. С. 319–322.
8. Баталева Е.А. Анализ электромагнитных предвестников землетрясений по данным магнитотеллурического мониторинга (косейсмический эффект) // XVI Междунар. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология», г. Новосибирск, 20-24 апреля 2020 г. Новосибирск. 2020. С. 331-340.
9. Баталева Е.А., Непейна К.С. О взаимосвязи экстремумов л/с приливных воздействий и сейсмических событий // Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений. Сб. тез. докл. XI междунар. конф. Паратунка. 2020. С. 55-56.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ АЛГОРИТМОВ ДВУМЕРНОЙ И ОДНОМЕРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ С ЦЕЛЬЮ ПОДАВЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ НА СЕЙСМОГРАММАХ ОПВ

Юсупов Д.Д.<sup>1</sup>, Маткаримов Э.Т.<sup>2</sup>, Юсупов Б.Д.<sup>1</sup>  
*diyorbek.yusuopov@gmail.com*

<sup>1</sup> Филиал РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, г. Ташкент, Республика Узбекистан

<sup>2</sup> АО «ИГИРНИГМ», г. Ташкент, Республика Узбекистан

*Аннотация.* В данной работе представлены результаты применения фильтрации с целью подавления звуковой волны. Звуковая волна на сейсмограммах представляет достаточно большие проблемы на этапе обработки сейсморазведочных данных. Данная волна проявляется в качестве когерентной помехи, линейно выраженной на сейсмограмме ОПВ. Причиной возникновения звуковой волны на сейсмограммах ОПВ зачастую бывают вибрационные источники колебаний, использование которых преобладает с каждым годом. В данной работе рассмотрены варианты использования медианной фильтрации с точки зрения применения одномерного фильтра и двумерной радиальной и F-K фильтрации. Наилучшие результаты удается получить посредством применения радиальной фильтрации, принцип которой заключается в интерполяции значений амплитуд из сейсмограммы области время - удаление в сейсмограмму области RTT.

*Ключевые слова:* одномерная фильтрация, двумерная фильтрация, RTT преобразование, F-K фильтрация, медианная фильтрация, радиальная фильтрация, сейсмограмма ОПВ, вибрационный источник упругих колебаний, звуковая волна

**Введение.** Звуковая волна является во многих ситуациях интенсивной и весьма яркой помехой, ухудшающей отношение сигнал/ помеха [1]. Звуковая волна проявляется на сейсмограммах ОПВ в качестве линейной когерентной помехи. Звуковая волна возникает зачастую в качестве источников упругих колебаний вибрационных машин, либо же ее природа может быть связана с недостаточной укупоркой взрывных скважин при использовании взрывного источника колебаний [1, 2]. Природа звуковой волны на рисунке 1 связана непосредственно с использованием вибрационного источника в качестве возбуждения сейсмических сигналов.

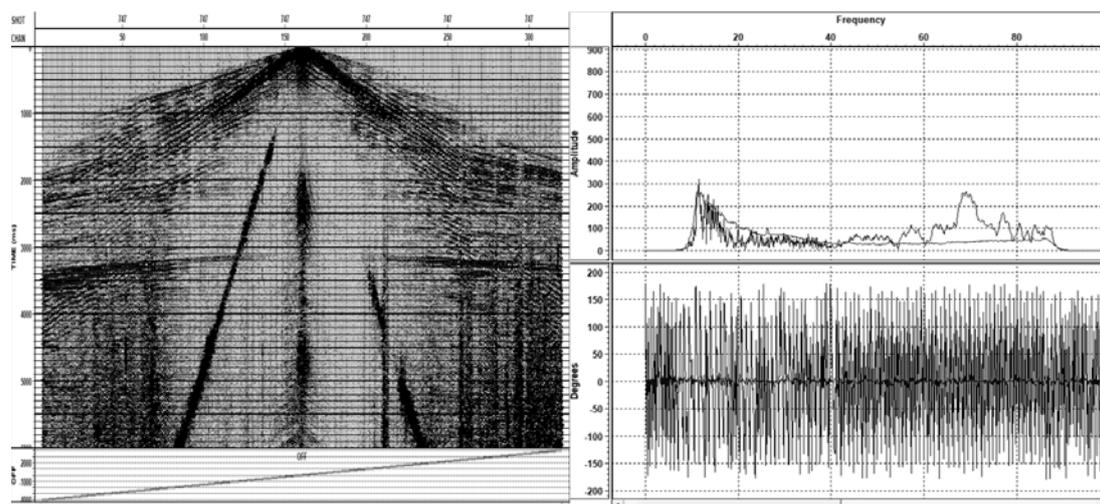


Рисунок 1 – Звуковая волна на сейсмограмме ОПВ (слева) и спектральный анализ звуковой волны на сейсмограмме ОПВ (справа)

Проблема при обработке заключается в том, что звуковая волна при анализе её в спектральной области проявлялась на всём диапазоне полезного сигнала 15-100 Гц (рис.1), что осложняет применение обычных процедур полосовой фильтрации в качестве борьбы с данной помехой.

**Применяемые алгоритмы фильтрации.** В качестве борьбы с данной волной были предложены два варианта процедур – медианная фильтрация и радиальная фильтрация в РТТ области.

*Медианная фильтрация.* Ввиду того что звуковая волна преимущественно проявляется в области высоких частот, то было предпринята попытка её подавления медианной фильтрацией. Медианная фильтрация используется для подавления пиковых значений, отличных от основного набора данных [2, 3].

Медианная фильтрация реализуется в виде процедуры локальной обработки отсчетов в скользящем окне, которое включает определенное число отсчетов сигнала. Для каждого положения окна выделенные в нем отсчеты ранжируются по возрастанию или убыванию значений. Средний по своему положению отчет в ранжированном списке называется медианой рассматриваемой группы отсчетов. Этим отсчетом заменяется центральный отсчет в окне для обрабатываемого сигнала. В силу чего медианный фильтр относится к числу нелинейных фильтров, заменяющих медианным значением аномальные точки и выбросы независимо от их амплитудных значений, и является устойчивым по определению, способным аннулировать даже бесконечно большие отсчеты [3, 4, 5].

Принципиальная схема расчета медианной фильтрации изображена на рисунке 2.

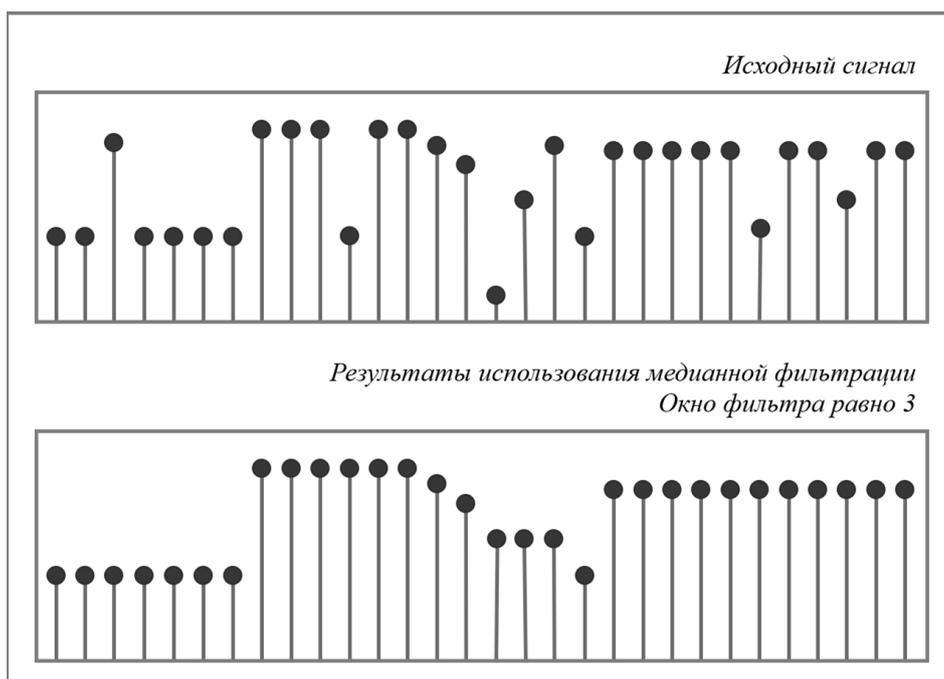


Рисунок 2 – Принципиальная схема расчета медианного фильтра

Схема работы медианной фильтрации при сейсмической обработке сигналов заключается в подавлении высоких значений частот, которыми обусловлена звуковая волна. Результаты подавления звуковой волны и её частотная характеристика после использования медианной фильтрации представлены на рисунке 3. Здесь видно, что при использовании медианной фильтрации все динамические характеристики исследуемой сейсмической записи были усреднены, что делает дальнейшее использование медианной фильтрации нецелесообразным.

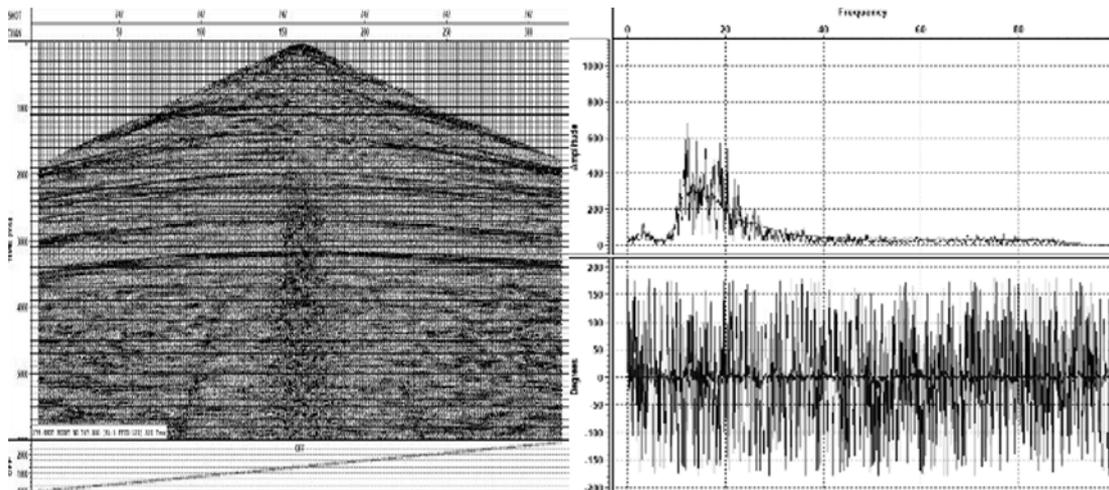


Рисунок 3 – Результаты подавления звуковой волны медианным фильтром (слева) и анализ частот после использования медианной фильтрации (справа)

*Радиальная фильтрация в RTT области.* Суть RTT заключается в следующем: от начала координат под углом к горизонтали с некоторым шагом проводятся лучи. Приблизительный физический смысл этих лучей – кажущаяся скорость, которая определяется углом падения. Данные лучи покрывают сейсмограмму, образуя сетку координат. Новую координатную систему также представляют в декартовом виде, ориентируя лучи вертикально. В новой координатной системе:  $OX$  – ось кажущихся скоростей,  $OY$  – ось времён пробега [3, 6].

Импульсы, имеющие форму фронта, наиболее параллельную одному из лучей скорости, ощутимо вытянутся в области  $(v;t)$ , поскольку амплитуды для трансформации будут в каждой трассе области  $(x;t)$  братья почти в одних и тех же точках фронта. Это эффективно растягивает длительность события, смещая его частотный состав таким образом в область низких кажущихся частот. Наоборот, послышки с волновым фронтом, близким к перпендикулярным осям RTT, будут сжаты, а частотный состав сдвинется в область высоких кажущихся частот [6].

Авторами была предпринята попытка, учитывая геометрию звуковой волны, провести полосовую фильтрацию в RTT области. Вид сейсмограммы в RTT области представлена на рисунке 4, где звуковая волна приняла вертикальный вид. Но при частотном анализе сейсмограммы в RTT области было отмечено, что звуковая волна проявляется преимущественно в области высоких частот (рис. 5), что противоречит сказанному утверждению о проявлениях волн с фронтом волны, близким к лучам RTT преобразования. Была проведена одномерная фильтрация в области высоких частот, которая сработала безрезультатно ввиду того, что проявление звуковой волны сохраняются в диапазоне частот полезного сигнала.

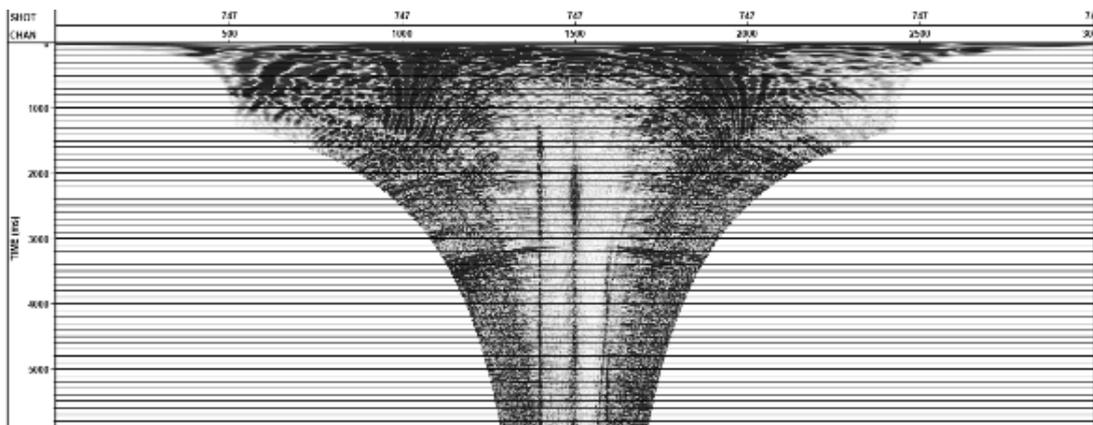


Рисунок 4 – Вид исследуемой сейсмограммы в RTT области

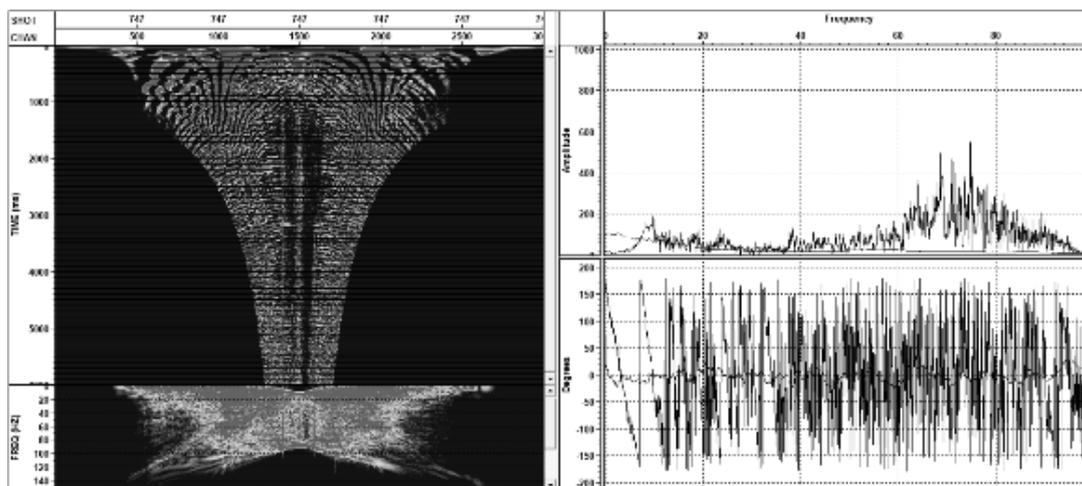


Рисунок 5 – Анализ частот сейсмограммы в RTT области

Следующей попыткой была фильтрация сейсмограммы RTT в области F-K. Подобрал необходимую область для фильтрации, при помощи F-K фильтрации удалось подавить звуковую волну (рис. 7). При обратном переводе в вид обычной сейсмограммы явно заметно подавление звуковой волны (рис. 8). Был проведен частотный анализ полученной сейсмограммы, на котором видно, что были отфильтрованы все частоты выше 40 Гц (рис. 9).

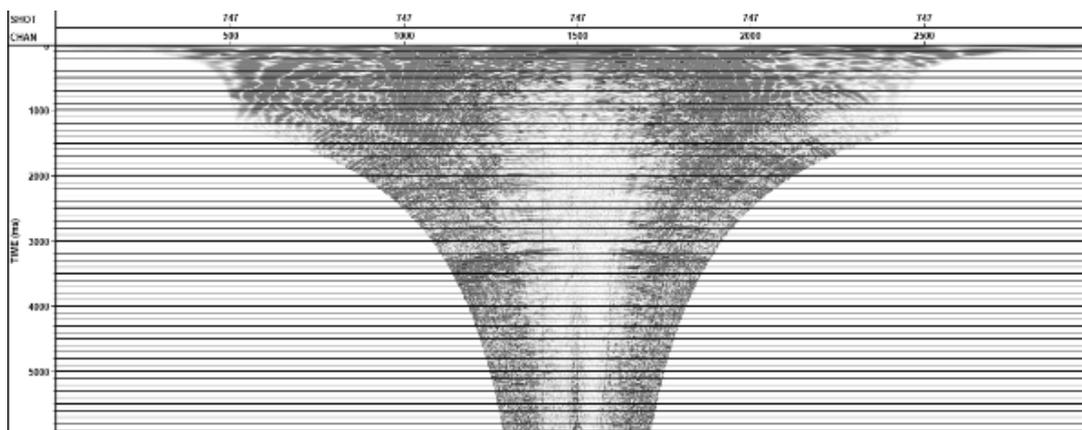


Рисунок 6 – Результат F-K фильтрации сейсмограммы в RTT области

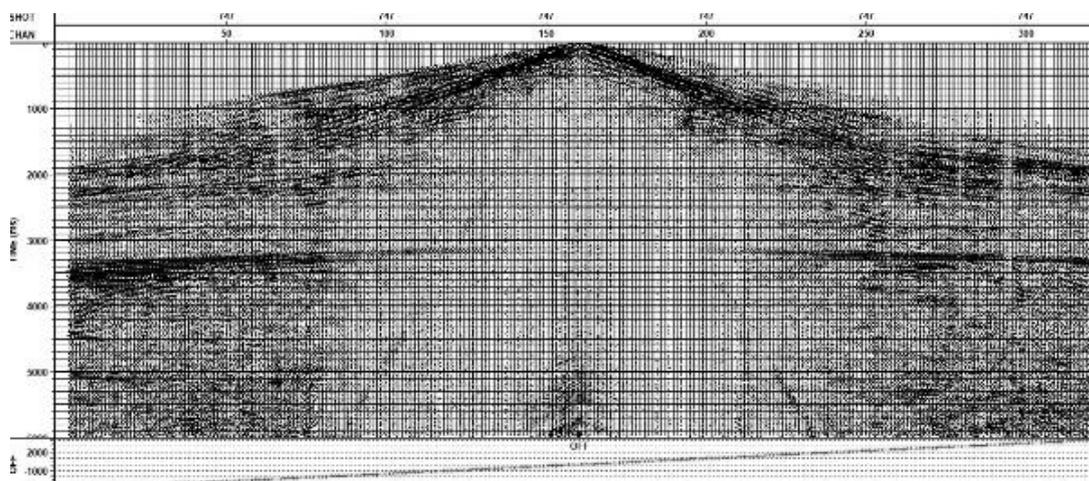


Рисунок 7 – Результат F-K фильтрации после обратного RTT преобразования

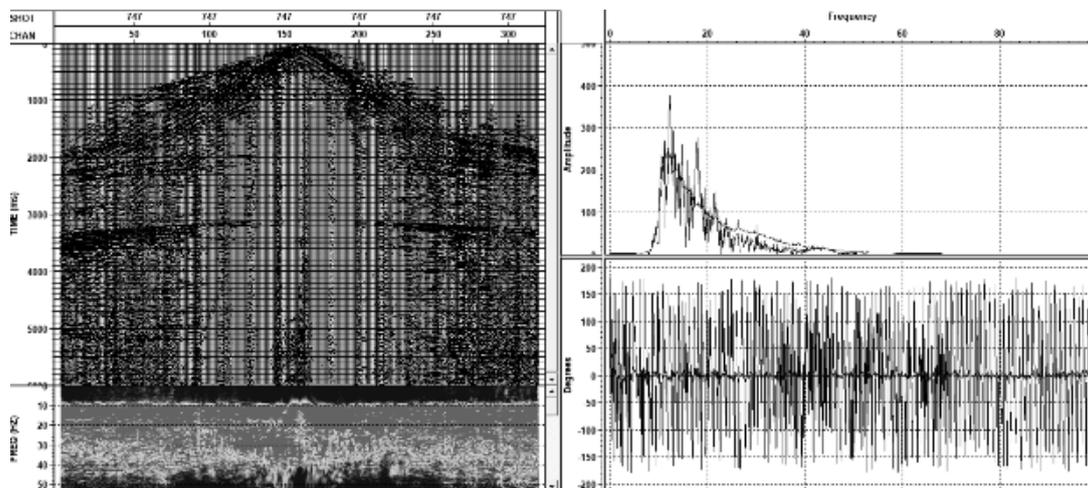


Рисунок 8 – Частотный анализ сейсмограммы полученной посредством F-K фильтрации в RТТ области

**Выводы.** При использовании медианной фильтрации, как говорилось ранее, все динамические характеристики исследуемой сейсмической записи усредняются, что делает дальнейшее использование медианной фильтрации нецелесообразным. Так же следует отметить, что при использовании медианной фильтрации основной частотный диапазон сосредоточен в районе до 30 Гц, что так же является недопустимым.

Использование фильтрации в RТТ области является весьма перспективным для применения и более детального исследования в дальнейшем. Так же интерес эта процедура представляет из-за большого набора сложных процессов двумерных преобразований, которые, по сути, приводят к результатам с хорошим соотношением сигнал/ шум.

### Литература

1. Максимов Е.М., Елисеев В.Л., Табаков А.А., Ференци В.Н., Мухин А.А., Степченков Ю.А., Гирман И.А. Оценка параметров и вычитание звуковой волны с помощью методов выделения и вычитания волн, используемых при обработке данных ВСП // «Гальперинские чтения - 2008». Тез. докл., г. Москва, 21-24 октября 2008 г. М. 2008. С. 33-37.
2. Воскресенский Ю.Н. Полевая геофизика: Учеб. для вузов. М.: ООО «Издат. дом Недра». 2010. 479 с.
3. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка: Учеб. для вузов. Тверь: Изд-во АИС. 2006. 744 с.
4. Яровой Н.И., Черненко С.А. Медианная фильтрация. Материал из Национальной библиотеки им. Н.Э. Баумана. М. 2016.
5. Сато Ю. Без паники! Цифровая обработка сигналов. М.: Додэка-XXI. 2017. 885 с.
6. Васильев Е.А. Учет когерентного шума в морской сейсмике. Магистерская дис.: 25.00.10. М. 2013. 37 с.

---

## **ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ОПАСНОСТИ**

---

**CHEMICAL POLLUTION OF THE RIVER “ALAMEDINE” IN CHUI PROVINCE**

Gettueva E., Asanov B., Orunbaev S.

*gettueva\_e@auca.kg*

American University of Central Asia, Bishkek, Kyrgyzstan

*Abstract. This study about chemical pollution in the river “Alamedine”. The purpose of this study was to take water samples from different part along the Alamedine river and define chemical elements. Through the made analyses and used methods we had seen the state of the waters in the river “Alamedine”. The results show us that the problem of the chemical pollution in the waters can exist. Anomalies in the results were fixed and, as we have understood yet, we have some hypothesizes in the existence of these extremal indexes. However, this study is only a quality research and the purpose of that is only to understand that the problem of the chemical pollution in the river “Alamedine” exists. Having result shows us that the waters of the river “Alamedine” need to be researched more globally to find the source of this pollution.*

*Key words: rivers, water samples, pollution, resistivity, chemical composition, chloride, nitrates.*

**1. Introduction**

The river “Alamedine” is one of the biggest rivers in Kyrgyzstan. The way of this river starts from the glacier “Alamedine” and the extent is 78 km. This river goes across the city Bishkek from South to North and these two objects influence each other. A chemical state for the river is important as for nature as for Bishkek. Because of it, the chemical pollution of this river became the main topic of this article.

The main important question in this research: What is the level of chemical pollution in the river “Alamedine” and how the city Bishkek influences on that? It is the main and the important research question because the purpose of this research is to find the reason of this problem and make an analysis of them. In more detail, the purpose of this analysis is to make a list of the negative chemical elements in the waters of this river, through which the plan will be made for to make a decision for this problem.

The water polluted problem influences on the city Bishkek and, as a result, it influences on the Kyrgyz ecology and the incorrect management in this sphere exist a problem not only for nature but also for people who are living in the region. The problem of the chemical pollution of the river “Alamedine” had been considering in 2020. The reason for it was the green color of the water in the river. This fact hints at having negative chemical elements in the waters of the river or an ejection of chemical products there. The question of the reason has been continuing to consider and the problem is opened for research.

Also, many other scientists in Kyrgyzstan and other countries consider the problem of water resources of Kyrgyzstan and in their work, they consider the chemical pollution of Chui province. The problem of the chemical pollution of the river “Alamedine” in Chui province was analyzed by authors Shatmanov et al., [1], and Nuralieva N. [2], Titova Yu.A. [3], Batkibekova M.B [4], T.M. Choduraev [5]. In our research we are going to understand the level of the chemical pollution of the river “Alamedine” and how Bishkek influences on this problem. As a main impact of the study will be a few recomendation which might be possible to make a plan through the getting data and to make a decision for solution of this problem.

**2. Methods and data**

The problem in the study will be investigated by quantitative approach. In our research, we consider 4 work packages:

- 1) Taking of samples
- 2) Using of the device “LandMapper”

- 3) Laboratory work: A chemical analysis
- 4) GIS application: building a map of studied area.

### **2.1 Taking of samples**

Samples are taking any kind of water for using this for to make an analysis. We are going to take 6 samples from 6 different places of the river “Alamedine” which are at a big distance from each other (from 6 to 2 km between places). The volume of each sample must be no less than 1 liter of taking water. It is one of the most needed things because it is our material for making research. Through these samples, we can use the 2 and 4 methods. In a result, we plan to have 6 samples of the river’s water in a volume of 1 liter for each and try to use it for the next methods for finding a result of the chemical state of the river “Alamedine”.

### **2.2 The device “LandMapper”**

A device LandMapper for a measurement of the electrical conductivity and resistivity of waters. This device has electrons that are gone down in a capacity with water and through the controlled points, we can see the dates of the analyzed water. We use this device on the stage of taking samples and make dates at once when we took a sample. Electrons go down to a capacity, in which we took the water, and show having parameters of this sample. We use this device because the received dates can help us as an application to our research’s total. In a result, we plan to receive dates of the resistivity of water of the river “Alamedine”.

### **2.3 The chemical analysis**

The chemical analysis are the base analysis on chlorides, nitrates, and sulfates. These parameters will show us the level of the chemical pollution of the river “Alamedine”. The made parameters will be our main dates for showing chemical pollution of the research’s river, because of it, we will pay more attention to this method and it is our main method. Through this analysis, we plan to receive dates that show the level of these three chemical elements – chlorides, nitrates, and sulfates.

### **2.4 GIS application**

The GIS application was used for making a map of the terrain. This method is the viewing plan of our work. We use this application for making a map where are points of taking samples (method 1). This map shows the way of the river “Alamedine” and the points, where we took the 6 samples, will be marked. Total we have 6 points. In a result, we will have a map, showing our work’s plan for the first method.

The map (Fig. 1) was made through the application Google Earth and there are 6 places where we took the 6 samples. The first place “Koi- Tash”, the second “South Magistral”, the third “Ahunbaeva circle”, the fourth “Chui”, the fifth “Zhibek-Zholu”, the sixth “North Okrujnaia”.

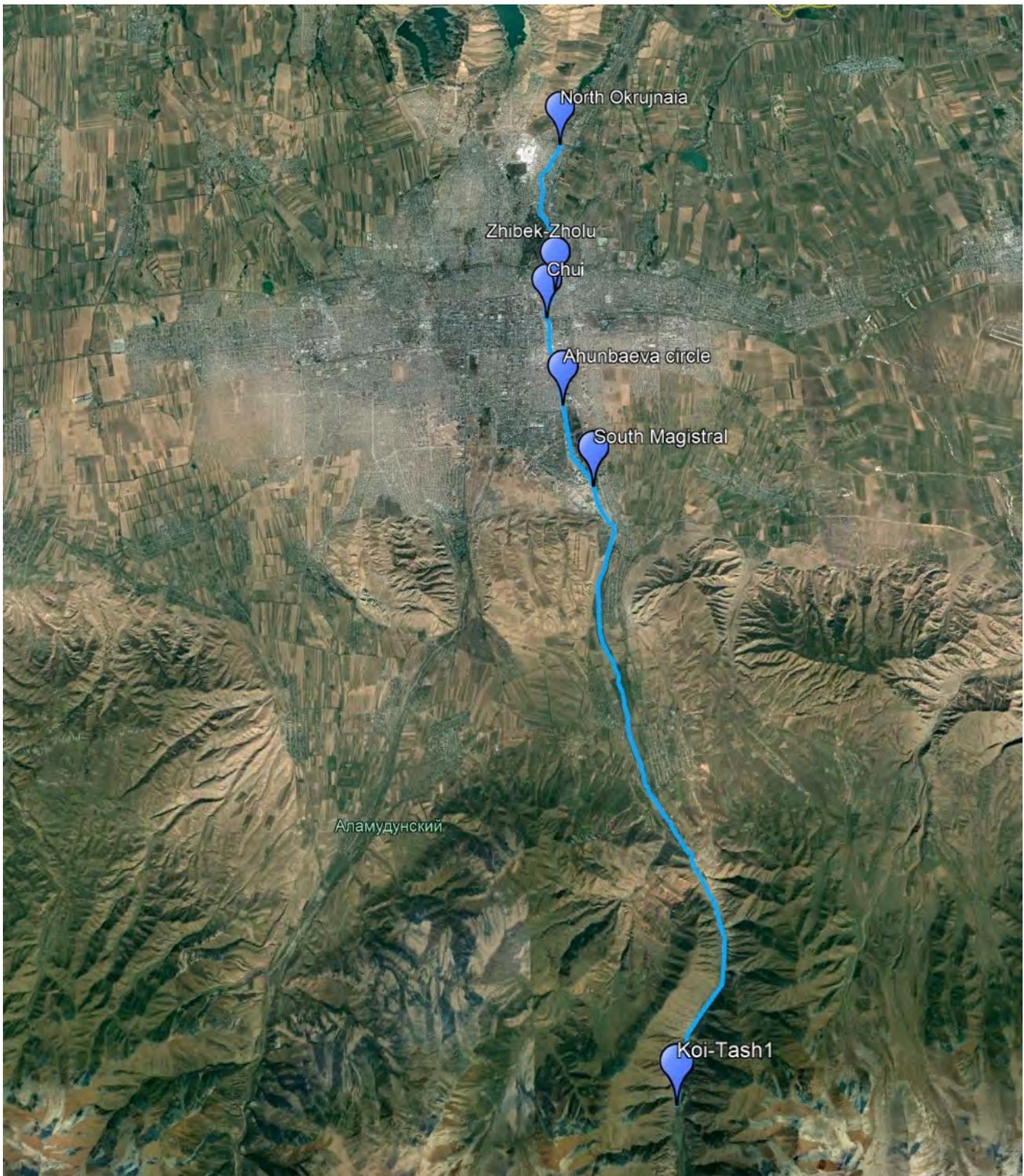


Figure 1 – A location of places, where taken water samples from the Alamedin river. Blue line indication of the Alamedin river and blue points are the places

### 3. Results

During the field work carried out Vertical Electric Sounding (VES) and laboratory analysis with the water samples from the river Alamedine. Measurements and laboratory results shown in the table 1. Measurements and water samples were carried out along the river Alamedine: Koi-Tash; South Magistral; Ahunbaeva circle; Chuy; Zhibek-Zholu; North Okrujnaia.

Table 1. Results of VES and Laboratory analysis

		Resistivity			
--	--	-------------	--	--	--

	Region	K0	K5	Chloride	Nitrates	Sulfates (<=>10)
1	Koy-Tash	624,1	623,3	53,25	5	<10
2	South Magistral	582,4	478,6	88,75	1	>10
3	Ahunbaeva circle	11,13	7,069	62,125	5	>10
4	Chui	630,5	634,3	106,5	10	>10
5	Zhibek-Zholu	632,7	638,1	97,625	5	>10
6	North Okrujnaia	645,4	628,9	124,25	25	>10

### 3.1 Resistivity

The resistivity in the water depends on salinity of the river. As shown in the figure 2, on the site Ahunbaeva circle the resistivity is low, and the salinity high. Other sites (#1,2,4,5,6) the resistivity is high comparingly the site #3, as a result the salinity is low in these sites. Probably, the reason of the salinity water in the site #3 might be café, restaurants located between the sites South Magistral and Ahunbaeva circle.

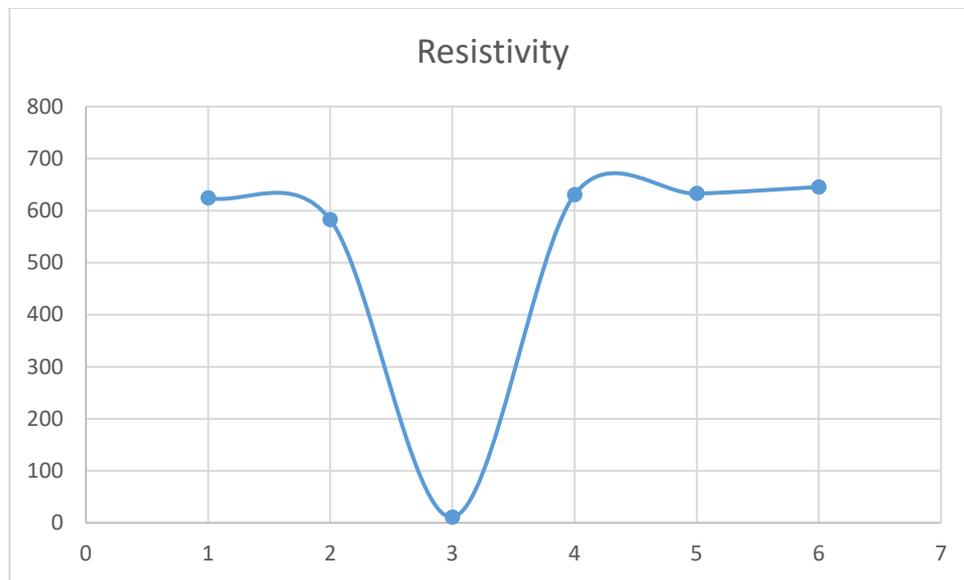


Figure 2 – Resistivity values along the river Alamedine

### 3.2 Chemical analysis: a chloride

Within laboratory experiment we have defined a chloride values, as shown in the fig. 3. Chloride values in the sites #1, #3 and #5 are lower than the sites #2, #4 and #6. But they are in total increasing from the south to north of the city.

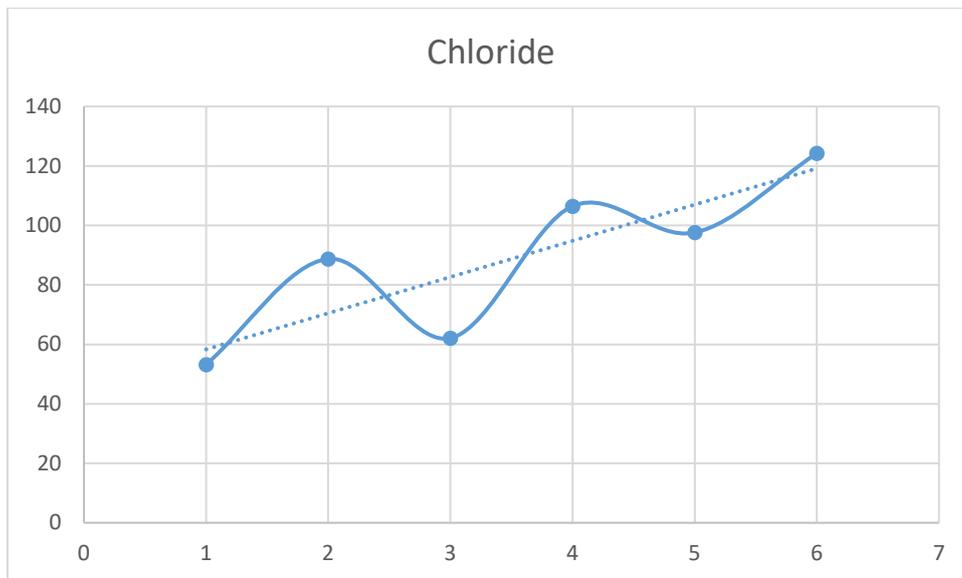


Figure 3 – Chloride values within the river Alamedin

As we can see, the place for the sixth sample is the biggest in having of chloride and the first is the less. These changes can be justified by the location of the first and the sixth places.

### 3.3 Nitrates

Nitrates within these sites along the river Alamedin shows almost between 0 and 10, except the last site #6, which show high value 25

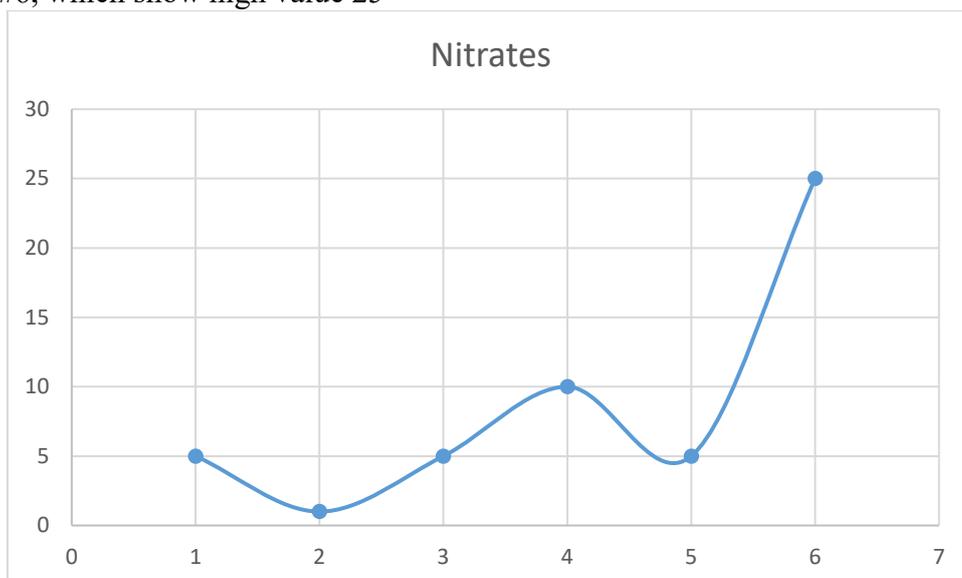


Figure 4 – Nitrate values along the river Alamedin

The biggest content of nitrates was found in the sixth sample and we also can see the difference between the first and sixth places.

## 4. Discussion

Through the made analyses, we can see that the main anomaly is shown in place 3 (Ahunbaeva circle). The first analysis of the third sample was made through the device “LandMapper” and the result was 11,13. In a separation in the other samples, this result is the less. If we look at Tab 1, we see that the all places until the third place have minor changes (about 645 before 582) but the result from the third sample is less than the result from any other sample. The hypothesis for this anomaly in sample 3 is the fact of having many cafes on the territory from the South Magistral before Ahunbaeva circle which are located along the shore of the river “Alamedine”. Cheeseparings of them can be utilized in the waters of the river “Alamedine” and it influences the compound of water which the devise “LandMapper” had fixed.

The next anomaly was fixed in Tab 2 in the analysis “Chloride” where the less index is in sample 1 and the biggest index is in sample 6. This anomaly we can explain by the fact of the river’s way – the first sample was taken in the canyon “Koy-Tash” which is far from the city Bishkek and is higher from the city’s border, and the sixth sample was taken in the “North Okrujnaia” which is behind the border of Bishkek and this border is the lowest. In the “Koy-Tash” the water is clean because it hasn’t still come in the territory of Bishkek, and in the “South Magistral” the water can be dirty because it had gone through all city. The water in the river goes from the first place “Koy-Tash” and continues the way across all territory of the city Bishkek, collecting on the way all chemical elements, and as a result, we see the difference between the first and the last samples.

The last anomaly was fixed in Tab 3 in the analysis “Nitrates”. In the results, we see a sharp increase in the sixth index in a comparison with the other five indexes. The hypotheses for this anomaly can be a location of the sixth places. The “North Okrujnaia” is located near the market “Dordoy” and pollution from this place can influence on the river “Alamedine” and the waters.

### **5. Conclusion**

Through the made analyses and used methods we had seen the state of the waters in the river “Alamedine”. The results show us that the problem of the chemical pollution in the waters can exist. Anomalies in the results were fixed and, as we have understood yet, we have some hypothesizes in the existence of these extremal indexes. However, this study is only a quality research and the purpose of that is only to understand that the problem of the chemical pollution in the river “Alamedine” exists. Having result shows us that the waters of the river “Alamedine” need to be researched more globally to find the source of this pollution. The researches should be passed in the places where the biggest anomalies were found (the 3 and 6 places, “Ahunbaeva circle” and “North Okrujnaia”).

Recommendation:

- To research more detail water in the locations “Ahunbaeva circle” and “North Okrujnaia”
- To make a quantitative research of the chemical pollution of the river “Alamedine”

### **References**

1. Shatmanov O.T., Zhanbirov Zh.G., Tursymbekova Z. Zh., Karimov T.Kh, “Water Resources of Kyrgyz Republic” // here needed write where it was published
2. Nuralieva N., “The problem of efficient use of water resources in Kyrgyzstan”
3. TITOVA Yu.A. “ECOLOGICAL AND CHEMICAL ASSESSMENT OF WATER QUALITY IN IRRIGATION NETWORKS AND RIVER SYSTEMS OF THE CHUISK VALLEY”
4. BATKIBEKOVA M.B, DZHUNUSHALIEVA T.SH., BORBIEVA D.B., SYDYKOVA SH.S. “NATURAL WATERS OF THE NORTH OF KYRGYZSTAN, RESEARCH AND EXPRESS CLEANING”
5. T.M. CHODURAEV, K. O. MOLDOSHEV, BSU “PROTECTION AND RATIONAL USE WATER RESOURCES OF KYRGYZSTAN”

## ASSESSMENT OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF WATER IN THE KOFARNIKHON AND ELHOK RIVERS IN DUSHANBE

Mamadnosirova D.M., Orunbaev S.Z.

*mamadnosirova\_d@auca.kg*

American University of Central Asia, Bishkek, Kyrgyzstan

*Abstract. This study about the chemical composition of water in the Kofarnikhon and Elhok rivers. The purpose of this study was to take water samples from the Kofarnikhon and Elhok rivers and then, using water samples, make a chemical analysis of water in the laboratory and with the help of these chemical analyzes we were able to understand how polluted the rivers are and at the end get the result and assess the condition of the rivers and water contamination level. Hydrogen indicator, in the Kofarnikhon river, where  $pH = 7.29$ , and Elhok river  $pH=7.40$ , while  $pH > 7$  – basic. We have hard water in the Kofarnikhon rivers 8.77 mEq/l. As far as between 8-12 mEq/l is a hard water. The Elhok river 5.0 mEq/l and it is considered medium hardness (4-8 mEq/l).*

*Key words: rivers, water samples, pollution, chemical composition, hydrogen indicator.*

### 1. Introduction.

As part of this study, the chemical composition of water in the Kofarnikhon and Elhok rivers in the city of Dushanbe will be studied (Fig.1). Kofarnikhon is a river in Central Asia, one of the main tributaries of the Amu Darya. It flows through Tajikistan, partly forms the border between Tajikistan and Uzbekistan. Total length -387 km, basin area-11.6 thousand km<sup>2</sup>. Kofarnikhon begins at the village of Romit, on the slope of the Gissar ridge, where the waters of the Sardai-Miyona and Sorvo rivers merge. It flows through the Gissar valley. Elhok is a river in Tajikistan, flowing through the territory of regions of republican subordination. The largest left tributary of the Kofarnikhon River. It originates from a spring located on the southern slope of the Karategin ridge in the village of Elhok.Length-97 kilometers, basin area-829 km<sup>2</sup>. The weighted average catchment height is 1670m. The standard deviation is 470m. Analysis of the physicochemical indicators of water showed that water in all rivers is sufficiently saturated with oxygen. Highest oxygen concentration observed in mountain rivers, in particular in the river. Varzob and its tributaries. The mineralization of water in the rivers is presented quite interesting; typical for rivers heterogeneity in the distribution of the salt composition of water. Highest concentration of salts, equal to 296 mg/l, registered in the river Elok (before merging with Kafirgigan). The minimum concentration, equal to 76 mg / l, was recorded at the Ojuk point. Water in all rivers is fresh [1].

The purpose of this study is to study the chemical composition of water in these rivers using chemical analysis, obtain data using this study and evaluate it and ultimately obtain a result. This research will help us visit the Kofarnikhon and Elhok rivers, and we will take water samples from these rivers, study them in the Dushanbe city laboratory and get the result. The water is polluted in the river Kofarnikhon after Vahdat, as well as in the Elhok and Honako rivers [2]. The main method will be chemical analysis. Chemical analysis is the main analysis of cations and anions of chemical elements such as calcium, magnesium, sodium potassium adenosine triphosphatase, carbon monoxide, hydrocarbonates, sulfur oxide and chemical ionization. With the help of these chemical elements, we will be able to understand how polluted the rivers are, that is, these chemical elements will show us the chemical state and the level of polluted rivers Kofarnikhon and Elhok. This study will help us get the data and thanks to this data we will be able to find out the chemical state of the rivers Kofarnikhon and Elhok and their level of contamination. As a result, the study will help us to assess the chemical composition of the water of these rivers in the city of Dushanbe and will show the level of chemical pollution of the Kofarnikhon and Elhok rivers, as shown in the figure 1.

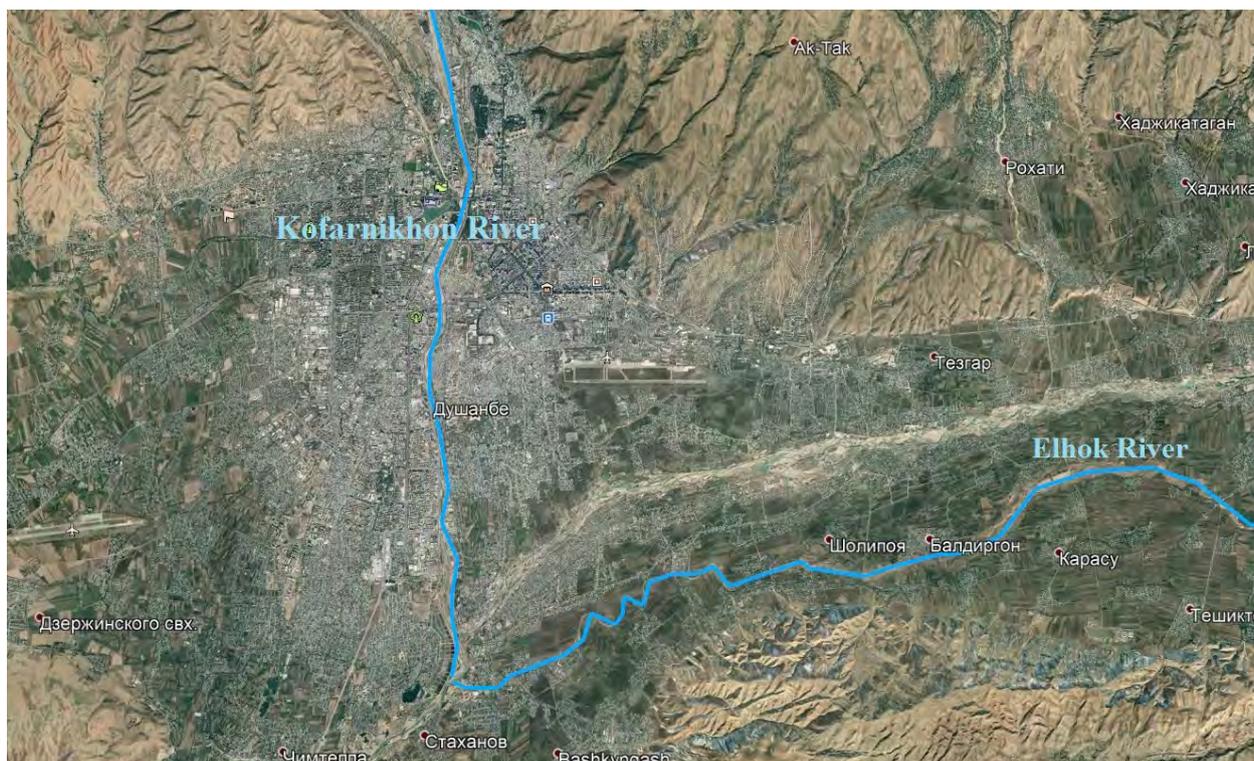


Figure 1 – Location of Kofarnikhon and Elhok rivers within the Dushanbe city territory

Hydrogen indicator, pH (Latin pondus Hydrogenii - "weight of hydrogen"; pronounced "pe-ash") is a measure of the acidity of aqueous solutions. Associated with the concentration of hydrogen ions, which is equivalent to the activity of hydrogen ions in highly dilute solutions. For aqueous solutions,  $\text{pH} < 7$  corresponds to an acidic solution, while  $\text{pH} > 7$  - basic. Can be determined using acid-base indicators, measured potentiometrically pH-meter or calculated by the formula as a value opposite in sign and equal in magnitude to the decimal logarithm of the activity of hydrogen ions, expressed in moles per liter. From the analysis physical and chemical characteristics of the waters showed that all the waters in the pool are slightly alkaline [3].

The hardness of drinking water is one of the quality characteristics of water, which is determined by the presence in the water of salts of two alkaline earth metals - calcium and magnesium. Hardness is important for assessing the quality of any water used, technical, drinking and water used for the needs of industrial enterprises with specified characteristics. The greatest influence on the level of water hardness is exerted by the amount of calcium cations, to a lesser extent - by magnesium. Cations of strontium, iron and manganese also affect the hardness of water, but their contribution to the total hardness of water is so small that in practice their values are usually neglected. According to the methods for determining the hardness of water according to hydrochemistry, it is considered:

0-4 mEq / l - soft water

4-8 mEq / l - medium hardness

8-12 mEq / l - hard water.

Cations are positively charged ions. Anions are negatively charged ions. Cations and anions, that is, oppositely charged ions, are attracted to each other. In our study the main analysis of cations and anions of chemical elements such as calcium, magnesium, sodium potassium adenosine triphosphatase, carbon monoxide, hydrocarbonates, sulfur oxide and chemical ionization.

Salinity is the content of salts in water. Salinity in ppm is the amount of solids in grams dissolved in 1 kg of seawater, provided that all halogens are replaced by an equivalent amount of chlorine, all carbonates are converted to oxides, organic matter is burned. In the rivers Kofarnikhon and the Elhok river, salinity is also observed by the chemical analysis.

Solid residue - an atom or group of atoms considered as a group or part of a molecule. The part that remains solid on the filter paper after the liquid has passed through the filtration process. In the Kofarnikhon river, the solid residue is 545.0 and in the Elhok river is 288, 0 mg/l.

## 2. Methodology and data

The problem in the research will be investigated in a quantitative approach. In our research, we consider 2 work packages.

- 1) Taking of samples;
- 2) Laboratory work: A chemical analysis.

### a. Taking samples

We take any water for analysis. We are going to take 2 samples of water from 2 different places and different rivers, the first is Kofarnikhon and the second is Elhok, which have a distance from each other. It is very important that the volume of each sample should be at least 1 liter, because this is our material for research. With the help of these samples, we will be able to assess the chemical composition of the Kofarnikhon and Elhok rivers. As a result, we plan to take 2 samples of river water and try to use them to determine the result of the chemical state of the Kofarnikhon and Elhok rivers.

### b. The chemical analysis

Chemical analysis is the main analysis of cations and anions of chemical elements such as calcium, magnesium, sodium potassium adenosine triphosphatase, carbon monoxide, hydrocarbonates, sulfur oxide and chemical ionization. With the help of these chemical elements, we will be able to understand how polluted the rivers are, that is, these chemical elements will show us the chemical state and the level of polluted rivers Kofarnikhon and Elhok. Chemical analysis plays a big role in our research because it is this analysis that can give us the data by which we can find out the chemical state rivers and evaluate them, and the most basic method we have is chemical analysis. It is very important for our research because it is this method that allows us to very clearly and accurately determine the chemical state of the rivers and show how polluted the Kofarnikhon and Elhok rivers are.

## 3. Results

During the field work, laboratory analysis of water samples from the Kofarnikhon and Elhok rivers was carried out. Laboratory results are presented in table 1.

Table 1.

#	Place	pH-value	hardness of water, mg*eq/l	Cations			anion				salinity, mg/l	solid residual, mg/l
				Ca, mg/l	Mg, mg/l	K+N, mg/l	CO <sub>3</sub> , mg/l	HCO <sub>3</sub> , mg/l	SO <sub>4</sub> , mg/l	Cl, mg/l		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	River Elok	7,4	5	65	81,4	8,1		137,3	84	47,9	346	288
2	River Kafirnigan	7,29	8,77	105	42	42,7		100,8	28	106,5	606	545

In our study Kofarnikhon, where pH = 7,29, and Elhok pH=7,40 while pH > 7 – basic. We have hard water in the Kofarnikhon rivers 8.77 mEq/l. As far as between 8-12 mEq/l is a hard water. The Elhok river 5.0 mEq/l and it is considered medium hardness (4-8 mEq/l).

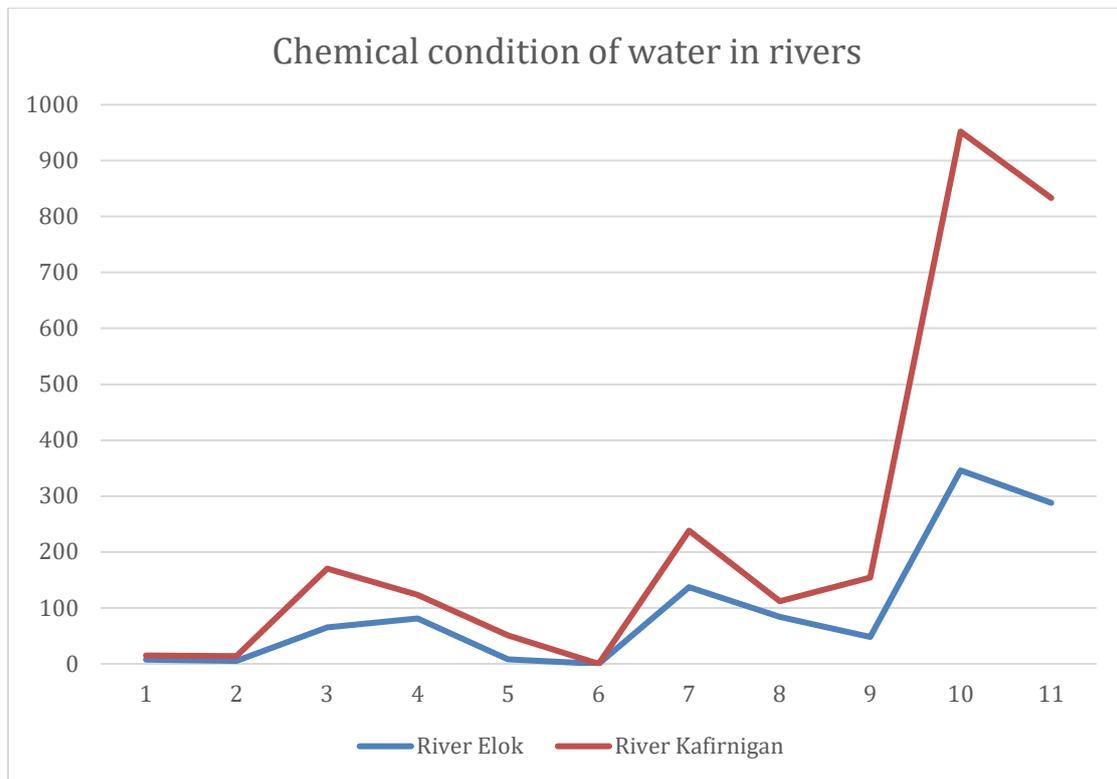


Figure 2 – The indicator of the Kofarnikhon river and the Elhok river

#### 4. Discussion

The results of the study showed that the indicator of the Kofarnihon River is higher than that of the Elhok River. This means that the Elhok River is more polluted than the Kofarnihon River. The Kofarnikhon River is cleaner than the Elhok River, but there is also water pollution there. The cause of water contamination is the release of debris and because of this the chemical state of the water and the level of contamination is poor and it needs to be cleaned.

#### 5. Conclusion

In conclusion of this study, the water samples that were taken from the rivers Kofarnikhon and Elhok and were studied in the laboratory, with the help of them we obtained data and we got the result. The result of the study showed that the condition of the Kofarnihon and Elhok rivers and their level are poorly polluted and, unfortunately, the main cause of water pollution is the release of garbage. People do not think about the consequences and do not know how water pollution can negatively affect human health, which they pollute water. People should take this more seriously and should understand that there is no need to pollute but, on the contrary, to preserve, because these rivers are ours with you, we must keep them clean. We hope that everyone who reads this study will understand the state of the Kofarnikhon and Elhok rivers and will made conclusions for themselves and will not pollute the water.

#### Recommendation:

Thanks to the results of the study, we learned the composition of the water, their condition and the level of pollution of the Kofarnikhon and Elhok rivers. Unfortunately, the condition of the rivers was poor and both rivers were polluted, and therefore, this study recommends that the government and organizations, companies take serious measures to ensure that people do not pollute the water for any other reason. And this study recommends that people take water pollution very seriously, that is, think about the consequences, do not throw their garbage in rivers but in special garbage containers. It is necessary not to pollute the water, but to keep it clean and in this way show your respect for the environment.

### References

1. Abdushukurov D.A. Assessment of the ecological state of the Kofarnikhon river in the period of flood
2. Rakhimov I.M., Abdushukurov J.A. Hydrochemical and isotope methods for assessing the quality of underground and surface waters of the river Basin Kofarnikhon of the Republic of Tajikistan
3. Abdushukurov D.A., Nazarova O.D., Mamadaliev B. Water Parameters in the main rivers of Tajikistan
4. [https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/ph-and-water?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/ph-and-water?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)
5. <https://www.kommersant.ru/doc/4034028>
6. <https://izamorfiz.ru/himiya/fiz/iony.html>
7. <https://ecomaster.ru/articles/chto-takoe-zhestkost-vody>

## ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ СЕЛЕВОГО ПОРАЖЕНИЯ АВТОДОРОГИ В ДОЛИНЕ РЕКИ БАРСКАУН

Ерохин С.А., Загинаев В.В.

*erochin@list.ru, zagivit@mail.ru*

Институт водных проблем и гидроэнергетики Национальной академии наук КР, г. Бишкек,  
Кыргызская Республика

*Аннотация. Автомагистраль, связывающая население восточной части внутреннего Тянь-Шаня с Иссык-Кульской областью и остальными регионами Кыргызстана пересекает хребет Терскей-Алатоо по долине Барскаун. На протяжении долины автодорога проходит десятки участков опасного развития экзогенных геологических процессов, из которых большую угрозу для неё представляют селевые потоки. По своему генезису они разделяются на ливневые и гляциальные, с различным уровнем опасности для автодороги, обусловленным особенностями строения формирующих их селеоборов. Уровень опасности оценивается тремя критериями: 1) наличием в составе селеобора селевых очагов; 2) наличием в селеоборе условий для накопления талых и дождевых вод; 3) величина площади селеобора. На основе этих трех критериев степень опасности селеоборов оценивалась по трем категориям: 1-очень опасные; 2-опасные; 3-менее опасные. При пересечении устьевых конусов выноса каждого селеобора автодорога попадает в зону селевого поражения, с различным уровнем опасности: если дорога пересекает конус в его головной части, где селевые потоки только набирают силу и являются максимально мощными, то для проходящего по автодороге транспорта они представляют большую угрозу. Если автодорога пересекает конус выноса ближе к его периферии, то уровень опасности для проходящего по автодороге транспорта резко понижается, и будет заключаться только в задержке его движения из-за завала дороги грязевой массой. Ширина зоны селевого поражения значительно возрастает. Для автодороги это проявляется в изменении ширины интервала возможного её завала селевыми массами от нескольких десятков до 100-150 м. Для определения периода активности ливневых селевых потоков был применен дендрохронологический метод. Установлено, что наиболее часто они проявляются в апреле-июне. По данным Гидрометеослужбы Кыргызстана о максимальных годовых паводках на реке Барскаун за последние 90 лет был построен график декадной вероятности прохождения селевых потоков с мая по август. Из него следует, что наиболее высокая вероятность паводков (30 и 25%), а соответственно и селевых потоков, приходится на третью декаду июля - первую декаду августа.*

*Ключевые слова: ливневые селевые потоки, гляциальные селевые потоки, селеоборы, зона селевого поражения, критерии селевой опасности, категории селевой опасности, периоды селевой активности.*

### Введение

Автомагистраль, связывающая население восточной части внутреннего Тянь-Шаня с Иссык-Кульской областью и остальными регионами Кыргызстана пересекает хребет Терскей-Алатоо по долине Барскаун, которая глубоко врезается в северный склон этого хребта, в его центральной части. На своем протяжении по этой долине автодорога проходит десятки участков опасного развития экзогенных геологических процессов, из которых большую угрозу для неё представляют селевые потоки.

Методы работ включали в себя: полевое обследование опасных участков и лабораторные исследования отобранных образцов (дендрохронологический метод), для

датировки селевых потоков [1-2]. Также, как вспомогательный материал, были использованы космические снимки с доступных сервисов (GoogleEarth, earthexplorer).

### Результаты

По результатам обследования селеопасных участков в долине и на перевале Барскаун вдоль трассы автодороги было установлено, что селевые потоки, угрожающие автодороге завалом и разрушением полотна, по своему генезису разделяются на два типа:

1) Ливневые селевые потоки, обусловленные ливневыми дождями. Такие потоки формируются в долинах боковых притоках – селесборах и выходят на автодорогу на участке в интервале от 19 до 27 км. Всего в этом интервале насчитывается 9 селесборов, опасных для автодороги (рис.1);

2) Гляциальные селевые потоки, причиной формирования которых являются активное таяние ледников и прорывы скоплений талых воды внутриледниковых емкостей. Эти потоки выходят из боковых долин – селесборов, на автодорогу в интервале 37-43км. Так же, как и на первом участке, здесь выделено 9 селесборов (рис.2).

Между этими двумя группами селесборов расположены два промежуточных селесбора, представленных двумя крупными долинами правых боковых притоков реки Барскаун – это Дунгююме и Сарымойнок (рис.3). В этих селесборах формируются селевые потоки как ливневого, так и гляциального генезиса.

Степень опасности селесборов оценивалась по трем категориям: 1-очень опасные; 2-опасные; 3-менее опасные. В основу оценки были положены три критерия:

- 1) наличие в составе селесбора одного или нескольких селевых очагов, где происходит трансформация водного потока в селевой (рис.4);
- 2) наличие в селесборе условий для накопления талых и дождевых вод с последующим их прорывом. По этому критерию выделяются селесборы 1-ой группы: значительную их площадь занимают ледники (рис.5), во внутриледниковых емкостях которых возможно скопление воды с последующим её быстрым сбросом;
- 3) размер площади селесбора, от которой зависит наличие и величина поверхностного стока.

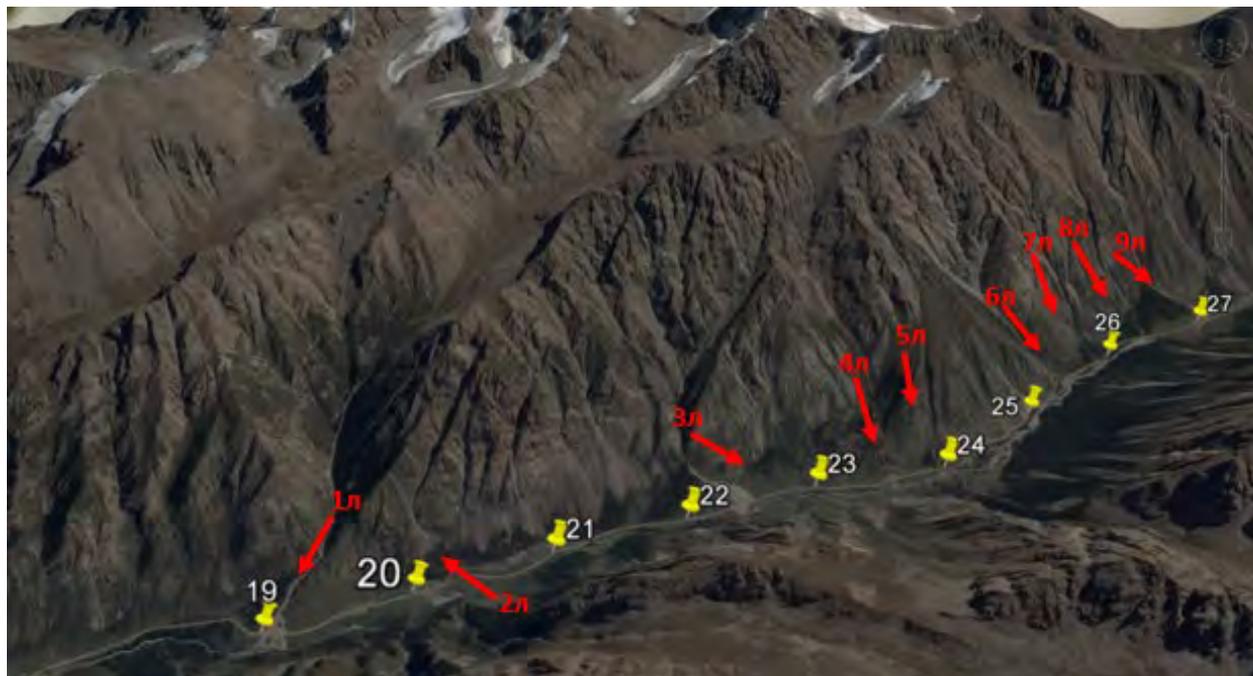


Рисунок 1 – На участке 19-22км автодороги Барскаун-Кумтор находится 9 селесборов, опасных для автодороги. Цифрами с буквами указаны селесборы. Красные стрелки указывают места выхода селевых потоков из селесборов. Желтые фишки - указатели километров от поворота автодороги с трассы Бишкек-Каракол

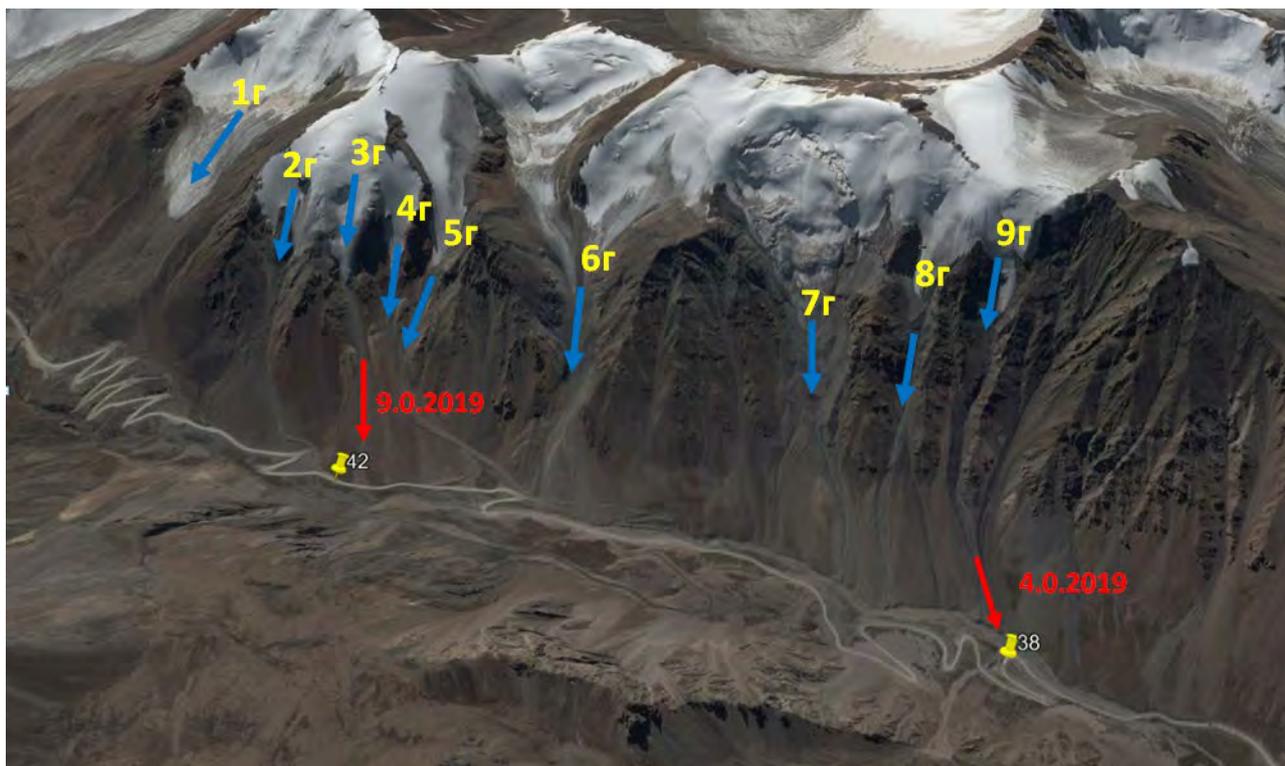


Рисунок 2 – Дорога на перевал Барскаун. Цифрами с буквами указаны селесборы. Синими стрелками показаны направления схода селевых потоков из селесборов. Красные стрелки указывают места схода селевых потоков: 4 и 9 августа 2019 г. Желтые фишки - указатели километров от поворота автодороги с трассы Бишкек-Каракол



Рисунок 3 – Участки пересечения автодорогой Барскаун-Акшийрак конусов выноса в устьях боковых селеопасных притоков Дунгуромо и Сарымойнок



Рисунок 4 – Селевые очаги в селесборах бл-9л выделены красными линиями и обозначены цифрами



Рисунок 5 – Ледниковый грот (показан стрелкой) на леднике №3, из которого выходила вода при прорыве внутриледниковой емкости. Пунктиром показана линия стока талых вод

Вышеперечисленные критерии позволяют оценить селевую опасность селесборов, для автодороги Барскаун-Кумтор, по трем категориям: 1-очень опасные; 2-опасные; 3-менее опасные. Результаты оценки приведены в таблице 1.

Таблица 1. Оценки селевой опасности селесборов для автодороги Барскаун-Кумтор

Типы селесборов	Номер селесбора	Наличие в селесборе			Категория опасности и селесбора
		селевого очага	условий для накопления воды	поверхностного водотока	
Селесборы ливневых селевых потоков в интервале автодороги 19-27км	1л	-	-	+	2
	2л	-	-	+	2
	3л	-	-	+	2
	4л	-	-	-	3
	5л	-	-	-	3
	6л	+	-	-	2
	7л	+	-	-	2
	8л	+	+	+	1
	9л	+	-	-	2
Селесборы ливневых и гляциальных селевых потоков	Дунгуромо	+	+	+	1
	Сарымойнок	+	+	+	1
Селесборы гляциальных селевых потоков в интервале автодороги 37-43км	1г	-	+	-	3
	2г	-	+	+	2
	3г	+	+	+	1
	4г	-	+	+	2
	5г	-	+	+	2
	6г	+	+	+	1
	7г	-	+	+	2
	8г	+	+	+	1
	9г	+	+	+	1

Таким образом, участки селевого поражения каждого селесбора можно разделить на категории по степени опасности.

Очень опасные селесборы первой категории (8л, 3г, 9г, Дунгуромо и др.) представляют угрозу не только в виде завала полотна автодороги, но и несут угрозу жизни людей в проезжающем транспорте. Так любая автомашина, захваченная селевым потоком из такого селесбора, будет раздавлена. Следовательно, участки автодорог, поражаемые селевыми потоками 1-ой категории надо выделить как особо опасные интервалы автодороги, на которых задерживаться нельзя и проезжать их надо как можно быстрее. Это интервалы 26,4-26,5; 29,2-29,3; 31,2-31,3; 37,6-37,9; 41,1-41,4 и 41,7- 42,0 км.

Интервалы автодороги 37,6-37,9; 41,7-42,0 км были завалены обломочным материалом селевых потоков 4 и 9 августа 2019 г, которые образовались из-за прорыва воды внутриледниковых емкостей с ледников №3, 7, 8, и 9 (рис.2).

Наблюдения предыдущих лет показывали, что селевые потоки и паводки, сформированные талыми водотоками с ледников №7, 8 и 9 (рис.6), были настолько маломощными, что, вливаясь в русло реки Сарымойнок, не разрушали его отмостку. Поэтому защитный придорожный вал надежно прикрывал полотно автодороги от паводков реки Сарымойнок до 4 августа 2019 г. (рис.7).

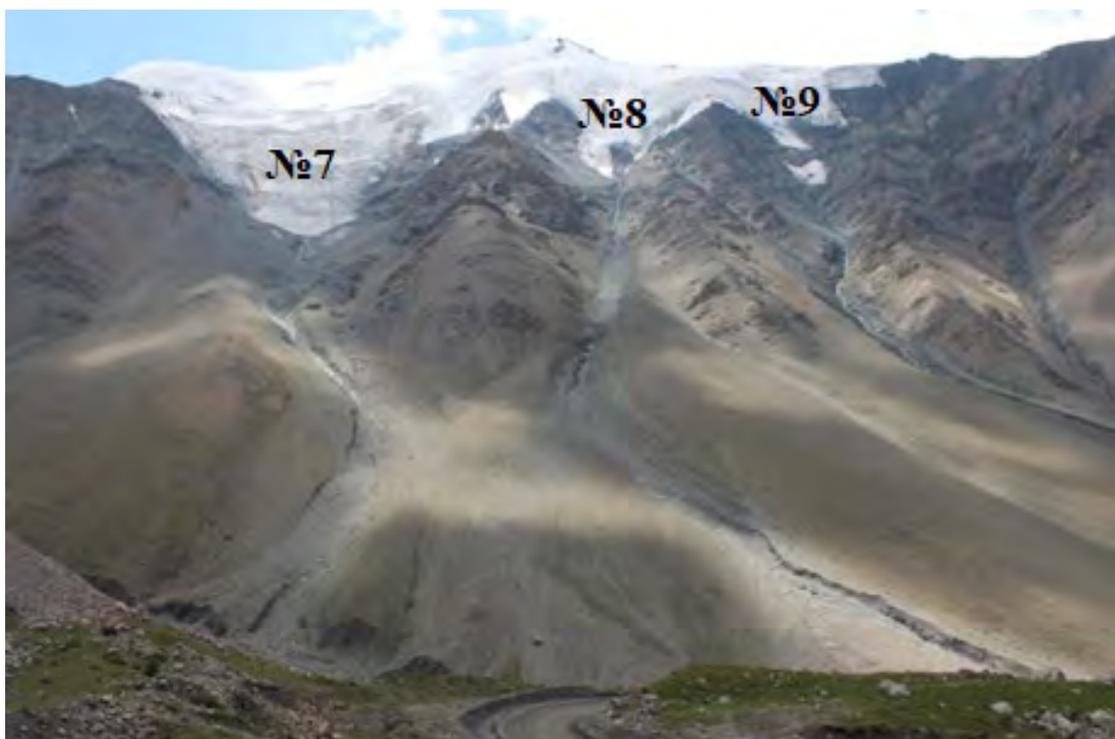


Рисунок 6 – Потоки и паводки, сформированные талыми водотоками с ледников №7, 8 и 10, были маломощными: вливаясь в русло реки Сарымойнок, они не разрушали его отмостку



Рисунок 7 – Защитный вал надежно прикрывал полотно автодороги от паводков реки Сарымойнок до 4 августа 2019г в интервале 37,6-37,9км. После его размыва селевым потоком 4 августа 2019г он был восстановлен

4 августа 2019 г. паводки с ледников № 7 и 8, неожиданно пополнились большим сбросом воды с ледника №10 (рис 8), вероятно связанный с прорывом внутриледниковой емкости. Прорывной поток на подгорном шлейфе трансформировался в мощный поток тяжелой селевой смеси. В результате его действия в устье водотока образовался обширный селевой конус выноса (рис.9). В отличие от водных потоков, тяжелые селевые потоки

обладают огромной инерцией. Поэтому он пересек русло реки Сарымойнок, хотя должен был двигаться вдоль этого русла вниз по течению, преодолел придорожный защитный вал (рис.7) и двинулся вниз по полотну автодороги, размывая его и заваливая обломочным материалом (рис.10).



Рисунок 8 – Углубление русла стока талых вод после их сброса 4 августа 2019 г. с ледника №10

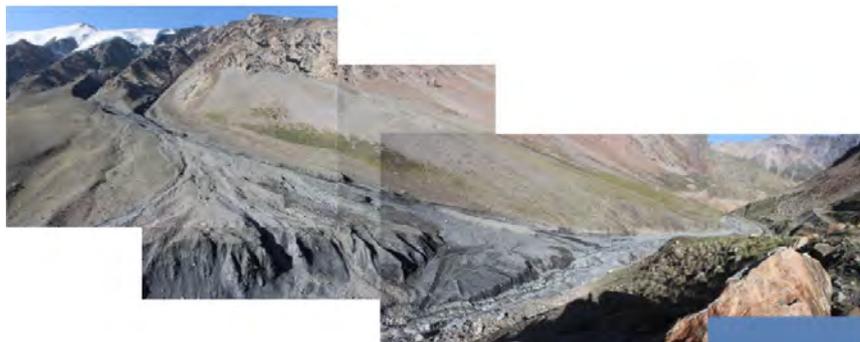


Рисунок 9 – В результате действия селевого потока 4 августа 2019 в устье водотока талых вод с ледника №10 образовался обширный селевой конус выноса



Рисунок 10 – Селевой поток 4 августа 2019г разрушил защитный вал (сейчас восстановлен) и завалил полотно автодороги на участке 37,6-37,9км грубообломочным материалом. Направление движения селевого потока показано стрелкой

Селевой поток 4-го августа показал, что, во-первых, в лавиносборах с ледниками правого борта долины Сарымойнок №7, 8 и 9 могут формироваться достаточно мощные селевые потоки, угрожающие автодороге на участке 37,6-37,9км, во-вторых, обозначилась уязвимость участка этого участка и ненадежность защитного вала.

Автодороге Барскаун-Кумтор на участке 37,6-37,9км могут угрожать мощные селевые потоки, сформированные талыми водотоками с ледников №6 (рис.11) и №3 (рис.12).



Рисунок 11 – Талые воды с ледника №7



Рисунок 12 – Ледник №4 до сброса талых ледниковых вод 9 августа 2019 г.

Особой селевой активностью отличается селесбор 3г с ледником в верховьях №3. Селевая опасность здесь обусловлена тем, что в теле этого ледника имеются полости, расположенные в поперечных трещинах (рис.13). В них накапливалась талая вода, прорыв которой привел к формированию селевых потоков 27 августа 2018 г. и 9-го августа 2019г. Подобные прорывы накопления талой воды здесь происходили неоднократно. Об этом говорит хорошо разработанный ледниковый грот в центре ледника (рис. 13).

Прорывные потоки ниже по долине трансформировались в селевые потоки, которые неоднократно заваливали автодорогу грубообломочным материалом на протяжении около 130-150 м, в интервале 41,8-42 км (рис.14).



Рисунок 13 – В теле ледника №3 имеются полости, расположенные в поперечных трещинах. В них накапливалась талая вода

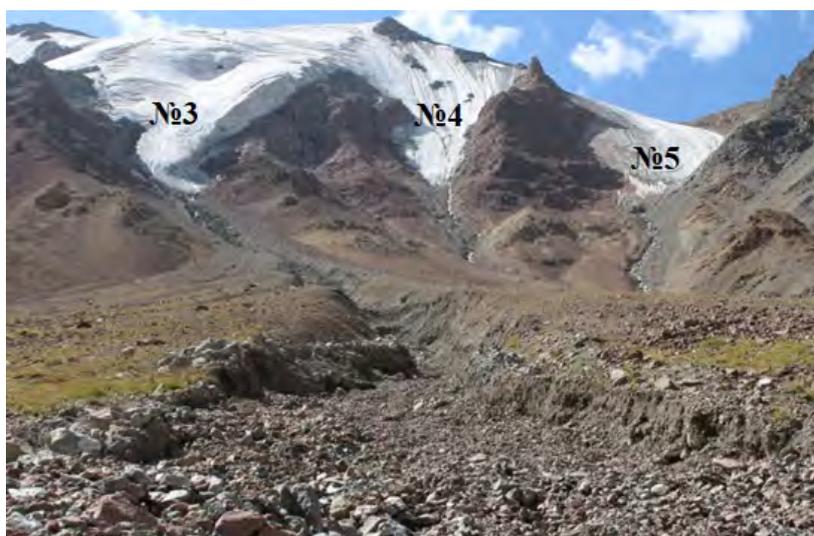


Рисунок 14 – После сброса талых ледниковых вод с ледника №4 и прохода селевого потока 9 августа 2019 г. образовался селевой лоток глубиной 3-8м

Последний селевой поток не только завалил автодорогу грубообломочным селевым материалом, но и перерыл реку Сарымойнок временной плотиной (рис.15). Из-за недостаточной мощности селевого потока плотина перекрытия не была достаточно устойчивой, чтобы выдержать напор большого скопления воды. Поэтому она была прорвана при относительно небольшом скоплении воды, что не привело к формированию разрушительного селевого потока. По реке Сарымойнок прошел лишь мощный паводок, подрезавший склоны долины с их осыпанием и обрушением. Однако не исключено, что на следующий год при более мощном селевом потоке может образоваться более прочная селевая плотина, выше которой сможет накопиться несколько десятков тысяч куб. метров воды. Её прорыв приведет к формированию селевого потока и паводка, угрожающего завалом и размывом автодороги на тех участках, где уровень полотна автодороги превышает уровень русла реки Сарымойнок на 1,5-2м. К таким опасным участкам относится не только участок 37,6-37,9км (рис.7 и 10), но и участок 41,3-41,55км. На последнем участке особенно опасным является интервал 41.3-41.4 автодороги, против устья водотока, стекающего с ледника №7 (рис.16).

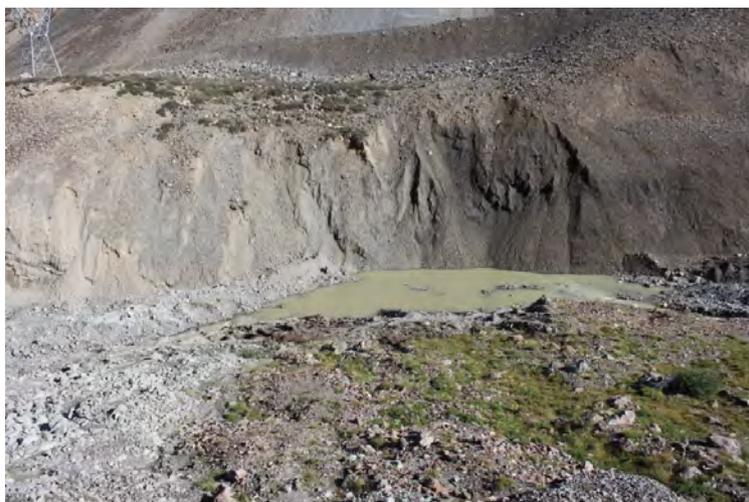


Рисунок 15 – Селевой поток 9 августа 2019г с ледника №3 перерыл реку Сарымойнок временной плотиной, которая была прорвана примерно через 1 час



Рисунок 16 – Особо опасным является интервал 41.3-41.4 автодороги, против устья водотока стекающего с ледника №7, где могут образоваться мощные селевые потоки

На участках селесборов 2-ой категории опасность для автодороги зависит от того через какую часть селевого конуса выноса проложено полотно автодороги. Если дорога пересекает конус в его головной части, где селевые потоки только набирают силу и являются максимально мощными, то для проходящего по автодороге транспорта они представляют большую угрозу. Их энергия так велика, что они врезаются в отложения устьевых конусов выноса и оставляют после себя на их поверхности глубокие (4-6м) рытвины, так называемые селевые лотки. Двигаясь по селевому лотку селевой поток, углубляет и расширяет его. Ширина фронта селевого потока определяется шириной лотка и береговыми селевыми валами. Так на пересечении селевых лотков из селесборов 7л и 8л с полотном автодороги ширина фронта селевого потока составляет 20-25м при глубине лотка 3-5м (рис.17) и ширине зоны селевого поражения всего 40м. Материал селевого завала будет при этом весьма грубообломочным (рис.18).

При пересечении с автодорогой, поток разгружает на её полотно обломочный материал, заваливая дорогу глыбами и камнями. Для находящегося на пути движения потока автотранспорта есть только одно спасение – как можно скорее выехать из зоны селевого поражения. В противном случае, все заканчивается для автомашины, её пассажиров и шофера катастрофически. Такая опасная ситуация может сложиться при пересечении автодорогой конусов выноса из селесборов 2л, 6л, 7л, 8л и 9л.

Таким образом, чем ближе к головной части конуса выноса проложена автодорога, тем меньше фронт действия селевого потока, тем меньше зона селевого поражения для автодороги. Так при пересечении автодорогой конуса выноса селесора 1л зона селевого поражения составляет около 100м, а в 100м выше автодороги она сужается до 40м (рис.19).



Рисунок 17 – На селевом лотке селесора 7л ширина фронта селевого потока на пересечении с полотном автодороги составляет 20-25м при глубине лотка 3-5м



Рисунок 18 – Участок пересечения автодорогой селевого русла лавиносора 8л

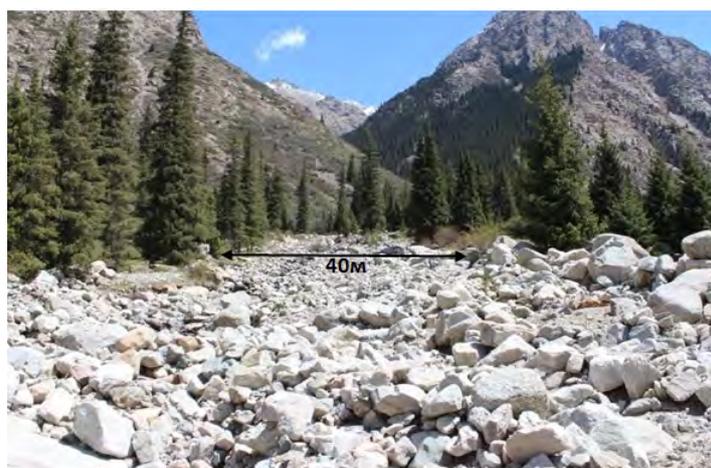


Рисунок 19 – При пересечении автодорогой конуса выноса селесора 1л зона селевого поражения составляет около 100м, а в 100м выше автодороги она сужается до 40м

По мере продвижения вниз по конусу выноса селевой поток теряет свою энергию, соответственно уменьшается его способность транспортировки обломочного материала, который начинает выпадать из селевого потока и постепенно загромождать селевой лоток.

Поток уже не в состоянии его углублять, поэтому он разветвляется на селевые русла, которые уже не врезаются в поверхность конуса выноса, а растекаются по его поверхности (рис.20). Переход селевого лотка в селевые русла является признаком резкого уменьшения энергии селевого потока. При этом меняется его режим: насыщение потока обломочным материалом сменяется его разгрузкой, путем отложения.



Рисунок 20 – Устье селесбора 3л. Селевой лоток по мере потери энергии селевого потока переходит в селевые русла, которые уже не врезаются в поверхность конуса выноса, а растекаются по его поверхности. Граница перехода показана стрелкой.

По селевым руслам текут потоки более низкой плотности, из дресвяно-гравийно-песчано-глинистого материала с включением отдельных обломков гальки и щебня. Автодорога, пересекая селевые русла в нижних частях устьевых конусов выноса, подвергается не такой большой опасности, как при пересечении селевых лотков, так как нет угрозы её завала камнями и глыбами. При этом ширина зоны селевого поражения значительно возрастает. Поэтому, если автодорога пересекает конус выноса ближе к его периферии, как на конусах выноса селесборов 1л, 3л, 4л, то ширина зоны селевого поражения автодороги резко возрастает от 40 до 100м (рис. 21 и 22). При этом уровень опасности для проходящего по автодороге транспорта резко снижается и будет заключаться только в задержке его движения из-за завала дороги грязевой массой.



Рисунок 21 – Участок пересечения автодорогой селевого русла лавиносбора 1л



Рисунок 22 – На конусе выноса селесбора 3л ширина фронта селевого потока при его пересечении полотна автодороги составляет 40-100м

На участках менее опасных селесборов, 3-ей категории, типа 5-го и селевые потоки могут лишь завалить полотно автодороги грязевой массой и разрушить его эрозионными рытвинами, но они не обладают такой мощностью, чтобы остановить автомашину.

Возможная мощность селевых потоков (в виде их расходов) из каждого селесброса и протяженность возможных завалов ими автодороги, указывается в таблице 2.

Таблица 2. Возможная мощность селевых потоков (в виде их расходов) из каждого селесброса и протяженность возможных завалов ими автодороги

№ селесбора	Возможный расход селевых потоков, м <sup>3</sup> /сек	Интервал возможного завала автодороги селевым материалом
1л	>100	19,0-19,16
2л	50-100	20,05-20,20
3л	10-50	22,34-22,54
4л	10-20	23,60-23,62
5л	5-10	23,94-23,95
6л	10-30	25,26-25,30
7л	5-10	25,89-25,91
8л	10-30	26,44-26,47
9л	5-10	27,0-27,05
Дунгуромо	50-100	29,2-29,3
Сарымойнок	50-100	31,2-31,3
1г	10-20	44,55-44,6
2г	20-30	42,2-42,5
3г	30-50	41,7- 42,0
4г	20-30	41,6-41,9
5г	20-30	41,6-41,9
6г	>100	41,3-41,55
7г	20-30	37,6-37,9км
8г	20-30	37,6-37,9км
9г	20-30	37,6-37,9км

Для определения частоты проявления ливневых селевых потоков был применен дендрохронологический метод [1-2], хорошо зарекомендовавший себя для датировки селевых потоков Северного Тянь-Шаня [3]. На конусе выноса селесбора 1л из 11 деревьев, тянь-шаньской ели, были взяты древесные керны. Анализ древесных колец показал большой разброс по годам случаев выхода селевых потоков из селесбора 1 л (таблица 3).

Таблица 3. Результаты анализа древесных колец

Год выхода селевых потоков из селесбора 1л	Количество селевых потоков
1908	1
1912	1
1922	2
1925	1
1932	1
1944	1
1956	1
1969	4
1990	1
2011	1

Из анализа данных таблицы 3 можно сделать вывод о том, что с 1932 года промежутки между годами выхода селевых потоков составляли не менее 11 лет. Следовательно, следующий выход селевого потока из этого селесбора следует ожидать не раньше 2022 года.

В процессе обследования селесборов 3л, 4л, 5л, 8л и 9л были отобраны образцы деревьев, тянь-шаньской ели, на их устьевых конусах выноса. Результаты обработки образцов приведены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты обработки образцов деревьев

Селесбор	Номер образца	Высота	Координаты	Возраст	Год селя
3	К 3-1	2663	N 41,99397;E77,62730	125	1980 (СО)* 1940 (АМИ)
	К 3-2	2463	N 41,99397;E 7,62730	107	1980 (СО)
4	К 4-1	2680	N 41,98089;E 77,62860	131	2006 (АМИ)
	К 4-2	2475	N 41,98098;E 77,62862	128	2012
	К 4-3	2455	N 41,99397;E 77,62730	98	2012
5	К 5-1	2647	N 41,9773; E 77,62885	54	2012
	К 5-2	2465	N 41,9776; E 77,62880	131	1953
	К 5-3	2460	N 41,97781;E 77,62868	68	2012
8	К 8-1	2649	N 41,95908;E 77,64687	134	1997
	К 8-2	2660	N 41,95933;E 77,64777	103	1953 (АМИ)
	К 8-3	2673	N 41,95948;E 77,64823	140	1932
	К 8-4	2673	N 41,95948;E 77,64823	147	1997 (ИА)
	К 8-5	2674	N 41,95955;E 77,64827	129	1990
	К 8-6	2674	N 41,95955;E 77,64827	87	2006 2008 (АМИ)
	К 8-7	2653	N 41,95894;E 77,64707	121	1961(АМИ)
	К 8-8	2653	N 41,95894;E 77,64707	124	1953
	К 8-9	2683	N 41,95678;E 77,64931	133	(2000 АМИ) 1980
	К 8-10	2642	N 41,96000;E 77,64578	110	2012
	К 8-11	2642	N 41,96000;E 77,64578	90	2012 (АМИ)
9	К 9-1	2664	N 41,95521; E 77,64954	135	1943 (АМИ)
	К 9-2	2660	N 41,95517; E 77,64957	75	1991(ИА)
	К 9-3	2715	N 41,95660; E 77,65102	84	1991
	К 9-4	2720	N 41,95666; E 77,65065	89	1991
	К 9-5	2720	N 41,95666; E 77,65065	169	1974
	К 9-6	2716	N 41,95692; E 77,65053	88	1932 (АМИ)
	К 9-7	2715	N 41,95692; E 77,65053	151	1932
	К 9-8	2727	N 41,95695; E 77,65047	86	1950

\*Месяц схода селевых потоков: АМИ – апрель, май, июнь; ИА-июль, август, сентябрь;СО – сентябрь, октябрь.

Анализ данных, приведенных в таблицах 3 и 4, показывает, что в последние 10 лет, селевой активностью отличались селесборы 1л, 4л, 5л, 8л. Наиболее часто селевые потоки проявлялись в апреле-июне (по данным таблицы 10 – 8 проявлений), значительно реже они их проявления приходились на июль-август (2 проявления) и сентябрь-октябрь (2 проявления).

Селесборы 2л и 6л следует также отнести к активным, так как на их конусах выноса отчетливо проявляются свежие следы селевых потоков.

К активным селесборам следует отнести также селесбор 3л, так как на его конусе выноса отчетливо прослеживается светло-серый современный (2-4 года назад сошедший) разлив селевого обломочного материала (рис.23).



Рисунок 23 – Современные селевые отложения на конусе выноса селесбора 3л

Таким образом, дендрохронологический и морфологический анализы показывают, что селесборы на участке 19-27 км автодороги Барскаун-Кумтор являются активными.

По данным Гидрометеослужбы Кыргызстана о максимальных годовых паводках на реке Барскаун за последние 90 лет [4] был определен наиболее опасный селевой период в течении осредненного года. Как показано на графике декадной вероятности прохождения селевых потоков с мая по август (рис.24) наиболее высокая вероятность паводков (30 и 25%) приходится на третью декаду июля - первую декаду августа. Хорошо известно, что причиной паводков в главной долине реки Барскаун, являются селевые потоки из боковых долин, а именно из селесборов на 19-27 км автодороги Барскаун-Кумтор. Поэтому именно период 3-ей декады июля – первой декады августа будет самым селеопасным.



Рисунок 24 – Вероятность паводков по реке Барскаун по декадам мая-августа за последние 90 лет

График декадной вероятности прохождения селевых потоков позволяет прогнозировать время их формирования. Самая высокая вероятность их проявления -30% приходится на период третьей декады июля - первой декаде августа.

### Выводы

1. В долине и на перевале Барскаун автодороге угрожают селевые потоки двух типов, различных по своему генезису: 1) ливневые селевые потоки, обусловленные ливневыми дождями; 2) гляциальные селевые потоки, причиной формирования которых являются активное таяние ледников и прорывы скоплений талой воды внутриледниковых емкостях.

2. Ливневые потоки формируются в боковых долинах–селесборах, сосредоточенных в интервале от 19 до 27 км автодороги. Всего 9 селесборов. Гляциальные селевые потоки формируются в селесборах, сосредоточенных в интервале от 37 до 43км. Всего 9 селесборов.

3. Между этими двумя группами селесборов расположены два промежуточных селесбора крупных правых боковых притоков реки Барскаун – это Дунгуромо и Сарымойнок. В этих селесборах формируются селевые потоки как ливневого, так и гляциального генезиса.

4. Степень опасности селесборов оценивалась по трем категориям: 1-очень опасные; 2-опасные; 3-менее опасные. В основу оценки были положены три критерия:

1) наличие в составе селесбора одного или нескольких селевых очагов, где происходит трансформация водного потока в селевой;

2) наличие в селесборе условий для накопления талых и дождевых вод с последующим их прорывом;

3) размер площади селесбора, от которой зависит величина водной составляющей селевых потоков.

5. Очень опасные селесборы первой категории (8л, 3г, 9г, Дунгуромо и др.) представляют угрозу не только в виде завала полотна автодороги, но и несут угрозу жизни людей в проезжающем транспорте. Поэтому участки автодороги, поражаемые селевыми потоками 1-ой категории надо выделить как особо опасные её интервалы, через которые необходимо проезжать без остановки, как можно быстрее. Это интервалы 26,4-26,5; 29,2-29,3; 31,2-31,3; 37,6-37,9; 41,1-41,4 и 41,7- 42,0км. Интервалы автодороги 37,6-37,9 и 41,7-42,0км уже были завалены обломочным материалом неоднократно. Последний раз это

произошло 4 и 9 августа 2019г, соответственно из-за прорыва воды внутриледниковых емкостей с ледников №3, 7, 8, и 9.

6. На участках селеобортов 2-ой категории уровень опасности для автодороги зависит от того через какую часть селевого конуса выноса проложено полотно автодороги. Если дорога пересекает конус в его головной части, где селевые потоки только набирают силу и являются максимально мощными, то для проходящего по автодороге транспорта они представляют большую угрозу. Ширина фронта селевого потока определяется шириной лотка и береговыми селевыми валами и составляет несколько десятков метров. Материал селевого завала будет при этом весьма грубообломочным. Если автодорога пересекает конус выноса ближе к его периферии, то ширина зоны селевого поражения автодороги резко возрастает от 40 до 100м. При этом уровень опасности для проходящего по автодороге транспорта резко понижается, и будет заключаться только в задержке его движения из-за завала дороги грязевой массой.

7. На участках менее опасных селеобортов, 3-ей категории, селевые потоки могут лишь завалить полотно автодороги грязевой массой и разрушить его эрозионными рытвинами, но они не обладают достаточной мощностью, чтобы остановить проезжающий по дороге автотранспорт.

8. На основе данных дендрохронологического метода, который был применен на поросших еловым лесом конусах выноса селеобортов ливневых селевых потоков, было установлено, что за последние 10 лет, селевой активностью отличались селеоборты 1л, 4л, 5л, 8л. Наиболее часто селевые потоки проявлялись в апреле-июне – 8 проявлений, значительно реже их проявления приходились на июль-август – 2 проявления и сентябрь-октябрь - 2 проявления.

9. На основе графика декадной вероятности прохождения селевых потоков с мая по август, построенного по данным Гидрометеослужбы Кыргызстана о максимальных годовых паводках на реке Барскаун за последние 90 лет [4-5], был определен наиболее опасный селевой период в течении осредненного года. Наиболее высокая вероятность паводков, а, следовательно, и селевых потоков, приходится на третью декаду июля - первую декаду августа и составляет – 25-30%)

#### Литература

1. Zaginaev, V., Ballesteros-Cánovas, J. A., Erokhin, S., Matov, E., Petrakov, D., & Stoffel, M. Reconstruction of glacial lake outburst floods in northern Tien Shan: Implications for hazard assessment // *Geomorphology*. 2016, 269. 75-84.
2. Zaginaev, V., Petrakov, D., Erokhin, S., Meleshko, A., Stoffel, M., & Ballesteros-Cánovas, J. A. Geomorphic control on regional glacier lake outburst flood and debris flow activity over northern Tien Shan // *Global and Planetary Change*. 2019, 176, 50-59.
3. Winchester, V., Passmore, D. G., Harrison, S., Rae, A., Severskiy, I., & Pimankina, N. V. Dendrogeomorphological and Sedimentological Analysis of Debris Flow Hazards in the Northern Zailiiskiy Alatau, Tien Shan Mountains, Kazakhstan // *Vulnerability of Land Systems in Asia*, 2014, 91-113.
4. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том XI. Киргизская ССР. Государственный водный кадастр. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 451 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 14. Средняя Азия. Вып. 2. Бассейны оз. Иссык-Куль и рек Чу, Талас, Тарим. Л.: Гидрометеиздат, 1) данные до 1962 г., издание 1967г - 356с.; 2) данные за 1963-1970 гг., издание 1977 г. – 347с.; 3) данные за 1971-1975 гг. – издание 1979 г. – 300с.

**К ПРОБЛЕМЕ ИЗУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ ПЛАТФОРМЕННЫХ  
ОБЛАСТЕЙ СРЕДНЕЙ АЗИИ  
(НА ПРИМЕРЕ ДЕХКАНАБАДСКОГО ПРОГИБА)**

Зиёмов Б.З.<sup>1</sup>, Турапов М. К.<sup>2</sup>, Хусомиддинов А.С.<sup>3</sup>

*bobur.ziyomov82@mail.ru*

Ташкентский государственный транспортный университет, г. Ташкент,  
Республика Узбекистан

ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз, г. Ташкент,  
Республика Узбекистан

Институт сейсмологии АН РУз, г. Ташкент, Республика Узбекистан.

*Аннотация. В работе приводятся результаты реконструкции современной геодинамики Дехканабадского прогиба, выполненной на основе комплексного анализа геолого-геофизических, тектонических данных с применением экспериментальной тектоники по физическому моделированию структур земной коры. Современная геодинамика прогиба характеризуется активностью разломов и тектонических блоков, концентрацией тектонических напряжений в участках изгиба, в зонах сопряженных разломов. Определена позиция Дехканабадского прогиба в сети тектонических структур регионального масштаба. Современную геодинамику прогиба определяют внешние тектонические силы, действующие в трех направлениях: с севера, с запада и юго-востока. Другой важной особенностью формирования геодинамики является структурно-тектоническое строение прогиба: система северо-восточных разломов и мелкие складчатые структуры. Установлено, что интенсивность тектонической активности структур прогиба зависит не только от силы и направления воздействующих внешних сил, но также от их морфологии и пространственных параметров.*

*Ключевые слова: разломы, прогиб, деформация, тектонические силы, напряженность.*

На основе материалов геологии, тектоники, геодинамики, геофизики и сейсмологии территории Средней Азии, в частности, южной части Западного Узбекистана, установили, что исследуемая территория Дехканабадского прогиба является тектонически активной зоной, несмотря на различие во взглядах на тектонику и геодинамику его формирования и развития.

Тектонически активная зона – это территория земной коры, активизирующаяся под воздействием внешних и внутренних земных сил. В результате образуются сложные элементы структур, с обновлением ранее заложенных и формированием новых структур. Одновременно усиливается деформация. Как показывают геолого-геофизические исследования тектоносферы Средней Азии Б.Б. Таль-Вирский, Ф.Х. Зуннунов [7], И.Х. Хамрабаев [12], Ш.Д. Давлятов и др. [4], усиление деформации наблюдается вдоль активных региональных разломов (складка волочения), в зонах их пересечения и сопряжении. Степень деформации здесь зависит от многих факторов, среди которых главенствующие положение занимают состав и физические параметры геологических образований. Другая, ещё более важная особенность тектонически активных зон заключается, по нашему мнению, в их сейсмоопасности.

По данным В.Е. Хаина [13,14,15], В.Г. Трифонова [11], Ю.М. Пушаровского и др. [5], тектонически активные зоны “обозначаются происхождением образования сложного комплекса структур земной коры, определяющих локализацию интенсивной сейсмичности”.

В нашем случае Дехканабадского прогиба приручен к переходной зоне между платформенной территорией и орогенной областью Южного Тянь-Шане. По масштабам, естественно, она уступает тектонически активизированным зонам между континентом и

океаном. Но, несмотря на это, у них есть общие черты, выраженные в тектонике и сейсмоактивности, о чем свидетельствуют данные М.А. Ахмеджанова, О.М. Борисова [1], Б.Б. Таль-Вирского, Ф.Х. Зуннунова [7], Б.Б. Таль-Вирский [6], Ш.Д. Давлятова [4], Г.С. Абдуллаева, Ф.Г. Долгополова [3], К.Н. Абдуллабекова, Т.У. Артикова, Р.Н. Ибрагимова и др. [2]. Эти и другие вышеизложенные геологические факты дают основание изучить современную геодинамику Дехканабадского прогиба для решения задач сейсмической активности и минерагении.

В основе реконструкции современной геодинамики Дехканабадского прогиба лежат: его современное структурно-тектоническое строение впадины; воздействие на прогиб внешних тектонических сил. Главная изучаемая особенность геодинамики – это движение, т.е. вертикально-горизонтальные движения по разломам и тектонических блоков прогиба.

Вопрос о структурно-тектоническом строении Дехканабадского прогиба в рамках изучения тектоники, геофизики и нефтегазности мезозой-кайнозойского чехла решен однозначно. Однако в определении направления действующих на прогиб внешних тектонических сил существуют разногласия.

В связи этим реконструкция модели современной геодинамики Дехканабадского прогиба выполнена в нескольких вариантах: первый вариант учитывает данные В.Г. Трифонова [10] о современных движениях литосферных плит Центра геологических исследований Потсдама; второй вариант – результаты исследования геодинамики, внешних тектонических сил и нефтегазности литосферы Узбекистана, Г.С. Абдуллаеву и Ф.Г. Долгополову [3]. В основе реконструкции геодинамики, расшифровки механизма развития тектонических структур прогиба под воздействие внешних тектонических сил лежит физическое моделирование процессов тектоника происходящих в земной коре, где основное внимание уделено напряженности, деформации и активности разрывных и блоковых структур прогиба. Первый вариант модели современной геодинамики Дехканабадского прогиба (рис.1)

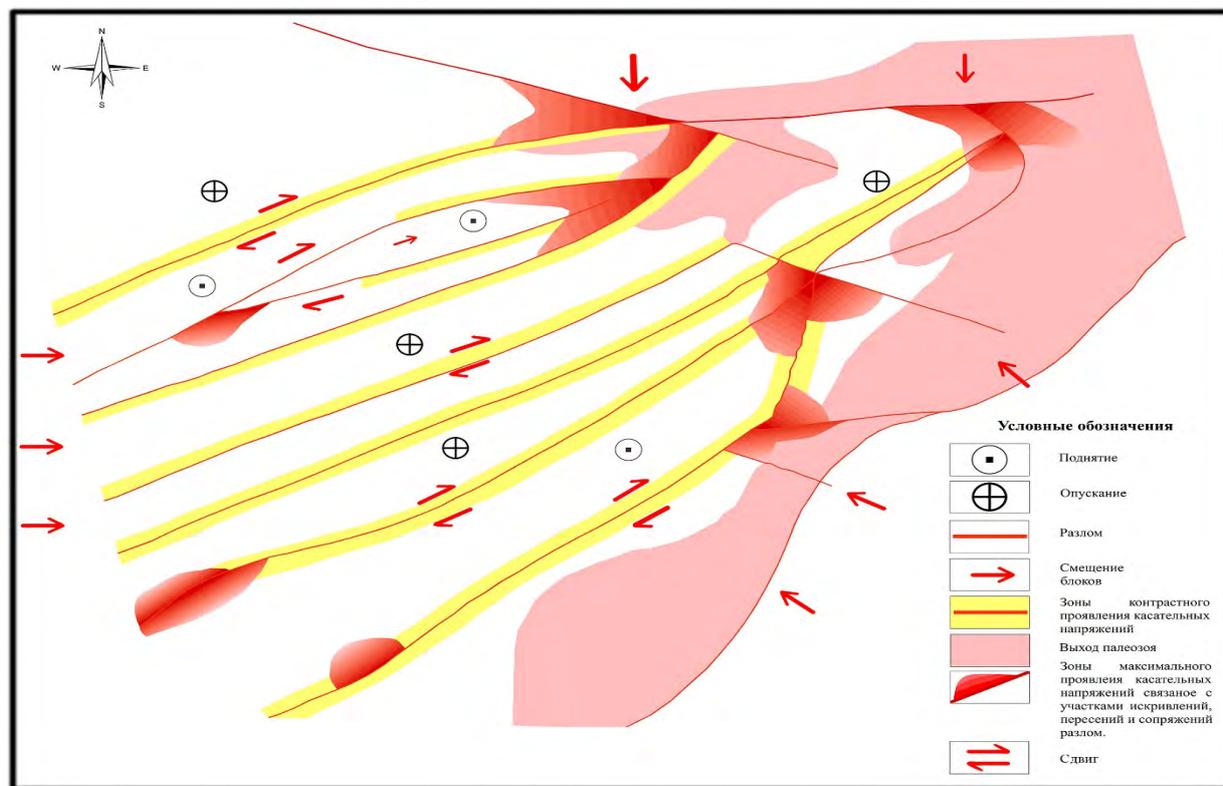


Рисунок 1 – Модель современной геодинамики Дехканабадского прогиба. Вариант 1. (Направление внешних сил, основанное на материалах Г.В. Трифонова).

предполагает, что на прогиб действуют внешние силы со стороны Индийской плиты (Гималаи) в северо-западном направлении; с севера – Казахстанская микроплита; с запада – силы, вызвавшие смещение западной территории Средней Азии с запада на восток.

Последние тектонические силы, обусловившие смещение – это данные космических исследований современных тектонических движений литосферы Земли. Анализируя эти данные, В.Г. Трифонов [9], отмечает, что горизонтальное смещение тектонических плит происходит с различной скоростью и направлением. Он предполагает, что эти различия обусловлены тектонической литосферой под гранитно-метасоматическим слоем у континентов В.Г. Трифонов, [8] в поясах коллизии и поглощения литосферы на границах океанов и континентов значительные современные деформации распространяются на огромные расстояния от границ плит, формируя сложную схему направления и скорости горизонтальных смещений.

Эта формулировка В.Г. Трифоновой [10] дает объяснение зарождения современных внешних тектонических сил (обуславливают смещение западной части Средней Азии на восток) действующих на территории Средней Азии, в т. ч. и на изучаемую Дехканабадского прогиба с запада на восток.

Как известно, на западе Дехканабадского прогиба и Бешкентского прогиба глубинным разломом, с востока-юго-западными орогенными сооружениями Гиссара, на севере – это мощная зона Южно-Тянь-Шаньского регионального разлома. Ось Дехканабадского прогиба и параллельные ей разрывные структуры (взбросы, надвиги) простираются в северо-восточном направлении, где они на юге выходят за пределы Узбекистана, а на севере упираются в орогенные структуры Южного Тянь-Шаня.

Воздействие внешних тектонических сил на Дехканабадский прогиб с юго-востока, со стороны Индийской плиты, характеризуется тем, что направление внешних сил перпендикулярно направлениям системы северо-восточных разломов грабена. В этой ситуации, когда структура подвергнута сжатию, направленному в крест её простираения, зона разлома уплотняется и её мощность сокращается. Смещение по горизонтальной плоскости разлома не происходит.

В зависимости от угла падения разломов происходит вертикальное движение с образованием небольших по параметрам складчатых структур, одним своим крылом упирающихся в разрывные структуры. В зоне разлома, в особенности на участках искривлений, изгибов, произойдет концентрация сжимающих касательных напряжений.

С запада на Дехканабадский прогиб действуют тектонические силы смещения в широтном направлении и по отношению к разрывным нарушениям под углом  $40-45^{\circ}$ . Экспериментальные данные по моделированию структур участка земной коры показывают, что при воздействии внешних сил на разрывную структуру под углом  $40-45^{\circ}$ , в ней наблюдается максимальное проявление активности, в зависимости от морфологии в форме сдвига, надвига или их сочетаний. М.К. Турапова. [11].

На исследуемой территории при аналогичной раскладке направлений, воздействующих с запада, внешних сил и разрывных структур следует отметить тектоническую активность последних в форме сдвига по часовой стрелке. По данным тектонических исследований, все подавляющее большинство разрывных структур Дехканабадского прогиба – взбросы.

Интенсивность проявления тектонической активности структур прогиба зависит не только от взаимоотношения их с воздействующими на них внешними силами, но также от морфологии и их внутреннего строения.

Данные по морфологии и строению разрывных структур Дехканабадского прогиба отсутствуют, по геологическим и структурным схемам и картам и на отдельных нефтегазоносных участках разрывы имеют прямолинейную морфологию.

Крупные разрывные структуры северо-восточного направления разбивают прогиб на блоки, придавая территории клавишеподобный структурный вид. Так как эти структуры являются унаследованными палеозойского фундамента Ш.Д. Давлятов [4], Б.Б. Таль-

Вирский, Ф.Х. Зуннунов [7] Г.С. Абдуллаев, Ф.Г. Долгополов [3], то их активность синхронна с активностью структур фундамента, т.е. внешние силы планетарного масштаба действуют с одинаковой силой на все сферы литосферы Средней Азии, в т. ч. и на Дехканабадского прогиба.

Активность структур фундамента – это повод для концентрации напряжений в зонах искривления их морфологии. Превышение касательных напряжений над внутренним напряжением в этих зонах структур может спровоцировать землетрясение К.Н. Абдуллабеков, Т.У. Артиков, Р.С. Ибрагимов и др. [2] Это указывает на то, что Дехканабадского прогиба тектонически активная зона и подтверждает, что его разрывные структуры, протягивающиеся вглубь палеозойского фундамента, сейсмоопасны, что является важным элементом сейсморайонирования территории платформенной части Западного Узбекистана и прогнозирования землетрясений с целью развития инфраструктуры региона.

Особенностью напряженного состояния и деформации в около разломом пространстве является неравномерное, контрастное их проявление. Напряженность, деформация увеличиваются в участках изменения морфологии разломов, а динамики структуры выражена пассивна. В линейных участках разломов, наоборот, динамика их интенсивная, а напряженность и деформация ослаблены в связи с затратой энергии внешних сил на смещение.

### Литература

1. Ахмеджанов М.А., Борисов О.М. Основные черты строения и развития Среднего и Южного Тянь-Шаня // Узб. геол. ж. 1972. № 4.
2. Абдуллабеков К.Н., Артиков Т.У. Ибрагимов Р.Н. и др. Сейсмическое районирование и прогноз землетрясений в Узбекистане. Ташкент: Изд. Гидроингео. 2002. 132 с.
3. Абдуллаев Г.С., Долгополов Ф.Г. Геодинамика и нефтегазоносность литосферы Узбекистана. Ташкент: Уз НИО НГП. 2016. С. 71-73.
4. Давлятов Д.Ш. Тектоника нефтегазоносных районов Западного Узбекистана. Ташкент. 1971. С. 92-99.
5. Пушаровский Ю.М. Фундаментальные проблемы общей тектоники. М.: Научный мир. 2001. 520 с.
6. Таль-Вирский Б.Б. Геофизические поля и тектоника Средней Азии. М.: Недра. 1982. 271 с.
7. Таль-Вирский Б.Б., Зуннунов Ф.Х. Тектоническое районирование Ферганской впадины по геофизическим данным // Геотектоника. 1972. № 2. С. 3–8.
8. Трифонов В.Г. Позднечетвертичный тектогенез. М.: Наука. 1983. 224 с.
9. Трифонов В.Г. Соболева О.В., Трифонов Р.В., Востриков Г.А. Современная геодинамика Альпийско-Гималайского коллизионного пояса. М.: ГЕОС. 2002. 250 с.
10. Трифонов В.Г., Караханян А.С. Динамика Земли и развитие общества / Труды Геологического института РАН; Вып. 585; Отв. ред. М.Г. Леонов. М.: ОГИ. 2008. 436 с.
11. Турапов М.К. и др. Теоретические основы и методология локального прогнозирования месторождений полезных ископаемых. Ташкент. 2011. 84 с.
12. Хамрабаев И.Х. [и др.]. Основные черты геологического строения и металлогении палеозойского фундамента пустынных территорий Западного и Южного Узбекистана // Труды Совещания по освоению пустынных районов Средней Азии и Казахстана. Ашхабад. 1962. 145 с.
13. Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов. М.: Научный мир. 2001. 605 с.
14. Хаин В.Е. Современная геодинамика: достижения и проблемы // Природа. 2002. № 1. С. 51-59.
15. Планета Земля. Энциклопедический справочник в четырех томах. Т. 2. Минералогия: в 5 кн. Кн. 1. Разд. 1. Земля. Теоретические основы минералогии. Минеральные ресурсы Мира и их экономика. СПб. 2008. С. 256-258.

## АНАЛИЗ СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В ПЕРИОД С 2010 ПО 2020 ГОДЫ

Исакунова А.С.

*altynay.25@mail.ru*

УНТЦ «Развитие Гражданской защиты» КРСУ и МЧС КР, г. Бишкек,  
Кыргызская Республика

*Аннотация. Статья разработана на основе изученных автором информационных и аналитических изданий, в первую очередь ежегодной издаваемой Департаментом мониторинга, прогнозирования чрезвычайных ситуаций МЧС КР книги «Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики», а также иных открытых источников в области прогнозирования и противодействия опасным природным процессам. В данной статье рассматривается краткая характеристика природных условий Иссык-Кульской области, а также дается анализ опасных природных процессов, на примере селей и паводков, в целом по области и отдельно по ее районам.*

*Ключевые слова: Иссык-Кульская область, характеристика природных процессов, рельеф территории, селевая опасность*

### **1. Краткая характеристика природных условий ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

Рельеф территории подразделяется на две основные части: Иссык-Кульскую котловину и Иссык-Кульские сырты, раскинувшиеся к югу от хребта Терскей Ала-Тоо до госграницы с Китаем. На севере котловину ограничивает хребет Кунгей Ала-Тоо, на юге – хребет Терскей Ала-Тоо, сближаясь на востоке и западе, они образуют закрытое межгорное пространство. Единственный естественный выход из котловины в Чуйскую долину – р. Чу, текущая по Боомскому ущелью.

Иссык-Кульская котловина имеет длину с востока на запад 240 км, ширину около 100 км. Центральную часть занимает оз. Иссык-Куль. Озеро окружено равниной, узкая береговая полоса покрыта песком, реже галечником, местами сложена сцементированным песчаником, на отдельных участках заболочена. Равнина простирается на 40–50 км восточнее озера по долинам рек Тюп и Жыргалан. На северном берегу её ширина от 1 до 10 км, на западном – 10–15 км. Лишь по южному берегу она иногда прерывается, уступая место предгорным грядам.

Предгорья Кунгей и Терскей Ала-Тоо сложены мезо-кайнозойскими отложениями, сильно расчленены саями, оврагами и речными долинами. Длина хребта Кунгей Ала-Тоо – 280 км. Гребень хребта расположен на высоте 3800–4000 м. Высшая точка – гора Чоктал (4771 м). Центральная часть хребта лежит выше снеговой линии, поэтому здесь встречаются небольшие снежники и ледники. Длина хребта Терскей Ала-Тоо 350 км, его высокая часть расположена в верховья рек Ак-Суу и Кара-Кёль, где сосредоточено много ледников.

К югу от Терскей Ала-Тоо располагаются сырты, малообжитые высокогорные пространства с характерным чередованием пологих хребтов и межгорных понижений. Здесь преобладают волнистые пространства в окружении хребтов, покрытых вечными снегами и ледниками.

### **2. Краткий анализ опасных природных процессов в период с 2010 по 2020 годы**

#### **2.1. По области**

В Иссык-Кульской области за год происходит от 9 до 45 чрезвычайных ситуаций, в среднем их количество составляет 23–24.

Среди чрезвычайных ситуаций природного характера преобладают вызываемые метеорологическими явлениями (28,7 %), снежными лавинами (17,2 %), селями и паводками

(15,4 %), землетрясениями (9,1 %). Наибольшее число жертв зарегистрировано от снежных лавин (16,1 %), прочие (среди которых учитываются чрезвычайные ситуации на воде) составляют до 6–7 %.

Одними из часто повторяющихся природных процессов на территории области являются сели и паводки.

Активизацию селевых и паводковых процессов можно ожидать при:

- интенсивном таянии снеговых запасов на большой площади (март– май);
- таяния ледников и снежников, аномальных температурах в высокогорной зоне (июнь–август);
- выпадении ливневых осадков;
- выпадении осадков в период половодья;
- прорыве высокогорных озер и водохранилищ.

В Иссык-Кульской области к областям формирования гляциальных селей отнесены территории занятые современным оледенением и моренами. В этой области находятся мощные толщи обводненных морен, территория характеризуется большими уклонами поверхности. Нижняя граница зоны проходит на высоте 3–3,5 тыс. метров.

В этой области создаются благоприятные условия для формирования больших объемов талых снеговых и ледниковых вод, образования высокогорных прорывоопасных озер.

Наиболее опасными долинами в этой зоне могут быть Кельтер-Тон, Тосор, Ак-Терек, Чытынды-Тосор, Барскоон, Кумтор (в верховьях Нарына, озеро Петрова), Чок-Тал, Зындан-Тон, Курумду-Тон, Джер-Уй-Ак-Сай, Каракол, Энильчек-Сары-Джаз, Чон-Ак-Суу, Тогуз-Булак-Тосор, Конур-Олен-Ак-Терек, Чон-Койсуу.

Причиной образования селевых потоков является таяние сезонных снегов, ливневые дожди, наличие увлажненных селеформирующих отложений.

Наиболее вероятное время прохождения селевых потоков и паводков (апрель–июнь) связано с периодами снеготаяния и ливневых осадков.

Наиболее опасными долинами являются Чолпон-Ата, Чон-Аксуу, Арасан, Ак-Суу, Чон-Кызыл-Суу, Джети-Огуз, Каджи-Сай, Джуука, Чон-Кызыл-Суу, Кичи-Кызыл-Суу, Каракол, Чолпон-Ата, Орто-Долоноту, а также Ширги, Байдам-Тал, Калмак-Ашуу, Дюре-Суу, Кабырга, Орто-Койсуу, Чон-Койсуу, Бактуу-Долоноту, Тегерменты, Чет-Байсоорун, Орто-Байсоорун, Кара-Дебе, Атамкулу, Чон-Орюктю, Кичи-Орюктю, Кутурга, Кюрментю, Балбай, Шаты, Талды-Суу, Корумды, Тюрген-Ак-Суу, Боз-Учук, Джергез, Ырдык, Кичи-Джаргылчак, Сары-Булак, Чон-Джаргылчак, Тамга.

Основной причиной образования селей в данной зоне является выпадение интенсивных атмосферных осадков часто на увлажненные селеформирующие отложения.

Наиболее вероятно образование наносоводных селей ливневого происхождения в долинах предгорий южного побережья оз. ИссыкКуль в междуречьях Тура-Суу–Ак-Терек–Ак-Суу тонская, Тон–Тосор–Барскоон, а также в долинах предгорий северного побережья оз. Иссык-Куль между реками Бактуу-Долоноту и Сегетю.

Период активизации охватывает весь теплый период года с марта по сентябрь.

## **2.2. По районам области**

### **а. Ак-Суйский район**

До 23 % площади района, преимущественно охватывающие высокогорные среднегорные ярусы рельефа, характеризуются второй степенью опасности. Около 48 % площади района, занимающей среднегорные зоны, имеют третью степень селевой опасности. До 21 % территории района, представленной низкогорным рельефом и отдельными предгорными частями долин, характеризуется четвертой степенью селевой опасности.

Во время выпадения интенсивных сконцентрированных по площади атмосферных осадков могут проявляться сели ливневого характера и участки ливневого затопления.

### **б. Джети-Огузский район**

Около 18,5 % исследуемой площади района, охватывающей в основном высокогорные ярусы рельефа, относится к территории второй степени селеопасности.

Повторяемость селей на высокогорных территориях района составляет один раз в 6–10 лет. Около 33,4 % площади района среднегорные зоны, относятся к третьей степени селевой опасности.

До 34 % территории района, преимущественно охватывающие низкогорные и предгорные долинные участки, отнесены к четвертой степени селевой опасности в предгорной зоне района. Повторяемость селей составляет один и более раз в год.

#### **в. Иссык-Кульский район**

До 2 % площади района расположено в высокогорной зоне (р. Чок-Тал), характеризуются первой степенью опасности. Около 16 % площади исследуемого района расположено в высокогорной и верхней части среднегорий на южном борту хребта Кунгей Ала-Тоо, они относятся к территории со второй степенью опасности.

Ниже по рельефу 31 % площади района имеет третью степень селевой опасности. До 35 % территории района, преимущественно расположенные в низкогорье и переходящих в горы долинных участков, характеризуются четвертой степенью селевой опасности.

Ливневые сели, возникающие на южных склонах хребта Кунгей Ала-Тоо, составляют около 84 % общего количества селей. Наиболее опасный период с мая по сентябрь.

Повторяемость ливневых селей в предгорных районах один и более раз за год. Особое место занимают сели и паводки, возникающие в результате прорыва ледниковых, моренных озер, внутриледниковых емкостей, они характеризуются внезапностью и большой разрушительной силой.

#### **г. Тонский район**

Около 13 % площади исследуемого района в высокогорной зоне на северных склонах хребта Терскей Ала-Тоо, имеют вторую степень селевой опасности.

Ниже по рельефу в среднегорных условиях до 18 % площади исследуемого района представляют собой территорию с третьей степенью селевой опасности.

До 51 % площади территории района, занимающие нижние части среднегорий и низкогорные ярусы рельефа, относятся к территории с четвертой степенью селевой опасности.

Оставшиеся 18 % исследуемой территории, за исключением русел рек и каналов, не являются селеопасными.

В предгорных зонах частота повторяемости селей – один и более раз в год.

Во время выпадения интенсивных сконцентрированных по площади атмосферных осадков могут проявляться сели ливневого характера и участки ливневого затопления.

Сели гляциального характера наиболее опасны в долинах рек, где расположены высокогорные прорывоопасные озера.

Как пример, 15 августа 2013 г. произошел прорыв озера морено-ледникового типа Четинды-Джер-Уй в верховьях левого притока р. Джер-Уй.

Озеро до 2013 г. имело небольшой объем за счет открытых каналов подземного стока, но погодные условия зимы 2012–2013 гг. привели к закупорке каналов, а резкое повышение температуры воздуха и выпавшие осадки – к увеличению объема озера и его прорыву. После насыщения потока обломочным материалом образовался мощный грязекаменный селевой поток, расход которого на выходе из ущелья достигал  $200 \text{ м}^3/\text{сек}$  после чего он растекался на ширину до 250 м, образовав селевые отложения мощностью до 3–6 метров.

Ориентировочно площадь поражения составила около 32 га. Объем озера понизился до 130 тыс.  $\text{м}^3$ .

#### **д. Тюпский район**

Около 18% площади района относится к третьей степени селевой опасности. До 30% площади района, охватывающие средне- и низкогорные зоны, характеризуются четвертой степенью селевой опасности. Оставшиеся 53% площади района, за исключением русел рек и каналов, являются не селеопасными.

В бассейне реки Тюп и её боковых притоков в зоне риска расположены населенные пункты, участки автодороги Балыкчы-Чолпон-Ата-Каракол, каналы, ЛЭП, дамбы водозабора, цементный завод.

Во время выпадения интенсивных сконцентрированных по площади атмосферных осадков могут проявляться сели ливневого характера и участки ливневого затопления.

### Выводы

Проведенный анализ периодичности проявлений чрезвычайных ситуаций за 2010-2020 годы на территории области показывает, что из всего количества чрезвычайных ситуаций природного характера, происходящих на территории области, на сели и паводки приходилось **15,4%** от их общего числа и занимает **3-ю** позицию по частоте проявлений ЧС природного характера на территории области.

В целом, частота проявлений селей и паводков за этот период на территории области в табличной форме будет выглядеть следующим образом:

Районы прохождения селей	Частота прохождения селей
В высокогорных сыртах области	один раз в 6-10 лет (один-два раза за 10 лет)
На южных склонах Кунгей Ала-Тоо	один раз в 3-5 лет (два-три раза за 10 лет)
На северных склонах Тескей Ала-Тоо	один раз в 3-5 лет (два-три раза за 10 лет)

Наиболее часто до 1–2 раз в год (10-20 раз за 10 лет) возникают сели ливневого характера, составляя до 80 % от всех селей. Паводковые потоки возможны на всех реках области, период вероятности их проявления апрель–сентябрь, при этом возможны два пика паводков – в апреле–мае преимущественно от таяния снегов, в июле–августе при таянии ледников и прорывах озер.

При этом селеопасными участками на автодорогах Иссык-Кульской области являются:

Район	Наименование автодороги	Селеопасные участки дорог (км)
Иссык-Кульский	Балыкчы-Ананьево-Каракол	28-36
Тонский	Балыкчы-Боконбаево-Каракол	36
Тонский	Балыкчы-Боконбаево-Каракол	38
Тонский	Балыкчы-Боконбаево-Каракол	103
Тонский	Балыкчы-Боконбаево-Каракол	104
Тонский	Балыкчы-Боконбаево-Каракол	106

### Литература

1. Закон КР «О гражданской защите» от 24 мая 2018 года № 54.
2. Постановление Правительства КР от 17 ноября 2011 года № 733. Классификация чрезвычайных ситуаций и критерии их оценки в Кыргызской Республике (В редакции от 25 декабря 2012 года № 850).
3. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. Изд. 8-17. Бишкек: МЧС КР. 2011-2019 г.г.
4. 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.
5. Ордобаев Б.С., Бактыгулов К.Б. Опасные природные процессы. Учебник для вузов. Бишкек. 2014. 240 с.
6. Климатическая характеристика Кыргызской Республики. / И.А. Маяцкая. Бишкек. 2007.
7. Храмов Г.Н. Опасные природные процессы. Учеб. пособие. СПб. 2004. 210 с.

## **РИСКИ И ПРИРОДНЫЕ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ САЛАМ-АЛИКСКОГО АЙЫЛЬНОГО АЙМАКА, УЗГЕНСКОГО РАЙОНА, ОШСКОЙ ОБЛАСТИ**

Кенжебаев Т.П.  
jgmp1305@mail.ru

Центр управления в кризисных ситуациях при Министерстве чрезвычайных ситуаций КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация. Дан краткий обзор и приведены сведения о наиболее распространенных и опасных природных процессах, и явлениях и отдельных видах техногенных опасностей, которым подвержена территория Салам-Аликского айыльного аймака. На картах-схемах указаны зоны развития опасных природных процессов, с разделением на степени опасности в зависимости от силы их возможного проявления. На территории айыльного аймака точечно указаны участки возможного воздействия оползней, селей, паводков, береговой эрозии, камнепадов и обвалов, снежных лавин, местоположение и степень опасности.*

*Ключевые слова: риски, природные опасности, база данных, геопортал.*

### **Введение**

Одной из ключевых задач обеспечения национальной безопасности является способность государства и общества распознавать предпосылки кризисов и эффективно бороться с ними, предотвращая угрозу устойчивому развитию страны.

Риски стихийных бедствий представляют одну из этих угроз, и Единая государственная политика в области Гражданской защиты отражена в принятых программных документах, обозначивших направления и приоритеты, задачи и мероприятия по их реализации на ближайшие годы.

Проявления кризисов и катастроф взаимосвязаны, они затрагивают все сферы жизни государства, общества, граждан. Прогнозирование возможности возникновения различного рода опасностей, оценка масштаба и рисков является важной частью мер по предупреждению чрезвычайных ситуаций или смягчению их последствий. Прогнозирование всех видов опасностей очень сложный процесс, основанный на тщательном изучении происходящих процессов, анализе их взаимодействия. Требуется применение научно-обоснованных мер с использованием современных технологий и методов, мирового опыта.

Для осуществления прогнозирования и разработки реальных и эффективных мероприятий по защите и предупреждению чрезвычайных ситуаций необходимы совместные действия органов государственного управления, научно-исследовательских, производственных организаций, местного самоуправления по совершенствованию нормативно-правовой базы, решению организационно-методических вопросов, осуществлению комплексного подхода к проведению научно-теоретических исследований, проектных работ и технических мероприятий.

### **Риски и природные опасности на территории Салам-Аликского айыльного аймака**

Территория Салам-Аликского айыльного аймака характеризуется интенсивным развитием опасных природных процессов, связанных с геолого-структурными особенностями, рельефом, климатическими и гидрогеологическими условиями, сейсмической активностью, техногенными факторами и др. Многие населенные пункты Салам-Аликского айыльного аймака размещены по берегам рек, в горной местности. В зависимости от строения примыкающих склонов и водности рек жители многих сел испытывают угрозу от оползней, лавин, селевых потоков, береговые эрозии.

### Береговая эрозия, сели, паводки

Береговая эрозия, сели, паводки, возникают в весенне-летний период в результате интенсивного таяния снегов и обильных дождей. Естественным условием образования селей и склоновых потоков являются предгорные хребты с селеобразующими логами с крутым уклоном. Одним из факторов повышения селевой опасности является интенсивное таяние снега ранней весной, когда талая вода не проникает в промерзлый грунт.

Селевые потоки характеризуются кратковременностью своего прохождения, высокой скоростью и разрушительной силой, насыщенностью твердым материалом, создающим характерные отложения. Сели обладают также большой эрозионной способностью, вызывая углубление русел и разрушение берегов, могут приводить к образованию паводков на реках. Сели формируются как на временных, так и на постоянных водотоках, при этом расход потоков резко возрастает и превышает паводковые расходы в несколько раз. Для селей характерно движение в виде последовательных волн (валов) с образованием заторов из обломочного материала, снежно-ледниковой массы, деревьев, кустарников с последующим их прорывом.

В таблице приведены участки возможной активизации селей, паводков и береговой эрозии, которые охватывают территорию Салам-Аликского айылного аймака и представляют угрозу населенным пунктам и соединяющей их инфраструктуре с другими министерствами и ведомствами в рамках проекта «Тундук». В левобережье р. Яссы селевые потоки, образующие конусы выноса и предгорные шлейфы, значительные по мощности и площади, представляют опасность для территории сел и сельхозугодиям

#### Прогноз возможной активизации селей, паводков, береговой эрозии

№	Айылный аймак	Река	Населенный пункт	Объекты возможного поражения
1.	Салам-Аликский	левый борт р.Яссы	с.Ак-Терек, выше а/моста на карьер «Торгой комуру»	жилые дома, в/х автодорога, мост, защитная дамба
2.		р.Зындан		в/х автодорога, мост
3.	-"	селевые потоки	с.Ара-Кель	4 жилые дома
4.		р.Яссы	уч.Айнике	СШ, жилые дома, автодорога
5.	-"	левый борт р.Яссы	с.Дубитель	жилые дома, огороды, автодорога, сельхозугодия
6.	-"	селевые потоки	с.Кош-Этер	13 жилых домов
7.	-"	левый борт р.Яссы	с.Кызыл-Байрак	11 жилых домов
8.	-"	левый борт р.Яссы	с.Кызыл-Чарба	15 приусадебных участков, 4 жилые дома, в/х канал
9.				автодорога Мырза-Аке-Салам-Алик- 700 м (ДЭП-5)
10.	-"	левый борт р.Яссы	с.Салам-Алик	территория больницы, жилые дома
11.		селевые потоки сай Кок-Тондуу		35 жилых домов, кладбище в/х канал
12.	-"	селевые потоки	с.15 Жаш	8 жилых домов

#### Оползни

Учитывая вероятность возникновения, частоту проявления и масштабы последствий, следующим по приоритетности стихийным бедствием являются оползни. Число оползней ежегодно возрастает в связи с активизацией взаимодействующих современных геодинамических движений, сейсмичности, подъемом уровня подземных вод, аномальным количеством выпадающих атмосферных осадков, а также инженерно-хозяйственной деятельностью человека, нарушающей баланс устойчивости склона в горных зонах. Физическое воздействие оползней выражается не только в сползании масс грунтов и горных пород, но и в ударе грязекаменного потока во время прорыва запрудных озер, сформированных в результате оползней.

Территория Салам-Аликского айылного аймака в соответствии с «Картой гео- и гидрометеорологической опасности, и риска Салам-Аликского айылного аймака» и «Прогноза

возможной активизации оползней» относятся к «оползням второй категории опасности, находящиеся в стадии подготовки и вторичных смещений, где требуются ежегодные мониторинговые обследования в сезоны активности оползнеформирующих факторов. При переходе оползня от второй в первую степень опасности должен решаться вопрос отселения жителей, попадающих в зону оползневого риска».

На территории Салам-Аликского айылного аймака расположены участки развития оползневых процессов, активизация которых связана с переувлажнением склоновых отложений атмосферными осадками и подземными водами. По стадии развития оползней выделены стадии: 1 – подготовки, 2 – движения, 3 – стабилизации или вторичных смещений. По основным преобладающим факторам образования и развития выделены оползни, где решающую роль играют атмосферные осадки (АТМ), атмосферные осадки и тектонический фактор (АТМ+тект.), совместное воздействие атмосферных осадков и подземных вод (АТМ+ПВ). По степени риска, который определяется как сочетание вероятности и последствий наступления неблагоприятных событий, способное принести кому-либо ущерб или убыток, выделены следующие градации. Риск: 0 – не представляет угрозы, 1- угрожает полям, дорогам и подпруживанием рек, и 2 - угрожает жилым домам, промышленным объектам.

### Прогноз возможной активизации оползней

№ п/п	Айылный аймак	Населенный пункт	Объекты возможного поражения	Фаза	Степень опасности	Риск	Фактор
1	Салам-Аликский	с.Ак-Терек	жилые дома (отселены ранее)				
2	-"	с.Ара-Кель левый борт р.Яссы	14 жилых домов (отселены ранее) мост, автодорога	2	2	1	АТМ
4	-"	с.Кош-Этер	10 жилых домов (отселены ранее)				
5	-"	с.Кызыл-Байрак	11 жилых домов (отселены ранее)				
6	-"	с.Кызыл-Чарба					
7	-"	с.Салам-Алик уч.Тош уч.Тектир уч.Кагын	12 домов (отселены в 1995 г.), детсад Опасности нет 6 жилых домов жилые дома (отселены ранее) 4 жилые дома				
8	-"	уч.Сасык-Булак	автодорога Мырза-Аке-Кара-Шоро	3	2	1	АТМ
9	-"	с.15 Жаш уч.Чон-Чункур	опасности пока нет				

Необходимо учесть, что оползни находятся на грунтах из лессовых пород, которые из-за специфики сложения, пылеватого состава, высоких значений макропористости, размокаемости, недоуплотненности при увлажнении и замачивании под воздействием внешних нагрузок и собственного веса теряют устойчивость в природном залегании.

### Лавинная опасность

Снежные лавины относятся к особо опасным гидрометеорологическим стихийным явлениям, представляющим опасность для человека, сооружений, транспортных коммуникаций, энергетических мостов и линий связи. Нередки случаи массовой гибели в лавинах скота, поражения лесных массивов.

Лавины наблюдаются практически повсеместно там, где есть крутые горные склоны и снежный покров достаточной мощности. Образование лавин определяется взаимодействием метеорологических условий, величиной снегонакопления и физического состояния снежного

пласта, из которого они возникают. Во временном разрезе лавинная деятельность – это прямое отражение частоты и чередования различных типов синоптических процессов над территорией Центральной Азии в целом и Тянь-Шаня в частности.

Лавиноопасный период продолжается с декабря по апрель, при этом наиболее опасными являются февраль-март. На территории Салам-Аликского айылного аймака к лавинным участкам относятся северные склоны бассейна реки Яссы. На юго-восточных склонах Ферганского хребта и на северо-восточных склонах Узгенского хребта 15% площади Салам-Аликского айылного аймака относится ко второй степени лавинной опасности и распространена выше средней части долины р. Яссы со всеми протоками и верховье р. Кельдюк.

В период с 2010 года по 2018 год на территории Салам-Аликского айылного аймака произошло 15 различных чрезвычайных ситуаций, связанных с опасными природными процессами и явлениями.

### **Заключение**

Прогнозные материалы, представленные в данной книге, предназначены для решения задач по снижению рисков и смягчению последствий чрезвычайных ситуаций природного, техногенного, экологического и биолого-социального характера. Представленный прогноз является мерой предупреждения и оповещает различные ведомства, организации, госадминистрации и население о возможной угрозе проявления катастрофических ситуаций. В статье представлена информация о возможных проявлениях опасных природных процессов и явлений (оползней, землетрясений, селей и паводков, лавин, подтоплений, высокогорных прорывоопасных озер, просадки, эрозионных процессов), о состоянии радиоактивных и токсичных хвостохранилищ, водохранилищ, о мелиорации, о статистике пожаров и опасных техногенных объектов.

Статья сопровождается подробными табличными характеристиками, позволяющими на различных уровнях проводить оценку опасности и планировать соответствующие мероприятия по обеспечению безопасности населения и территорий от активизирующихся стихийных бедствий и катастроф.

В прогнозе использованы материалы, представленные различными министерствами, ведомствами и государственными администрациями.

### **Литература**

1. Молдобеков Б.Д., Сарногоев А.К., Усупаев Ш.Э. и др. Прогноз стихийных бедствий на территории Кыргызской Республики. Бишкек: Алл-Пресс. 1997. 172 с.
2. Усупаев Ш.Э., Молдобеков Б.Д., Айталиев А.М., Айдаралиев Б.Р., Сарногоев А.К., Ажыбаев Т.А. О концепции “Катастрофология Кыргызской Республики” // Материалы междунар. науч.-практ. конф. “Совершенствование прогнозирования и управления стихийными бедствиями”, посвящ. десятилетию кафедры “Защита в чрезвычайных ситуациях” и Учебного, научно-технического центра “Развитие гражданской защиты” КРСУ и МЧС КР, г. Бишкек, 16 мая 2016 г. Бишкек. 2016. С. 89-93.
3. Усупаев Ш.Э., Тузова Т.В., Ерохин С.А., Загинаев В.В. Методы прогноза прорывов высокогорных озер Тянь-Шаня и Памира в сейсмоопасных зонах // Сб. материалов 9-го Казахстанско-Китайского Междунар. Симп., 25-27 октября 2017 г. Алматы. 2017. С. 78-83.
4. Олейников В.Т., Мосягин А.А. Возможность прогнозирования опасных ситуаций в субъектах РФ на основе нейронных сетей. URL: <http://www.ipb.mos.ru/konf/2004/sb-2004/sec-2-04/2.68.pdf>.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ИЗМЕРЕННЫХ МЕТОДОМ РСА-ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Кузьмин Д.К.  
dimak1292@mail.ru

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, г. Москва, Россия

*Аннотация.* В работе представлены результаты анализа данных измерения земной поверхности, полученных методом РСА-интерферометрии. Отмечено, что технология данного метода не позволяет получить истинные вертикальные смещения земной поверхности. При этом были смоделированы смещения для трех разных спутников, и установлены существенные различия. Предложена методика редуцирования данных спутниковых измерений, которая основана на применении аналитической модели «деформируемого пласта» и решения на ее основе прямой геодинимической задачи. Правильная идентификация данных РСА-интерферометрии необходима для наиболее объективной оценки геодинимической опасности при разработке месторождений нефти и газа.

*Ключевые слова:* геодинимическая опасность, пласт, деформации, интерферометрия, моделирование, обратная задача.

Когда речь идет о добыче полезных ископаемых, в частности углеводородов, или об эксплуатации подземных хранилищ газа, всегда встает вопрос о техногенной опасности. Она представляет собой угрозу промышленной безопасности объектов инфраструктуры нефтегазового комплекса, а также сопровождается серьезным экономическим ущербом. Поэтому, нормативные требования технадзора предусматривают меры, пресекающие негативные последствия при недропользовании. Одной из таких мер является проведение геодинимического мониторинга на месторождениях, который включает в себя как методы наземного геодезического и геофизического мониторинга, так и спутниковые методы [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Одним из последних, часто используемых, является РСА метод (Спутниковая радарная интерферометрия с синтезированной апертурой) [8, 9, 10].

Из опубликованных источников [11, 12] известно, что метод основан на измерении наклонного расстояния, вдоль направления на спутник. Этот факт сам по себе указывает на проблему получения истинных компонент вертикальных смещений. Отсюда часто можно наблюдать несоответствие распределений вертикальных смещений при сопоставлении этого метода с методом наземного геодезического мониторинга [13, 14, 15].

Искажение результатов вертикальных смещений приводит к неправильной оценке градиентов смещений (наклона и относительной деформации), которые являются основными критериями геодинимической опасности [16, 17, 18, 19, 20, 21, 22].

Для того чтобы объективно давать оценку смещениям земной поверхности с помощью использования данных РСА интерферометрии, необходимо привлечь аналитический метод, позволяющий редуцировать полученный результат.

Известно, что вектор смещений в направление на спутник  $d_{LOS}$  имеет три компоненты (вверх  $d_{up}$ , на север  $d_n$ , и на восток  $d_e$ ). Так, например, для спутника ENVISAT в [13] была получена формула:

$$D_{LOS} = 0.9 d_{up} - 0.01 d_n \pm 0.4 d_e \quad (1)$$

Используя аналитическую модель деформируемого пласта [1, 23, 24, 25], которая неоднократно была апробирована на ряде нефтегазовых месторождений, включая шельфовые, ПХГ и в зонах активных разломов [26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33], можно получить

аналитические распределения смещений  $d_{up}$ ,  $d_n$  и  $d_e$  для формулы 1. Для этого необходимо располагать данными геометрических параметров пласта того или иного месторождения, ПХГ, разлома, физических свойств горных пород, вмещающих пласт, а также данными изменения пластового давления за наблюдаемый период. Полученный результат позволяет редуцировать полученные данные радарной интерферометрии, а именно определять истинные вертикальные смещения путем извлечения из вышеприведенной формулы горизонтальных компонент. В данном случае моделировался один из пластов Астраханского газоконденсатного месторождения размерами 30x45км., мощностью 100м., залегающий на глубине 4км. Начало эксплуатации месторождения датируется 1987г. Согласно данным [34] среднее пластовое давление в 2000 г. составляло 53 МПа., а в 2010 г. 42 МПа. В связи с этим, в данной работе руководствуясь этими данными при расчетах будет использоваться среднегодовая скорость снижения давления в пласте равная 1 МПа/год.

Спутник ENVISAT был запущен Европейским космическим агентством (ЕКА) 1 марта 2002г., а потерял связь с Землей в 2012 году. Другой спутник, на котором установлен радар с синтезированной апертурой, TerraSAR-X немецкого производства, был запущен в 2007 году с космодрома города Байконур. Так как он имеет другую конфигурацию углов, то смещение в направлении на спутник LOS (line of sight), будет равно:

$$D_{LOS} = 0.82 d_{up} - 0.04 \cdot d_n \pm 0.58 d_e \quad (2)$$

Существует еще один проект Европейского космического агентства, спутник Sentinel-2, запущенный уже в 2015 году, формула для расчета  $D_{LOS}$  для него будет иметь вид:

$$D_{LOS} = 0.78 d_{up} - 0.01 \cdot d_n \pm 0.62 d_e \quad (3)$$

Во всех трех формулах знак плюса перед параметром  $d_e$  соответствует нисходящему треку, а знак минуса соответственно восходящему треку. В данной работе для сравнительного сопоставления  $d_{up}$  и  $D_{LOS}$ , были посчитаны значения для нисходящего трека. На рисунке 1 построены сечения от смоделированных смещений  $d_{up}$  и  $D_{LOS}$ , вкrest простирания пласта, в рамках решения объемной задачи. Моделирование проведено при условии изменения пластового давления на величину, соответствующую году разработки. Так, например, для спутника ENVISAT, который предположительно мог пролететь над территорией Астраханского месторождения в 2002г, значение пластового давления  $\Delta P=15$  МПа., так как с 1987 года (начала разработки пласта) по 2002 год прошло 15 лет. Соответственно для спутника TerraSAR-X к 2007г значение  $\Delta P=20$  МПа., а для Sentinel-2 в 2017 году  $\Delta P=28$  МПа.

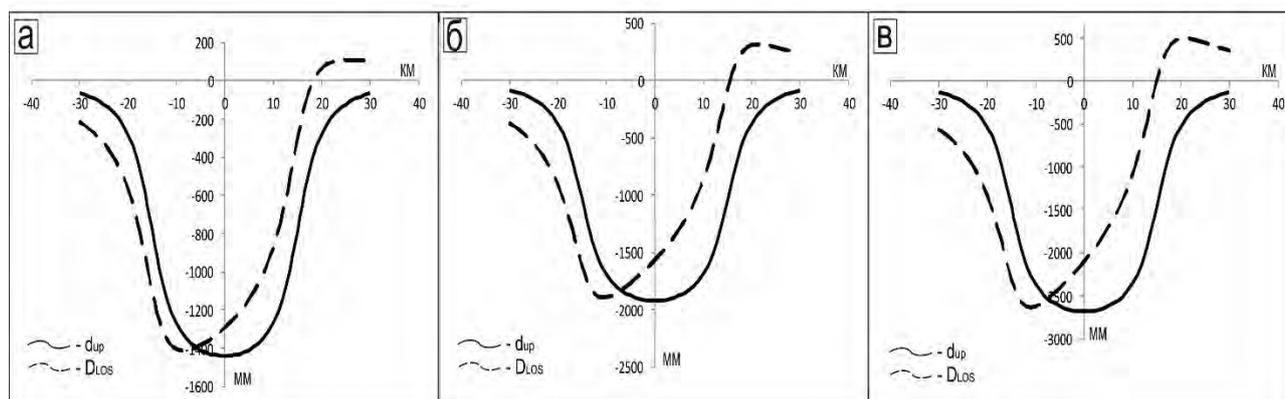


Рисунок 1 – Смоделированные значения смещений  $d_{up}$  и  $D_{LOS}$  при  $\Delta P = 15$  МПа (а),  $\Delta P = 20$  МПа (б) и  $\Delta P = 28$  МПа (в).

Заметно, как максимальные значения вертикальных смещений на графике (а) разнятся на расстоянии 9 км. Кроме того, кривые  $D_{LOS}$  имеют ассиметричный характер. На графиках (б) и (в) эта разность составляет 11 км. Еще более грубо, по сравнению со спутником ENVISAT (а), ведут себя кривые  $D_{LOS}$  графиков (б) и (в) на расстояниях 20-30 км. от центра моделируемого пласта. Наблюдаются более резкие наклоны, а именно они служат критериями геодинамической опасности.

Хвосты кривых  $D_{LOS}$  в правых частях графиков указывают на положительные вертикальные движения порядка от 10 до 50 см., чего не наблюдается в реальных условиях при добыче углеводородов.

Кроме того, максимальная амплитуда вертикальных смещений  $d_{up}$  на графике (а) на 2,5 см больше максимального значения кривой  $D_{LOS}$ , смоделированной для спутника ENVISAT. Для спутника TerraSAR-X (б) это значение занижено на 1,7 см относительно кривой  $d_{up}$ , а для Sentinel-2 на графике (в) значение максимального вертикального смещения  $D_{LOS}$  меньше на 6 см значения  $d_{up}$ . Эти расчеты указывают на несопоставимость результатов, полученных спутниковыми методами, как с модельным вертикальным смещением, так и между собой.

Отсюда следует вывод, что истинные вертикальные смещения земной поверхности с помощью РСА интерферометрии можно получить, только исключая из полученных данных горизонтальную компоненту аналитическим методом. Точность вертикальных смещений зависит от спутника, от его ориентировки к Земле, и поэтому данные РСА-интерферометрии не корректно использовать для повторных наблюдений за вертикальными смещениями земной поверхности без комплексирования с другими методами наземной и спутниковой геодезии.

Такой подход позволяет наиболее объективно подходить к точности оценки геодинамической опасности объекта и избежать негативных техногенных рисков.

### Литература

1. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика и оценка геодинамического риска при недропользовании. М.: Агентство Экономических Новостей. 1999. 220 с.
2. Кузьмин Ю.О. Проблемные вопросы изучения деформационных процессов в современной геодинамике // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2008. № 3. С. 98-107.
3. Кузьмин Ю.О. Тектонофизика и современная геодинамика // Физика Земли. 2009. № 11. С. 44-60.
4. Кузьмин Ю.О. Парадоксы сопоставительного анализа измерений методами наземной и спутниковой геодезии в современной геодинамике // Физика Земли. 2017. № 6. С. 24-39.
5. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика: от движений земной коры до мониторинга ответственных объектов // Физика Земли. 2019. № 1. С. 78-103.
6. Кузьмин Ю.О., Никонов А.И. Геодинамический мониторинг объектов нефтегазового комплекса // Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. Вып. 2. М.: ГЕОС. 2002. С. 427-433.
7. Сидоров В.А., Кузьмин Ю.О. Пространственно-временные характеристики современной динамики геофизической среды сейсмоактивных и асейсмичных областей // Дискретные свойства геофизической среды. М.: Наука. 1989. С. 33-46.
8. Кашников Ю.А., Кривенко А.А. Определение оседаний земной поверхности при разработке газоконденсатных месторождений по результатам интерферометрической обработки радарных съемок // Маркшейдерский вестник. 2009. № 3. С. 44-49.
9. Михайлов В.О., Киселева Е.А., Дмитриев П.Н. и др. Оценка полного вектора смещений земной поверхности и техногенных объектов по данным радарной спутниковой интерферометрии для областей разработки месторождений нефти и газа // Геофизические исследования. 2012. № 3. С. 5-17.
10. Васильев Ю.В., Филатов А.В. Выявление зон локальных деформаций методом радарной интерферометрии по результатам мониторинга на Самотлорском геодинамическом полигоне // Маркшейдерский вестник. 2016. № 3 (112). С. 38-46.
11. Hanssen, R. F. Radar Interferometry: Data Interpretation and Error Analysis. Academic Publishers. 2001. 308 pp.
12. Ketelaar V.B.H. Satellite radar Interferometry. Subsidence monitoring Techniques. Delft University of technology, Netherlands. 2009. 241 pp.
13. Кузьмин Ю.О. Физические основы измерения смещений земной поверхности методом РСА интерферометрии и проблемы их идентификации на месторождениях углеводородного сырья (УВ) // Маркшейдерский вестник. 2013. № 5. С. 37-44.
14. Кузьмин Ю.О. Актуальные проблемы идентификации результатов наблюдений в современной геодинамике // Физика Земли. 2014. № 5. С. 51-64.

15. Кузьмин Ю.О. Актуальные вопросы использования геодезических измерений при геодинамическом мониторинге объектов нефтегазового комплекса // Вестник СГУГИТ. 2020. Т. 25. № 1. С. 43-54.
16. Кузьмин Ю.О. Современная аномальная геодинамика асейсмичных разломных зон // Вестник Отделения геологии, геофизики, геохимии и горных наук РАН. 2002. № 1 (20). 27 с.
17. Кузьмин Ю.О. Геодинамический риск объектов нефтегазового комплекса // Российская газовая энциклопедия. М.: Большая Российская Энциклопедия. 2004. С. 121-124.
18. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика разломов и эколого-промышленная безопасность объектов нефтегазового комплекса // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2007. № 1. С. 33-41.
19. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика опасных разломов // Физика Земли. 2016. № 5. С. 87-101.
20. Абрамян Г.О., Кузьмин Д.К. Моделирование градиентов смещений земной поверхности на разрабатываемых месторождениях нефти и газа // Маркшейдерский вестник. 2019. № 5. С. 56-62.
21. Кузьмин Д.К., Кузьмин Ю.О., Фаттахов Е.А. Моделирование современных геодеформационных процессов в разломных зонах // Материалы Всерос. конф. «Современная геодинамика недр и эколого-промышленная безопасность объектов нефтегазового комплекса». М.: ООО «ТиРу». 2013. С. 90-100.
22. Кузьмин Д.К. Сопоставление моделей деформационной активности раздвиговых разломов с результатами геодинамического мониторинга объектов нефтегазового комплекса // Проблемы недропользования. 2019. № 4. С. 18-27.
23. Кузьмин Ю.О. Еще раз об оценке оседания дна акватории в случае разработки сеноманской залежи одного газового месторождения // Маркшейдерский вестник. 2010. № 1. С. 53-60.
24. Кузьмин Д.К. Оценка напряженного состояния недр на разрабатываемых месторождениях нефти и газа // Маркшейдерский вестник. 2020. № 5 (138). С. 37-43.
25. Абрамян Г.О., Кузьмин Д.К., Кузьмин Ю.О. Решение обратных задач современной геодинамики недр на месторождениях углеводородов и подземных хранилищах газа // Маркшейдерский вестник. 2018. № 4. С. 52-61.
26. Кузьмин Ю.О. Современная аномальная геодинамика недр, индуцированная разработкой месторождений нефти и газа // Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. Вып. 2. М.: ГЕОС. 2002. С. 418-427.
27. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика системы разломов // Физика Земли. 2015. № 4. С. 25-30.
28. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика раздвиговых разломов // Физика Земли. 2018. № 6. С. 87-105.
29. Кузьмин Ю.О. Индуцированные деформации разломных зон // Физика Земли. 2019. № 5. С. 61-75.
30. Кузьмин Ю.О., Дещеревский А.В., Фаттахов Е.А., Кузьмин Д.К. и др. Инклинометрические наблюдения на месторождении им. Ю. Корчагина // Геофизические процессы и биосфера. 2018. Т. 53. № 3. С. 31-41.
31. Кузьмин Ю.О., Дещеревский А.В., Фаттахов Е.А., Кузьмин Д.К. и др. Анализ результатов деформационных наблюдений системой инклинометров на месторождении им. В. Филановского // Геофизические процессы и биосфера. 2019. Т. 18. № 4. С. 86-94.
32. Жуков В.С., Кузьмин Ю.О., Полоудин Г.А. Оценка процессов проседания земной поверхности при разработке газовых месторождений (на примере Северо-Ставропольского месторождения) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2002. № 7. С. 54-57.
33. Кузьмин Ю.О., Никонов А.И. Геодинамическая природа аварийности скважин и трубопроводных систем // Перспективы развития экологического страхования в газовой промышленности. М.: «ВНИИГАЗ». 1998. С. 315-328.
34. Кашников Ю.А., Ашихмин С.Г. Механика горных пород при разработке месторождений углеводородного сырья. М.: Горная книга. 2019. 496 с.

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Мамбетказиев Т.К., Мамбеталиев Т.С., Ордобаев Б.С.

*tynchtykmambetkaziev@gmail.com, steer@inbox.ru, ordobaev@mail.ru*

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация. Статья посвящена изучению развития методов защиты зданий и сооружений при землетрясениях. Изучены типы защиты сейсмоизоляций. Приведены исторические факты развития сейсмостойкого строительства. Показаны типы опор сейсмоизоляции и указаны преимущества и недостатки той или иной системы. Указаны некоторые факты опыта строительства за рубежом.*

*Ключевые слова: сейсмоизоляторы, сейсмозащита, сейсмоизоляция зданий, катковые опоры*

### Введение

В отличие от обычно применяемых мер, в основном связанных с повышением несущей способности конструкций, меры сейсмозащиты сооружений, связанные со значительным снижением уровня инерционных сил, развивающихся в них при землетрясениях, называются мерами активной сейсмозащиты.

Начиная с 1925 года, когда было опубликовано предложение Н. Вискордини по устройству в подвальной части зданий катковых опор или колонн со сферическими верхними и нижними опорами, был предложен и частично реализован в сейсмостойком строительстве целый ряд систем активной сейсмозащиты, большинство из которых может быть отнесено к следующим основным группам:

1. Системы, реализующие принципы сейсмоизоляции;
2. Адаптивные системы с изменяющимися характеристиками;
3. Системы с повышенным демпфированием;
4. Системы с гасителями колебаний.

### Сейсмоизоляция зданий и сооружений

Идея сейсмоизоляции была реализована еще в средние века. Так, при строительстве среднеазиатских минаретов в фундаменты укладывались специальные «камышовые пояса» или подушки из сыпучего материала. Однако, теория сейсмоизоляции получила развитие только в последние 20-25 лет. Первые работы в этой области были направлены на снижение инерционных сейсмических нагрузок путем снижения периода основного тона колебаний сооружения.

Конечно, существует несколько различных систем сейсмозащиты зданий, но наиболее распространенной является, несомненно, сейсмоизоляция. Сам термин сейсмоизоляция обозначает снижение сейсмического воздействия специальных конструктивных элементов, именуемых сейсмоизоляторами. Основной принцип действия данного способа повышение сейсмостойкости описан ниже. На рисунке 1 показана деформированная схема неизолированного здания при сейсмическом воздействии.

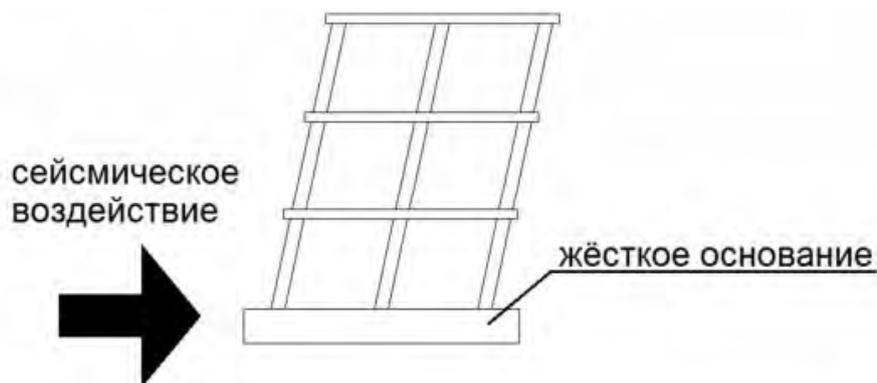


Рисунок 1 – Деформированная схема неизолированного здания при сейсмическом воздействии

При использовании сейсмоизоляции, сейсмоизоляторы устанавливаются между конструкциями здания и жестким основанием, тем самым изменяя собственные частоты здания в целом, а значит и значение сейсмических нагрузок. На рисунке 2 изображена деформированная схема изолированного здания при сейсмическом воздействии. Благодаря большей податливости в нижней части перемещения здания, в целом возрастает, а значит уменьшается ускорение масс и, как следствие, значения сейсмических инерционных сил становятся ниже.

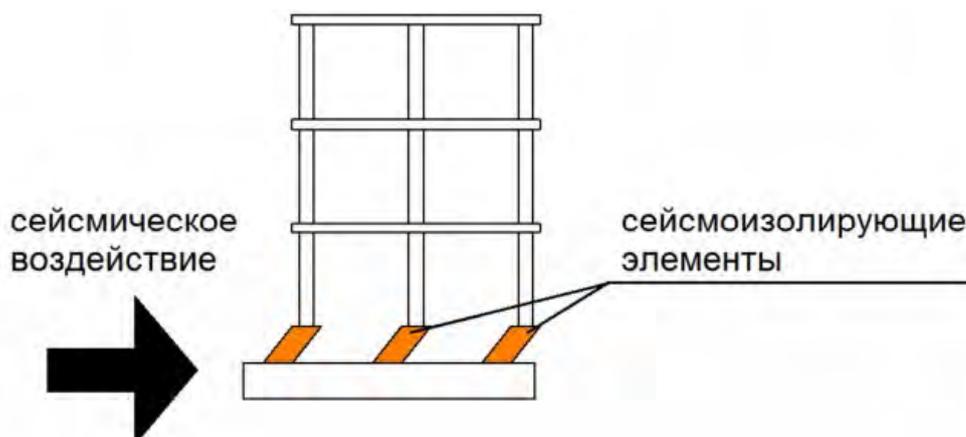


Рисунок 2 – Деформированная схема изолированного здания при сейсмическом воздействии

Под способом сейсмоизоляции понимается специальное конструктивное решение фундамента здания или сооружения, снижающее инерционные сейсмические нагрузки на конструкции и оборудование.

С древнейших времен, как говорилось выше, производились попытки устройства такого типа сейсмоизоляции. В большинстве случаев такие попытки сейсмоизоляции устраивались, основываясь больше на интуиции. Научное подтверждение расчетами данная идея получила лишь в 30-х годах XX века.

При повышении несущей способности увеличивается жесткость здания, а значит, и смещаются собственные частоты (с увеличением жесткости они также увеличиваются). С помощью такого подхода можно уйти в «резонансную» зону спектра. Однако, в этом случае при любой частоте здания ускорение должно быть УНП (ускорение нулевого периода).

В том случае, если идти в обратном направлении не повышать, а понижать собственные частоты конструкции путем внедрения в конструктивную схему систем сейсмоизоляции, то при стремлении частоты к нулю, ускорение тоже стремится к нулю. Отсюда вытекает идея спроектировать сейсмоизолированный фундамент таким образом, чтобы как можно сильнее снизить собственную частоту здания или сооружения.

Конструкции, защищающие сооружение от сейсмического воздействия по данному принципу называется системами сейсмоизоляции.

Несмотря на многообразие конструктивного исполнения систем сейсмоизоляции, принцип их работы одинаков: фундамент сооружения делится на 2 части-первая (обычно нижняя) опирается прямо на грунт, а вторая (обычно верхняя) является непосредственно фундаментной плитой здания, сооружений (или его части).

Между данными двумя частями устанавливается система сейсмоизоляции, которая обеспечивает понижение частоты колебаний верхней изолированной части сооружений. При уменьшении значения собственной частоты конструкций абсолютного ускорения, а значит и инерциональной сейсмические нагрузки также уменьшаются, однако при этом увеличивается перемещение верхней (изолированной) части конструкции по отношению к основанию. При землетрясении большой интенсивности взаимные перемещения двух частей фундамента может достигать несколько дециметров. Есть два решения данной проблемы: либо фундамент должен быть спроектирован таким образом, чтобы он смог сохранять несущую способность при достаточно больших перемещениях, либо требуется эти перемещения уменьшить или вообще ограничить.

Уменьшение или ограничение перемещений достигается включением в систему сейсмоизоляции различного рода демпферов, что увеличивает рассеивание энергии. Однако, демпферы несколько повышают жесткость системы, а значит немного увеличивают и инерционные сейсмические нагрузки.

#### **Системы сейсмоизоляции**

Выше мы рассмотрели основной принцип работы конструкций зданий при сейсмоизоляции как таковой. На данный момент существует 4 группы систем сейсмоизоляции

- система с гибкой нижней частью несущей конструкций здания
- система с кинематическими опорами
- система с подвесными опорами
- система со скользящими опорами

Все 4 системы сейсмоизоляции были активно изучены после землетрясения в начале нашего века в Сан-Франциско и Токио где проявили интерес к специальным конструкциям подземной части зданий, способных уменьшить меньше инерционные силы в их надземных частях

#### **а. Система с гибкой нижней частью несущей конструкций здания**

В 30-ых годах возникла идея сейсмоизоляции зданий с помощью устройства в зданиях первого (или подвального) гибкого этажа. Это идея основывалась на существовании в то время представления, что при всех землетрясениях сейсмическая реакция зданий с гибкой конструктивной схемой всегда меньше, чем у зданий жесткой конструктивной схемой. Это идея получила довольно широкое распространение, в том числе в нашей стране, так как для своего воплощения не требовала специальных мероприятий, выходящих за границы традиционных способов строительства зданий.

С начала строительства зданий с гибким первым этажом положено 30-ых годах на Тихоокеанском побережье США, позже их стали возводить в Италии, Мексике, Югославии, СССР. Одним из направлений сейсмоизоляции, получившей довольно широкое распространение в Англии, Франции, США, Новой Зеландии является использование резина-металлических опор устанавливаем их между несущими конструкциями фундамента и здания. Первоначальные такие опоры нашли широкое применение при конструировании сейсмостойких мостов, а затем с некоторой доработкой стали применяться и для сейсмоизоляции зданий. Так опоры системы GAPES (Франция) имеет слоистую конструкцию и состоят попеременно чередующихся стальных листов неопрена. Для предотвращения чрезмерной осадки под нагрузкой от собственного веса опоры выполняют жесткими в вертикальной плоскости.

В то же время они обладают горизонтальной плоскости (в 100 раз меньше ее жесткости в вертикальной плоскости) чтобы обеспечить возможность упругого бокового перемещения. Опоры обладают высокой прочностью при сжатии, растяжении и кручении благодаря упругим свойствам неопрена. В результате ряда принятых мер срок службы опоры этой конструкции достигает приблизительно 50 лет.

Учитывая, хорошей сейсмоизолирующие свойства резинометаллических опор, а также имеющийся положительный опыт эксплуатации данных опор наряду объектов в разных странах, можно предположить. Что при некотором совершенствовании их конструкций они найдут достаточно широкое применение в системах сейсмоизоляции зданий. В настоящее время к существенным недостаткам этих систем следует отнести довольно высокую сложность (с точки зрения технологии строительства) изготовления таких опор, большое количество опор необходимое под одно здание, а также повышенную чувствительность системы низкочастотным воздействиям.

#### **в. Система с кинематическими опорами**

Как уже было сказано ранее в 1925 году были опубликованы предложения М.Вискордини по устройству в подземной части катковых опор или колонн со сферическими верхними нижними опорами. С тех пор предложений об использовании опор качения как средства сейсмоизоляции появилось очень много, но их применение в практике сейсмостойкого строительства встречается довольно редко.

Одной из основных причин этого является недостаточная изученность поведения такого рода систем при сейсмических воздействиях, особенно при землетрясении, имеющих доминантные периоды более одной секунды. При таких землетрясениях здания с кинематическими опорами может получить значительные смещения, при которых может произойти потеря устойчивости всего здания и его полное обрушения. Таким образом такая система сейсмоизоляции может применяться только в районах, для которых прогнозируются высокочастотными землетрясениями и исключается возможность появления низкочастотных землетрясениях. В остальных случаях сейсмоизоляция с кинематическими опорами может применяться только с дополнительными средствами сейсмо-защиты.

В настоящее время имеется некоторой опыт практического применения таких систем еще в советское время. Так, в Севастополе 1972 году построено пятиэтажное крупнопанельное здание сейсмоизолирующим поясом, состоящем из 6500 армоцементных в форме эллипсоидов вращения диаметром 6 см и высотой 5.8 см (рис3), уложенных по всей площади фундаментов. Кроме этого в здании применена демпфирующая система в виде железобетонного бункера, жестко соединенного над фундаментной частью здания и свободно опущенного в слой песка.

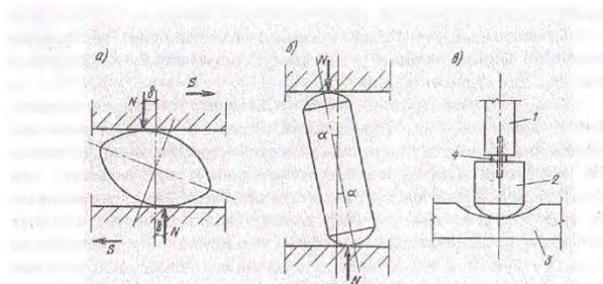


Рисунок 3 – Кинематические опоры, используемые для сейсмоизоляции зданий: а – эллипсоиды вращения, б – стойка со сферическими поверхностями торцов, в – опора конструкции Ю.Д. Черепинского; 1 – колонна; 2 – подколонник; 3 – опорная плита; 4 – центрирующая шайба

С целью получения данных о реальных динамических параметрах здания были проведены экспериментальные исследования, где обнаружилось, что часть опор под

воздействием веса здания обрушилось, что говорит об их неравномерном загрузении или разной прочности.

Полученные негативные результаты были учтены при проектировании двух восьмизэтажных зданий г. Севастополя. В первом из них в качестве опор- эллипсоидов применялось 270 железобетонных стоек высотой 41 см со сферическими поверхностями торцов. Нагрузка на стойки от здания передается через сплошную монолитную плиту.

Во втором здании применены железобетонные стойки высотой на этаж со сферическими поверхностями торцов. Также как и для первого здания применены демпферы сухого трения.

К недостаткам данной системы следует отнести следующее. Изготовление стоек со сферическими торцами и специальными высокопрочными контактными поверхностями требует высокой точности. Кроме того при наклоне стоек возникают существенные местные напряжения, для восприятия которых требуется дополнительная арматура, что приводит к увеличению расхода стали.

### **с. Система с подвесными опорами**

Идея гибкой подвески здания для снижения его сейсмической реакции была реализована в ряде проектов. В 60х годах в г. Ашхабад был построено трехэтажное здание с сейсмоизоляцией системы Ф.Д.Зеленцова, где наземные конструкции с помощью тяжей и пружин подвешивались к стенам монолитного фундамента. В отличие от других предложений такая система должна снижать как горизонтальные, так вертикальные колебания. Похожая конструкция была применена в Испании. Фундамент этой конструкции представляет собой бетонный колодец, к верхней плите которого подвешена на 4х наклонных преднапряженных тросах железобетонная плита. На эту плиту установлены железобетонные опоры, расположенные под колоннами здания и поверху объединенные железобетонным ростверком. Обе эти конструкции являются сложными и дорогими. Поэтому в данное время сейсмоизоляция такого типа считается нерациональной для внедрения сейсмостойкое строительство.

К этой же группе систем сейсмоизоляции можно отнести и здания с подвешенными этажами, получившие распространение в практике сейсмостойкого строительства за рубежом.

Преимуществом таких зданий относится: увеличение долей полезной площади помещений, меньшая чувствительность к неравномерным осадкам фундаментов, уменьшение объемов работ по возведению фундаментов. Недостатки таких систем остаются теми же, что и для указанных выше конструктивных решений систем подвешенными опорами.

### **d. Система со скользящими опорами**

Можно существенно снизить горизонтальные нагрузки, передаваемые на несущие наземные конструкции здания, если обеспечить возможность их проскальзывания относительно фундамента. Часть энергии, сообщаемая сооружению. Затрагивание при этом не на преодолении сопротивления связи конструкции, а на преодолении сил трения скольжения.

Скользкий пояс представляет ряд опор с пластинами из материалов с низким коэффициентом трения скольжения. Он устраивается между несущими конструкции здания и фундамента или непосредственно в фундаменте, разрезая его горизонтальной плоскости. В качестве антифрикционных прокладок выбраны из фторопласта и нержавеющей стали. При слабых колебаниях ускорения основания передаются на здания как при жесткой связи с фундамента. При увеличении ускорения основания силы трения преодолеваются, и здание начинает проскальзывать относительно фундамента, что приводит к ограничению инерционных сил, возникающих вышележащих этажах. Для ограничения взаимных горизонтальных перемещений здания и фундамента систему сейсмоизоляции вводят упругие (резинометаллические) и жесткие (железобетонные) ограничители для предотвращения

возможности отрыва здания от фундамента предусматриваются ограничители вертикальных перемещений.

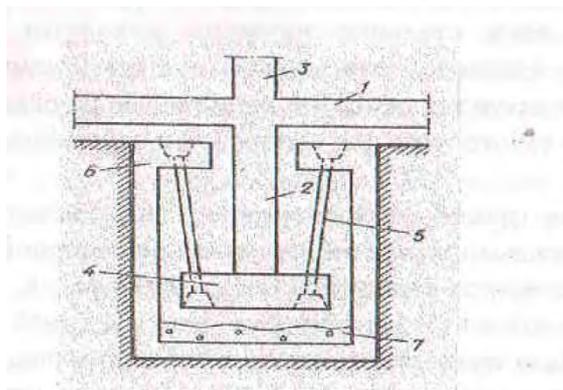


Рисунок 4 – Сейсмоизолирующий фундамент с подвесными опорами, 1 – ростверк, 2 – опора под колонну, 3 – колонна, 4 – плита под опорой, 5- преднапряженный железобетонный тяз, 6 – верхняя плита колодца, 7 – слойка песка

В целом при применении данной системы сейсмоизоляции для строительных площадок сейсмичностью 8 и 9 баллов обеспечивается снижение антисейсмических мероприятий, расхода металла на 3-5%, сметной стоимости строительства на 3-6%.

Опыт проектирования и строительства описанных выше объектов показал, что данная система сейсмоизоляции может быть успешно применена для сооружений жесткой конструктивной схемой. К достоинству данной системы можно отнести то, что она не требует создание сложных, высокоточных узлов (сейсмоизолирующий пояс может быть выполнен как в заводских условиях, так и в условиях строительной площадки).

#### Заключение

Виды сейсмоизоляторов достаточно разнообразны. Их применение является рациональным путём достижения требуемого уровня сейсмостойкости здания или сооружения. По характеристикам ожидаемого сейсмического воздействия на конкретной площадке строительства, а также по конструктивному решению здания и эксплуатационным требованиям, выдвигаемым к нему, можно выбрать тот или иной вид сейсмоизоляции. На данный момент еще есть много нерешенных вопросов по улучшению методов строительства сейсмозащиты.

Но сейсмоизоляция остается наиболее перспективным видом защиты зданий и сооружений при землетрясении.

#### Литература

1. Сеитов Б.М. Вероятностное моделирование надежности строительных конструкций. Бишкек. 2002. 232 с.
2. Сеитов Б.М., Ордобаев Б.С. Сейсмическая защита и ее организация. Учебник для ВУЗов. 2-е изд., перераб. и доп. Бишкек: Айат. 2015. 288 с.
3. Арутюнян А.Р. Современные методы сейсмоизоляции зданий и сооружений // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 3. С. 56-60.
4. Уздин А.М. и др. Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений. СПб. 1993. 176 с.
5. Айзенберг Я.М. Сооружения с выключающимися связями для сейсмических районов. М.: Стройиздат. 1976. 232 с.
6. Айзенберг Я.М. Сейсмоизоляция высоких зданий // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2007. № 4. С. 41-43.
7. Тарасов В.А. Системы сейсмоизоляции // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 4 (43). С. 117-140.

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ РЯДОВ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГОДОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТОКА РЕК ИССЫК-КУЛЬСКОГО БАСЕЙНА КЫРГЫЗСТАНА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Мамбетова А.К., Ершова Н.В.

*11\_tulpan@list.ru, natasha-er@yandex.ru*

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация. В статье приведен анализ восстановления гидрологических рядов рек Иссык-Кульского бассейна, переоценены и проанализированы годовые характеристики стока с учетом восстановленных данных.*

*Ключевые слова: Иссык-Кульский бассейн, характеристики стока, восстановление гидрологических рядов, река-аналог, корреляция, критерии достоверности*

Как известно, весь мир охвачен процессом изменения климата, а именно повышением температуры воздуха, вызванной увеличением доли парниковых газов в атмосфере. В свою очередь, увеличение температуры привело к изменению в ряде природных процессов. Особенно значительное влияние климатическое изменение оказало на формирование стока рек. Поэтому уточнение характеристик стока рек в условиях изменения климата является актуальной задачей в гидрологии. Оценка изменения стока возможна только при наличии длительного периода наблюдений на гидрологических постах. Масштабное закрытие гидрологических постов в период после 1992 г. привело к сокращению информации по рекам Кыргызской Республики, в результате чего ощущался острый недостаток в гидрологической информации. По этой причине нами была поставлена задача провести анализ правомерности восстановления гидрологических рядов рек Иссык-Кульского бассейна за весь период наблюдений, восстановить пропущенные данные при условии допустимости условий достоверности, и уточнить годовые характеристики стока с учетом восстановленных данных.

Регионом исследования является Иссык-Кульский бассейн Кыргызстана. Площадь бассейна составляет 22080 км<sup>2</sup>, из которых на озеро приходится 6247 км<sup>2</sup>, на предгорную равнину, являющуюся зоной рассеивания речного стока – 3092 км<sup>2</sup>, остальную часть бассейна (12741 км<sup>2</sup>) занимают горные районы, являющиеся зоной формирования стока рек [1, 8]. Как известно озеро Иссык-Куль, имеющее замкнутое внутри горное положение, отражает изменения всех факторов формирования его водного баланса. Озеро является индикатором, реагирующим на изменения составляющих водного баланса природного характера – стока рек, атмосферных осадков, подземных вод, испарения с акватории озера, и антропогенного – заборы воды на орошение, безвозвратные потери (испарение с полей орошения), что находит отражение в изменении уровня озера за рассматриваемый период (год, несколько лет). Одной из основных приходных составляющих водного баланса озера является поверхностный сток рек из зоны формирования. В наиболее увлажненной и возвышенной части бассейна формируют сток самые крупные реки – Джыргалан и Тюп со среднегодовыми расходами воды 22,6 и 11,5 м<sup>3</sup>/с. соответственно. На суммарный сток этих двух рек равного в среднем 34,1 м<sup>3</sup>/с приходится 28% поверхностного притока в озеро (приходной части водного баланса озера) [8, 9].

На приозерную равнину втекает 101 река, многие из которых, на северо-западном и северном побережье, теряются в конусах выноса и не достигают озера поверхностным путём. Непосредственно в озеро впадает 56 рек и ручьев. В один только Тюпский залив помимо самой реки Тюп впадает 19 ручьев. В связи с забором воды на орошение только 30 рек питают озеро в течение всего года [8].

В советский период на основных реках и их притоках действовало до 70 гидрологических постов, в 2000 г. их осталось 24, а в 2017 г.- всего 15. На карте (рис. 1), которая была создана нами с использованием программного комплекса qGIS по известным координатам гидрологических постов и топографической карте М 1:100000, представлена гидрографическая и гидрометрическая сеть Иссык-Кульского бассейна. Однако и по действующим гидропостам много пропусков в наблюдениях. Наиболее продолжительные ряды 60-70 лет на реках Джергалан, Каракол, Чон-Кызыл-Суу, Чон-Ак-Суу, Ак-Суу и некоторых других.

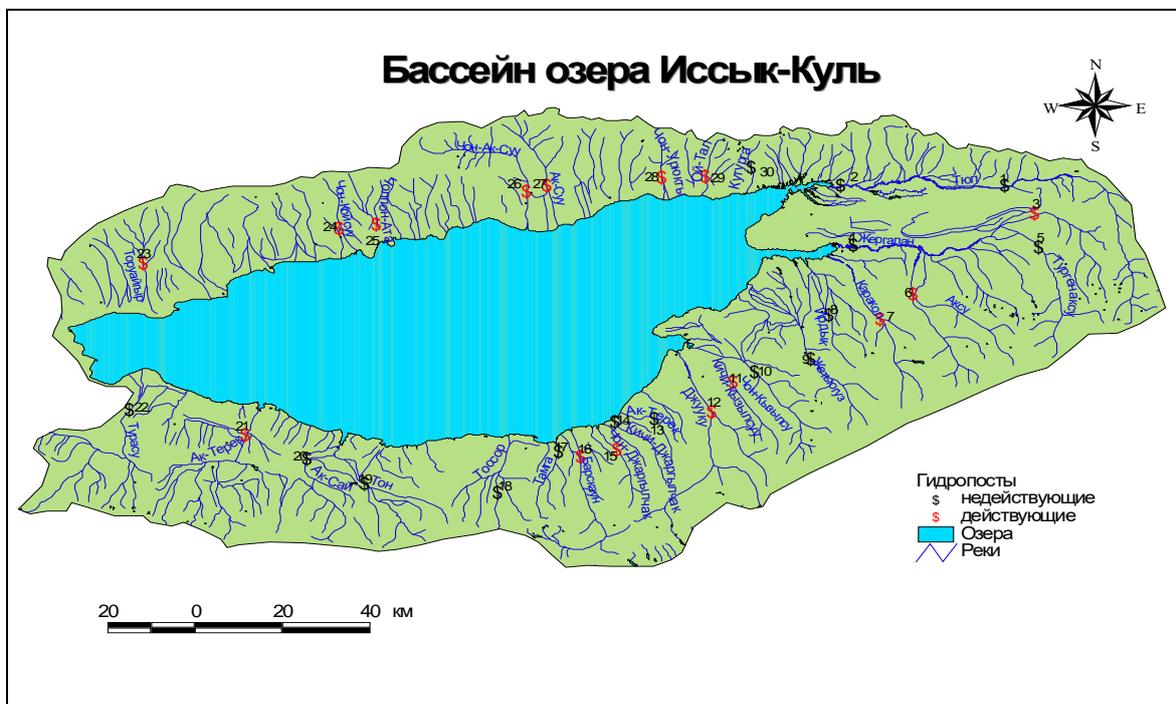


Рисунок 1 – Гидрографическая сеть Иссык-Кульского бассейна с сетью гидропостов (нумерация гидропостов соответствует нумерации в таблице 1)

Для восстановления гидрологических рядов был использован метод гидрологической аналогии, сущность которого состоит в подборе опорных рек-аналогов, на которых были накоплены продолжительные ряды наблюдений. В основу анализа был взят метод линейной корреляция между двумя переменными. Коэффициент корреляции ( $r$ ) рассчитывается по формуле: [5,6].

$$r_{xy} = \frac{\sum (X_i - X)(Y_i - Y)}{\sqrt{\sum (X_i - X)^2 (Y_i - Y)^2}}$$

$x_i$  – расходы воды за  $i$ -год восстанавливаемой реки

$y_i$  – расходы воды за  $i$ -год реки-аналога

При величине коэффициента корреляции  $\geq 0,65$  связь считается приемлемой [2,5,6].

Для оценки статистической достоверности корреляционной связи используют корреляционную поправку  $S_r$  [2,5,6].

$$S_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n - 1}}$$

где,  $n$ -число лет наблюдений

Связь не случайная, если

$$\left| \frac{r}{S_r} \right| \geq 3$$

Помимо статистических критериев достоверности при восстановлении рядов учитывался географические и антропогенные факторы. В последние десятилетия возрос забор воды на хозяйственные нужды. Так анализ связи средних годовых расходов воды рек Чон и Кичине-Кызылсу в разные периоды показал разные коэффициенты корреляции (рис. 2).

Связи расходов воды этих рек за разные периоды наблюдений имеют коэффициенты корреляции в первом случае 0,64, во 2-м – 0,34. Причина нарушения связи между расходами этих рек заключается, прежде всего, в снижении качества измерений расходов воды.

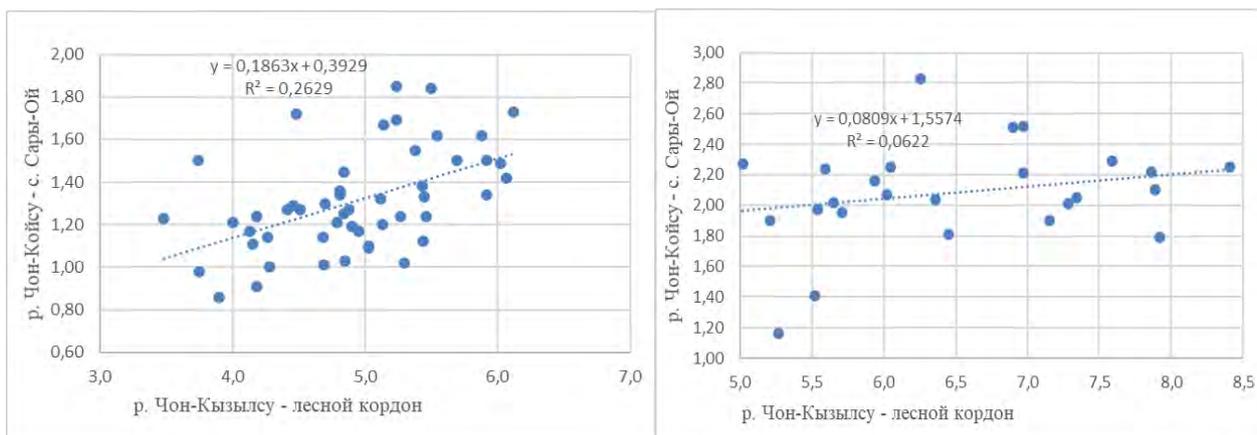


Рисунок 2 – Связь средних годовых расходов воды рек Чон и Кичине-Кызылсу за период 1942-1991(справа), за период 1992-2017(слева)

На рисунке 3 показана связь расходов воды рек с низкой корреляционной зависимостью.

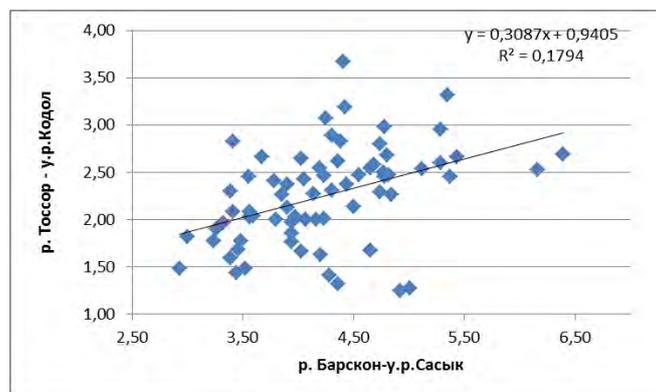


Рисунок 3 – Связь расходов воды рек Тоссор и Барскон

Эти реки находятся в одном гидрологическом районе, имеют схожие климатические условия формирования стока. Однако условия подстилающей поверхности (оледенение, высота водосбора и др.) в их речных бассейнах различны, что обуславливает и различный режим стока, а также низкую корреляционная связь стока этих рек. Поэтому восстановление стока таких рек не производилась.

Итоговые результаты расчета критериев достоверности и соответствующие им реки-аналоги приведены в таблице 1

Таблица 1– Критерии достоверности восстанавливаемых рядов

№ п.п.	Река – пункт наблюдений	Река-аналог	n	R	Sr	r/Sr
1	р. Тюп – с. Сарытологой	р. Джыргалан – с. Советское	58	0,82	0,043	18,90
2	р. Тюп – с. Тюп	р. Тюп – с. Сарытологой	52	0,81	0,048	16,82
3	р. Джыргалан – с. Советское	Полный ряд наблюдений				
4	р. Джыргалан – с. Михайловка	р. Тюп – с. Сарытологой	71	0,82	0,039	20,94
5	р. Тюреньяксу – с. Лесозавода	р. Джыргалан – с. Советское	75	0,66	0,066	10,06
6	р. Аксу – с. Теплоключенка	р. Каракол – у. р. Кашкасу	50	0,69	0,07	9,22
7	р. Каракол – у. р. Кашкасу	Полный ряд наблюдений				
8	р. Ирдык – с. Ирдык	р. Джыргалан – с. Советское	83	0,8	0,033	25,8
9	р. Джетыюгуз – с. лесозавода	р. Джууку – у. р. Джуукучак	85	0,79	0,04	19,26
10	р. Чон – Кызылсу - лесной кордон	р. Джууку – у. р. Джуукучак	84	0,68	0,059	11,52
11	р. Кичине – Кызылсу - с. Покровка	Полный ряд наблюдений				
12	р. Джууку – у. р. Джуукучак	р. Тон – с. Турасу	80	0,74	0,051	14,54
13	р. Актерек – с. Актерек	р. Турасу – с. Улахол	85	0,66	0,06	10,72
14	р. Кичи-Джаргылчак – с. Чон-Джаргылчак	р. Актерек – с. Актерек	85	0,88	0,02	35,75
15	р. Чон – Джаргылчак - лесозавод	Полный ряд наблюдений				
16	р. Барскон – у. р. Сасык	Полный ряд наблюдений				
17	р. Тамга – с. Тамга	р. Чолпоната - свх "Чолпоната"	85	0,84	0,03	26,15
18	р. Тоссор – у. р. Кодол	Река-аналог не выявлена				
19	р. Тон – с. Турасу	р. Аксай - с. Коксай	64	0,70	0,064	10,90
20	р. Аксай – с. Коксай	Полный ряд наблюдений				
21	р. Актерек – с. Кызыл-Туу	р. Кичи - Джаргылчак - с. Чон-Джаргылчак	74	0,75	0,051	14,65
22	р. Турасу – с. Улахол	Река аналог не выявлена				
23	р. Торуайгыр – у. р. Кызылбулак	Река-аналог не выявлена				
24	р. Чон-Койсу – с. Сары-Ой	р. Чон-Кызылсу – Лесной кордон	78	0,72	0,055	13,12
25	р. Чолпоната – свх "Чолпоната"	р. Чон-Койсу – с. Сары Ой	80	0,65	0,065	10,00
26	р. Чон-Аксу – с. Григорьевка	р. Тамга – с. Тамга	43	0,65	0,09	6,77
27	р. Аксу – с. Семеновка	р. Джууку – у. р. Джуукучак	83	0,65	0,07	9,82
28	р. Чон-Урюкты – коневодческий совхоз	р. Кутурга – ГЭС	83	0,87	0,03	32,41
29	р. Ойтал – с. Ойтал	Полный ряд наблюдений				
30	р. Кутурга – ГЭС	р. Чон-Урюкты – коневодческий совхоз	85	0,87	0,03	32,80

Таким образом, были восстановлены пропуски в рядах данных по 21 гидропосту из 24, по трем гидропостам реку-аналог подобрать не удалось.

С учетом восстановленных данных были рассчитаны нормы стока рек Иссык-Кульского бассейна (таб. 2).

Анализ распределения модуля стока по территории (таб. 2) позволил найти следующие закономерности. Модуль стока рек Иссык-Кульского бассейна колеблется в широких пределах от 5,51 (р. Турасу) до 20,5 л/с·км<sup>2</sup>. (р. Каракол). На значительной части территории бассейна средние многолетние модули стока не превышают 10 л/с км<sup>2</sup>. Сюда относятся бассейны рек Тамга, Тоссор, Тон, Аксай, Актерек, Турасу, Торуайгыр, Барскон и Кичи-Джаргылчак, расположенные в юго-западной части Иссык-Кульского бассейна, а также центральной части Терской Ала-Тоо.

Незначительную территорию занимают бассейны рек с модулем стока от 10 до 15 л/с на 1 км<sup>2</sup>. Сюда относятся реки Джыргалан, Ирдык, Кичине-Кызылсу, Джууку, Барскон, Тамга и Чолпон-Ата.

Таблица 2 – Средние годовые расходы воды (Q) и модули стока (M) рек за периоды по 1972 г, 1973-2000 гг., 2001-2017 гг. [3, 4, 7] и весь период наблюдений с учетом восстановленных данных

№ п.п	Река – пункт наблюдений	Расчетный период						За весь период	За весь период
		по 1972 г		1973-2000 гг		2001-2017 гг			
		Q, м <sup>3</sup> /с	M, л/с км <sup>2</sup>	Q, м <sup>3</sup> /с	M, л/с км <sup>2</sup>	Q, м <sup>3</sup> /с	M, л/с км <sup>2</sup>	Q, м <sup>3</sup> /с	M, л/с км <sup>2</sup>
1	р. Тюп – с. Сарытологой	8,29	16,16	7,98	15,56	9,47	18,46	8,38	16,34
2	р. Тюп – с. Тюп	9,86	8,73	10,13	8,96	7,31	6,47	9,53	8,43
3	р. Джыргалан – с. Советское	4,6	18,40	4,83	19,32	5,67	22,68	4,86	19,44
4	р. Джыргалан – с. Михайловка	22,22	10,79	21,59	10,48	20,4	9,90	21,71	10,54
5	р. Тургеньаксу – с. Лесозавода	6,51	19,73	6,3	19,09	7,15	21,67	6,54	19,88
6	р. Аксу – с. Теплоключенка	5,56	18,47	6,3	20,93	6,86	22,79	6,05	20,13
7	р. Каракол – у. р. Кашкасу	6,67	20,52	6,84	21,05	6,3	19,38	6,65	20,46
8	р. Ирдык – с. Ирдык	1,32	14,51	1,35	14,84	1,45	15,93	1,35	14,84
9	р. Джетыгуз – с. Лесозавода	5,85	17,73	6,01	18,21	6,99	21,18	6,13	18,58
10	р. Чон-Кызылсу – Лесной кордон	4,73	15,66	5,51	18,25	6,66	22,05	5,36	17,46
11	р. Кичине-Кызылсу – с. Покровка	1,25	12,14	1,34	13,01	1,2	11,65	1,27	12,33
12	р. Джууку – у. р. Джуукучак	6,2	12,02	6,95	13,47	8,39	16,26	6,88	13,33
13	р. Актерек – с. Актерек	0,94	21,86	0,91	21,16	-	0,00	0,93	21,63
14	р. Кичи-Джаргылчак - с. Чон-Джаргылчак	0,89	8,32	0,78	7,29	-	0,00	0,85	7,94
15	р. Чон-Джаргылчак – лесозавод	2,29	17,89	2,31	18,05	3,25	25,39	2,51	19,61
16	р. Барскон – у. р. Сасык	4,01	11,59	4,54	13,12	4,28	12,37	4,24	12,25
17	р. Тамга – с. Тамга	1,16	8,59	1,3	9,63	1,7	12,59	1,31	9,70

№ п.п	Река – пункт наблюдений	Расчетный период						За весь период	За весь период
		по 1972 г		1973-2000 гг		2001-2017 гг			
		$Q_0$ , м <sup>3</sup> /с	M, л/с км <sup>2</sup>	$Q_0$ , м <sup>3</sup> /с	M, л/с км <sup>2</sup>	$Q_0$ , м <sup>3</sup> /с	M, л/с км <sup>2</sup>		
18	р. Тоссор – у. р. Кодол	2,24	7,59	2,58	8,75	1,8	6,10	2,26	7,66
19	р. Тон – с. Турасу	2,03	8,32	2,65	10,86	2,66	10,90	2,34	9,59
20	р. Аксай – с. Коксай	2,98	8,61	3,28	9,48	3,76	10,87	3,21	9,28
21	р. Актерек – с. Кызыл-Туу	4,22	7,08	3,2	5,37	1,04	1,74	3,34	5,60
22	р. Турасу – с. Улахол	3,1	5,50	3,13	5,55	-	0,00	3,11	5,51
23	р. Торуайгыр – у. р. Кызылбулак	0,84	5,75	0,9	6,16	0,53	3,63	0,80	6,35
24	р. Чон-Койсу – с. Сары-Ой	1,27	16,49	1,53	19,87	2,2	28,57	1,54	20,00
25	р. Чолпоната – свх "Чолпоната"	1,29	11,62	1,45	13,06	1,78	16,04	1,44	12,97
26	р. Чон-Аксу – с. Григорьевка	5,13	16,60	5,31	17,18	5,51	17,83	5,26	16,93
27	р. Аксу – с. Семеновка	2,97	15,47	3,89	20,26	4,67	24,32	3,60	18,65
28	р. Чон-Урюкты – коневодческий совхоз	1,4	17,95	1,57	20,13	2,05	26,28	1,59	20,20
29	р. Ойтал – с. Ойтал	0,53	13,98	0,68	17,94	0,99	26,12	0,67	17,68
30	р. Кутурга – ГЭС	1,71	41,30	2,4	57,97	3,21	77,54	2,24	54,11

Модули стока, превышающие 15 л/с·км<sup>2</sup>, встречаются только в высокогорных ледниковых бассейнах восточной части Иссык-Кульского котловины. Это реки: Джыргалан, Аксу, Каракол, Джетыгуз, Чон-Кызылсу, Чон-Джаргылчак, Чон-Койсу, Чон-Аксу, Аксу, Чон-Урюкты и Ойтал.

Из рассматриваемых рек наибольший модуль стока у рек: Каракол (20,4 л/с·км<sup>2</sup>), Аксу (20,1 л/с·км<sup>2</sup>), Тургеняксу (19,9 л/с·км<sup>2</sup>) и Чон-Урюкты (20,2 л/с·км<sup>2</sup>), которые находятся в восточной части бассейна Иссык-Кульского бассейна. Наименьшие модули стока наблюдаются в северо-западной и юго-западной части бассейна, которая характеризуется выпадением малого количество осадков, это реки Актерек (5,60 л/с км<sup>2</sup>), Турасу (5,51 л/с м<sup>2</sup>) и Торуайгыр (6,35 л/с км<sup>2</sup>).

Также сравнительный анализ за разные периоды (таб. 2) позволяет оценить изменения нормы стока, связанной с происходящими изменениями климата. При сравнении модуля стока двух периодов (первый 1930-1972 гг. и второй 2001-2017 гг.) видно, что модуль стока рек изменился незначительно. Модуль стока увеличился в основном на всех рассматриваемых реках. Наибольшее увеличение стока наблюдалось на реках Ойтал на 12,14 л/с км<sup>2</sup>, Чон-Койсу – 12,08 л/с км<sup>2</sup>, Аксу в створе с.Семеновка – 8,85 л/с км<sup>2</sup> и Чон-Урюкты – 8,33 л/с км<sup>2</sup>. Наибольшее увеличение стока происходит на реках снегово-ледникового типа питания.

Уменьшение стока происходит не столь интенсивно, как увеличение. Наибольшее уменьшение стока наблюдалось для рек Актерек на 5,34 л/с км<sup>2</sup>, Тюп в створе с.Тюп – 2,26 л/с км<sup>2</sup>, Торуайгыр – 2,12 л/с км<sup>2</sup> и Каракол – 1,14 л/с км<sup>2</sup>. Скорее всего, такое уменьшение связано с возросшим хозяйственным использованием стока рек. Это наглядно видно по реке Тюп, в верхнем створе в с.Сарытологой наблюдается увеличение стока. А в нижнем створе в с. Тюп, где располагаются населенные пункты и воды реки используются человеком, наблюдается уменьшение стока.

Таким образом, восстановление рядов данных позволило уточнить характеристики годового стока. Практически для всех рек модуль стока увеличился (с наибольшим

увеличением стока на 12,1 л/с км<sup>2</sup>), что связано с возрастанием таяния вечных снегов и ледников высокогорных бассейнов.

Полученные результаты могут быть использованы для усовершенствования и оптимизации гидрологического мониторинга, данные которого необходимы при проектировании и строительстве средних и малых ГЭС, в научных исследованиях по динамике стока рек на фоне климатических изменений, при оценке водных ресурсов, а также в сфере водопользования и вододеления

### Литература

1. Гидрологическая изученность. Т. 14, вып. 2. Средняя Азия. Бассейн озера Иссык-Куль, рек Чу, Талас, и Тарим. Л.: Гидрометеиздат. 1966. 205 с.
2. Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. Л.: Гидрометеиздат. 1979. 431 с.
3. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. XI. Киргизская ССР. Л.: Гидрометеиздат. 1987. 450 с.
4. Маматканов Д.М., Бажанова Л.В., Романовский В.В. Водные ресурсы Кыргызстана на современном этапе. Бишкек: Илим. 2006. 276 с.
5. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. СПб.: ГГИ. 2005. 45 с.
6. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. СПб.: ГГИ. 2009. 193 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 14. Вып. 2. Бассейны оз. Иссык-Куль, рек Чу, Талас, Тарим / Под ред. Большакова М.Н. Л.: Гидрометеиздат. 1973. 307 с.
8. Романовский В., Маматканов Д., Кузьмиченок В., Подрезов О. Все об озере Иссык-Куль. Энциклопедический справ. по озеру и котловине. 2-е изд., доп. и перераб. Бишкек. 2014. 444 с.
9. Щульц В.Л. Реки Средней Азии. Л.: Гидрометеиздат. 1965. 350 с.

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕКТониКИ И РАЗРЫВООБРАЗОВАНИЯ В ОЧАГАХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ УКРАИНСКОГО ПРЕДКАРПАТЬЯ

Назаревич Л.Е.<sup>1</sup>, Назаревич А.В.<sup>2</sup>, Олийнык Г.И.<sup>1</sup>, Келеман И.Н.<sup>1</sup>

*nazarevych.L@gmail.com, nazarevych.a@gmail.com, h\_zherebetska@ukr.net*

<sup>1</sup>Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, г. Львов, Украина

<sup>2</sup>Карпатское отделение Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины,  
г. Львов, Украина

*Аннотация. Исследованы особенности сейсмотектоники и современной сейсмической активизации районов Украинского Предкарпатья – Надворной (1996-2020 гг.) и Борислава (2014-2020 гг.). Сейсмичность этих районов связана с геодинамикой тектонических структур Предкарпатского прогиба – зоны сочленения юго-западного края Восточно-Европейской платформы с Карпатской горной системой. По результатам совместного с геолого-геофизическими данными анализа сейсмичности установлено, что значительная часть очагов землетрясений тяготеют к поперечным разломам антикарпатского (северо-восточного) простирания (к зонам их пересечения с Предкарпатским глубинным разломом), другая часть – к имеющимся здесь разноглубинным надвигам и складкам. Исследованная по сейсмологическим данным ориентация направлений распространения разрывов в некоторых из этих очагов землетрясений имеет характерное северо-восточное направление и коррелирует с главной осью напряжений сжатия в Предкарпатском прогибе, определенной по полевым тектонофизическим и другим данным. Направление распространения разрывов в очагах ряда землетрясений из районов Надворной и Борислава также наследует ориентацию главных осей палеонапряжений в неогене (в период интенсивной карпатской складчатости и надвигообразования): для региональных продольных разломов – близкую к вертикальной ориентацию с горизонтальной составляющей с северо-востока на юго-запад, а для поперечных разломов – почти горизонтальную ориентацию в ортогональном (карпатском) северо-запад – юго-восточном направлении. Прослежена также группа направлений распространения разрывов, связанных с оперяющими основные диагонально-ортогональные системы разломов кулисообразными разломами и с наклонными поверхностями надвигов и складок.*

*Ключевые слова: Украинское Предкарпатье, тектоника, Предкарпатский разлом, сейсмичность, землетрясение, азимутальный годограф, тектонические напряжения*

**Введение.** Разрушения, вызванные сильными землетрясениями, занимают в мире одно из первых мест по человеческим жертвам и экономическим потерям среди последствий других опасных природных явлений. Одним из последних таких примеров является землетрясение вблизи города Измир в Турции 30.10.2020 г. с магнитудой  $M=7,0$ , его очаг находился на дне Эгейского моря, между Турцией и Грецией; оно вызвало многочисленные разрушения, человеческие жертвы в прилегающих районах суши обоих государств. Землетрясения меньшей силы также могут вызвать разрушения и экологические последствия в густонаселенных районах, где имеется жилая застройка, опасные химические и горнодобывающие предприятия, гидроэлектростанции с водохранилищами, мосты и тоннели на автомобильных и железнодорожных путях, нефте- и газопроводы и т.п. Знание особенностей местной сейсмотектоники и сейсмичности также важны для проектирования новых зданий и других инженерных объектов. Поэтому для безопасного и стабильного развития сейсмоактивных регионов исследование всех аспектов сейсмического режима на их территории является актуальной задачей.

Сейсмические события природного и техногенного характера на территориях, которые

ранее не были подвержены такому воздействию, стали причиной повышенного внимания ученых к этой проблеме. Характерным для таких территорий является наличие жилой и промышленной застройки, предприятий по добыче полезных ископаемых, многочисленных нефте- и газопроводов. Возрастающее количество как катастрофических, так и умеренных землетрясений в местах интенсивной добычи углеводородов (например, Газлийские землетрясения 1976 и 1984 гг., Нефтегорское 1995 г., на месторождении Гронинген в Голландии, на нефтяных полях штатов Оклахома, Техас и др. в США, на территории Восточного Предкавказья, Южного Предуралья, Украинского Предкарпатья [1-3]) и другие привели к повышенному интересу ученых мира к проблеме изучения влияния изменения напряженно-деформированного состояния горных пород вследствие добычи углеводородов на проявление природной и наведенной сейсмичности. При исследованиях такого рода очень важно также учитывать тектоническую обстановку в регионе, направление сжимающих / растягивающих напряжений, кинематику разломов, преобладающее направление трещин и сколов [3].

**Общая характеристика сейсмичности Украинского Предкарпатья.** Режимные инструментальные сейсмические наблюдения в Карпатском регионе Украины ведутся с 1961 года карпатской сейсмической сетью [4]. Сейсмический мониторинг охватывает следующие территории запада Украины – Закарпатье, Карпаты и Предкарпатье. Сейчас здесь работает 21 цифровая сейсмическая станция [4]. Использование современной цифровой аппаратуры, применение новых методик в обработке волновых форм землетрясений [5] делает возможным значительно точнее локализовать очаги землетрясений (определять их координаты и глубины), а комплексный геолого-геофизический анализ – дешифровать тектонически активные структуры литосферы региона. Именно слабые сейсмические события, которые являются следствием активных деформационных процессов (как естественных, так и наведенных), несут важную информацию об изменениях в напряженном состоянии областей горных массивов, подвергшихся геодинамическому влиянию.

Долгое время на территории Украинского Предкарпатья инструментально практически не фиксировалась местная сейсмичность, кроме известных очень редких нескольких ощутимых исторических землетрясений. Но, начиная с 1974-1976 гг. здесь, в районе нефтепромыслов г. Долины, произошло ряд ощутимых (с  $I=5-6$  баллов по шкале MSK-64) землетрясений., а в последующие годы спорадически происходили землетрясения меньшей силы. Далее, в 1996 г. началась сейсмическая активизация в районе г. Надворной, в 2014 г. – в районе г. Борислав [6, 7] (рис. 1). Эти землетрясения в основном небольшой энергии –  $K=6,0-8,6$  ( $M=1,1-2,6$ ).

Проанализировав локализацию очагов землетрясений из районов Борислава и Надворной, можно отметить, что эпицентры этих землетрясений находятся в районах добычи углеводородов, активная добыча здесь велась с 1960-1965 гг., сейчас месторождения уже значительно истощены и их разработка ведется не так активно. По данным работы [3], где проанализирована сейсмичность на голландском месторождении Гронинген, длительная откачка нефти и газа может вызывать сейсмогенную реакцию геологической среды. Вызванное ей длительное, нескомпенсированное снижение порового давления может привести к систематическому увеличению среднего падения напряжения (и, следовательно, его действующих на породы величин), а также постепенному снижению сцепления краев трещин из-за перепадов и флуктуаций давления, что ведет к нестабильному состоянию разломов, и тем самым увеличивает сейсмогенный индекс района, что по данным этих и ряда других ученых (в частности, Н. Николаев, 1995 г.) может служить спусковым механизмом для возникновения индуцированной сейсмичности.

Подобные процессы резкой активизации местной сейсмичности наблюдаются сегодня в Надворнянском и Бориславском нефтегазоносных районах Предкарпатья (рис. 1), что привлекло к ним наше внимание. Ранее в работах [6-8] мы уже анализировали некоторые особенности сейсмического процесса в данных районах. Ниже представлены полученные к настоящему времени результаты исследований некоторых процессов в очагах местных

землетрясений и их связи с кинематикой разломных структур исследуемого региона.



Рисунок 1 – Расположение исследуемых районов Борислава (Б) и Надворной (Н) (очерченных овалами) на территории запада Украины (на картооснове Google с рельефом)

**Сеймотектоника Бориславского района.** Бориславский сейсмоактивный район занимает северо-западную часть Бориславско-Покутской зоны Предкарпатского прогиба – почти от границы с Польшей до реки Стрый. Геоморфологически район расположен на стыке Украинских Карпат (Внешних (Скибових) Карпат) и Предкарпатской волнистой возвышенности, захватывая часть обеих этих геоморфологических единиц (рис. 1). Предкарпатский прогиб в пределах Украинского Предкарпатья формировался на месте древних сложно построенных структур окраин Западно-Европейской и Восточно-Европейской платформ. Основным региональным разломом здесь является субвертикальный Предкарпатский глубинный разлом северо-запад – юго-восточного направления, который проходит по линии городов Добромль – Старый Самбор – Борислав – Болехов – с. Луги – с. Зеленая – с. Кремивцы – Путила. К району пересечения его со структурами Раточинского и сопутствующих поперечных разломов и приурочены эпицентры тектонических землетрясений Бориславской сейсмогенной зоны. Характерной особенностью строения земной коры района (юго-западной его части) 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 тектонических нарушений различной амплитуды на отдельные тектонические блоки (Попельский, Бориславский, Помиркивський) [9, 10].

**Сейсмичность и особенности процессов в очагах Бориславской зоны.** С 2014 г. в Бориславской зоне регистрируются первые землетрясения небольшой силы, в течении 2014-2018 гг. здесь произошло 38 землетрясений с  $M=0,8-2,9$ . Пространственная локализация эпицентров этих землетрясений на тектонической карте [11] дала возможность подметить некоторые особенности сеймотектоники района. Так, цепочка землетрясений северо-восточного направления на север и северо-запад от Борислава трассирует линию Раточинского ортогонального разлома, на ее северном окончании прослеживается еще одно сейсмоактивное тектоническое нарушение, но уже диагонального юго-восточного субкарпатского направления (рис. 2). По результатам дешифрирования космических снимков и геолого-геофизических данных (А.Кудряшов, А.Мычак) Раточинский линеймент является

региональной субвертикальной зоной деструкции земной коры (по Р.Бембелю) с признаками растяжения.

Для исследования особенностей разрывообразования в очагах местных землетрясений использована модель точечного источника (модель Дж.Брюна) и некоторые аналитические соотношения [12], а для определения ориентации разрывов использована методика И.Горбуновой [13] с построением азимутальных годографов. Сопоставление всех этих данных с глубинным строением земной коры района исследований выполнено с привлечением данных тектоники [14], региональных и локальных сейсмических исследований [10, 14]. По волновой картине Р-волн землетрясений на станциях Карпатской сейсмологической сети по методике И.Горбуновой построены азимутальные годографы некоторых землетрясений. Для пяти землетрясений Бориславской зоны найдены направления распространения разрывов в их очагах. Землетрясения, эпицентры которых расположены в зоне влияния Раточинского разлома имеют два направления распространения разрывов, одно – в азимуте  $Az=340\pm 10^\circ$ , другое –  $Az=41\pm 10^\circ$ . Два другие землетрясения из района г. Дрогобыча и с. Нижние Гаи имеют направление разрывов в очагах землетрясений в азимуте  $Az=11\pm 10^\circ$ .

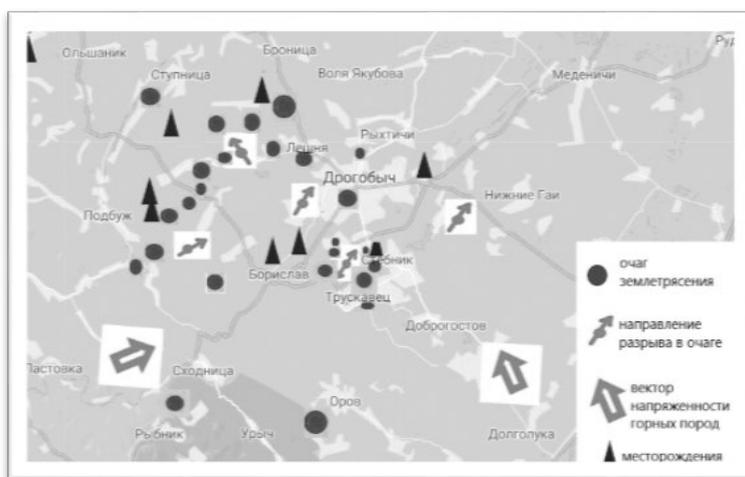


Рисунок 2 – Землетрясения Бориславской зоны (Украинское Предкарпатье) на картооснове Google (указана ориентация разрывов и направления их распространения для некоторых очагов), показаны главные оси напряжений в массивах горных пород данного района по [Гинтов, 2005]

Также с использованием разных методик оценены размеры разрывов в очагах некоторых местных землетрясений. Одна из них – использование амплитудно-частотных спектров. Так, для землетрясения 22.08.2016 с  $M=2,3$  основная частота среза спектра Р-волны  $f_0$  для записей на разных станциях составляет 0,4-0,8 Гц (в среднем 0,65 Гц), по нашим корреляционным зависимостям из [15] этой частоте соответствует длина разрыва в очаге порядка 3 км. Другой способ оценки – по нашим средним корреляционным зависимостям магнитуда – длина разрыва в очаге для региона. По ним средняя длина разрыва для землетрясений такого класса/магнитуды ( $M=2,3$ ) составляет порядка 0,7 км. Такая разность оценок говорит о специфических особенностях данного землетрясения – о его крипексном характере (низкочастотном излучении), обусловленном особенностями геомеханики его очага.

Другое землетрясение из того же района 29.09.2017 с  $M=2,9$  (в 21.46 по Гринвичу), по нашим данным, было техногенным – следствием сейсмогравитационного смещения – провала на калийном руднике ГП «Полиминерал» возле города Стебник. Обвал произошел здесь в зоне предварительного разрушения целиков горных выработок, и огромная масса пород упала на водное «зеркало», которое образовалось при попадании в горную выработку грунтовых вод. Характер генерации сейсмической волны был сложным, характерные азимуты по годографу –  $26^\circ$  и  $218^\circ (\pm 10^\circ)$ . Эти данные коррелируют с данными по векторам главных палеонапряжений в горных породах (рис. 2), и в данном случае, по нашему мнению, такое совпадение вызвано

соответствующей ориентацией рудных тел и горных выработок.

Большинство тектонических землетрясений района, как указано выше, имеют направления развития разрывов на северо-восток, т.е. в направления сжатия вкост Карпат и Предкарпатского прогиба, только одно – в субкарпатском (северо-западном) направлении ( $340^\circ$ ), которое близко направлению Предкарпатского разлома ( $315^\circ$ ). На карте (рис. 2) по совокупностям одинаковых направлений разрывов четко выделяется структура между Раточинским и Стрийским поперечными разломами (Оривское поднятие), которая находится в напряженном состоянии северо-восточного сжатия. По данным полевых тектонофизических исследований О.Гинтова [16], преобладающие азимуты простираения сколов Риделя и трещин отрыва здесь ( $15^\circ$ - $20^\circ$  и  $42^\circ$ ) говорят о том, что смещения в очагах при землетрясениях контролируются общей картиной напряженно-деформированного состояния коры субрегиона. Также обращает на себя внимание совпадение крупного максимума ориентации субвертикальных трещин в Предкарпатье в диапазоне азимутов  $310$ - $315^\circ$  [16], т.е. северо-западной ориентации, с направлением разрыва одного из исследованных землетрясений, что говорит об унаследованном характере образования разрывов в геологической среде района также по этой составляющей.

**Тектоника Надворнянского района.** Надворнянский сейсмоактивный район расположен в юго-западной части Ивано-Франковской области, в пределах Бориславско-Покутской зоны Предкарпатского прогиба (рис. 1). Надворнянский неотектонический узел, образованный пересечением Предкарпатского и ортогонального Шопурско-Надворнянско-Монастырецкого разломов, относится к трем крупнейшим таким узлам в Предкарпатье. По результатам комплексного анализа геолого-геофизических данных Предкарпатский разлом, прослеженный в структурах фундамента, погружен здесь на 4-6 км, перекрыт складками верхних осадочных горизонтов Внутренней зоны Предкарпатского прогиба и краем Береговой скибы – фронтального покрова Скибовой зоны Карпат. Он трассируется по линии Дерезичи – Лысовичи – Заречье с амплитудой сброса 2-3 км в юго-западном направлении (под Карпаты) [10, 14].

**Сейсмичность и особенности процессов в очагах землетрясений 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. Более детальный анализ хода сейсмического процесса в 1996-2013 гг. мы сделали в работе [8]. Здесь лишь отметим, что после 2013 года сейсмический процесс здесь ослабел, но в последние годы (в том числе и в 2020 году) в этом районе вновь фиксируется спорадическая сейсмичность. Причем сейсмические события, регистрируемые здесь, небольшой силы, с  $K=6,0-8,2$ .

Важным с точки зрения геомеханики очаговых зон является определение размеров разрывов в очагах землетрясений, скорости вспаривания, накопленного и сброшенного напряжения, среднего смещения по разрыву. Для реализации этих задач, среди прочих использована методика И.Горбуновой [13]. В результате для 10-ти землетрясений были построены азимутальные годографы  $\tau=f(A_z)$ , которые имеют по одному или по два максимума, что свидетельствует, соответственно, об одном, или о двух направлениях распространения разрыва от точки его зарождения. По данным о азимутах и аналитическим формулам найдены азимутальные направления распространения разрывов, которые показаны на рисунке 3 в привязке к эпицентрам соответствующих событий. Анализируя данные об ориентации разрывов в очагах, можно сделать вывод, что направления распространения разрывов исследованных землетрясений имеют следующие характерные азимуты (рис. 3):  $277\div 313^\circ (\pm 10^\circ)$ , то есть в секторе от субширотного западного до практически параллельного Карпатам северо-западного направления, в тектоническом плане это совпадает с простираением здесь Предкарпатского разлома. Другой характерный азимут –  $90\div 98^\circ (\pm 10^\circ)$  – это практически субширотное восточное направление с легким тяготением к направлению Предкарпатского разлома. Также прослеживается еще ортогональное к предыдущим, субмеридиональное северное направление (азимут  $10\div 12^\circ \pm 10^\circ$ ), которое в плане тяготеет к

ортогональным разломам, разбивающим литосферу этого района на отдельные блоки (рис. 3).

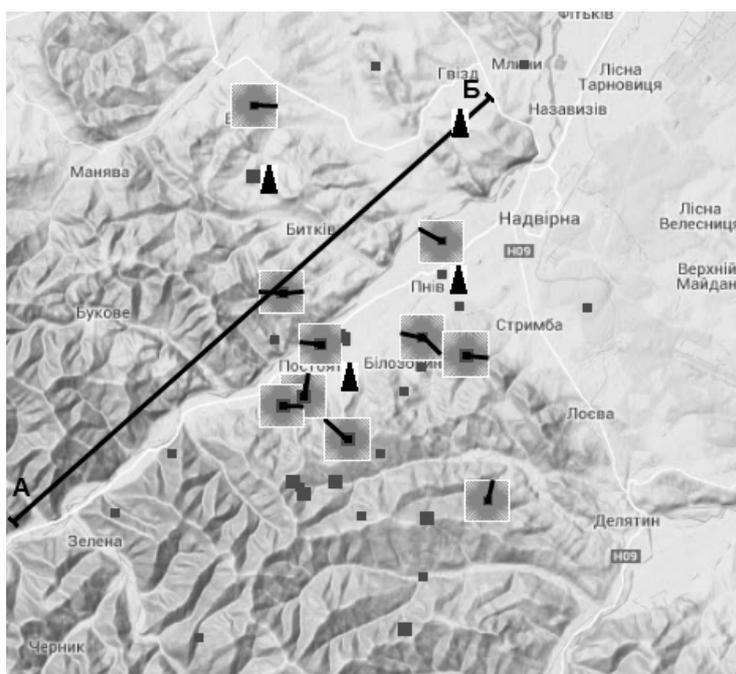


Рисунок 3 – Землетрясения Надворнянского района (Украинское Предкарпатье) на картооснове Google с элементами рельефа (маленькие квадратики – эпицентры землетрясений с  $M < 2$ , квадратики побольше – с  $M > 2$ , ▲ – нефтегазовые месторождения, для ряда очагов указаны направления вспаривания разрывов), А-Б – локальный профиль Быстрица – Гвизд (фрагмент) [10]

Для некоторых землетрясений (рис. 3) выявлены 2 направления распространения разрывов, создающие между собой угол, близкий к  $180^{\circ}$  (что в общем согласуется с механикой очага), но все же заметно от него отличающийся. Одним из пояснений может быть реализация разрывов на наклоненных плоскостях разломов, надвигов или складок со смещением не вдоль простирания, а под углом к нему (сбросовый, взбросовый и надвиговый механизмы, с возможной косою составляющей), тогда, с одной стороны, наличие создающих между собой угол в проекции на горизонтальную плоскость (дневную поверхность) направлений вспаривания разрывов не конфликтует с механикой и геометрией, а с другой, легко может объясняться известными фактами поворота осей напряжений с глубиной и (или) крутизны (угла погружения) плоскости надвигов. Учитывая широкое распространение надвиговых структур в Карпатах вообще, и в зоне их сочленения с Предкарпатским прогибом в частности, в том числе и в Надворнянском районе (см. локальный профиль Быстрица – Гвизд в [10]), такое объяснение выглядит естественным, но требует соответствующей проверки. К этому отметим, что в Надворнянском районе направления разрывообразования части землетрясений совпадает с главной осью палеонапряжений для поперечных разломов [10], например, Шопурско-Надворнянско-Монастырецкого разлома и оперяющих его разрывных нарушений, которая направлена почти горизонтально.

**Выводы.** Подытоживая изложенный материал исследования, можно сделать несколько выводов:

1. Сейсмическая активность Бориславского и Надворнянского района вызвана разрядкой напряжений, генерированных общим геодинамическим процессом в Карпатском регионе Украины, общим сжатием вкост Карпатской горной структуры.

2. Землетрясения этих районов отражают геодинамическую активность имеющихся здесь разноранговых локальных и региональных тектонических структур, и особенности их геомеханического режима.

3. Ориентация разрывов в очагах землетрясений этих районов согласуется с ориентацией главных осей напряжений в Предкарпатье (преобладание северо-восточного

сжатия структур), она также наследует направления главных осей палеонапряжений (на этапе карпатской складчатости) для региональных продольных разломов (почти вертикальное направление с северо-востока на юго-запад). При этом здесь также возникает группа дополнительных разрывов другой ориентации, вызванных разными флуктуациями напряжений в горных массивах вследствие возмущений от разных факторов.

### Литература

1. Керимов И.А., Гайсумов М.Я., Ахматханов Р.С. Сейсмичность и технические аварии на объектах нефтяной промышленности Чеченской республики // Вестник ТГУ, С. 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. Shapiro, S.A., Dinske, C. Stress Drop, Seismogenic Index and Fault Cohesion of Fluid-Induced Earthquakes. *Rock Mech Rock Eng* (2021). <https://doi.org/10.1007/s00603-021-02420-3>
4. Карпатская сейсмологическая сеть. Электронный ресурс: <http://seism.lviv.ua>
5. 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. языке).
6. Назаревич Л.Е., Назаревич А.В. Сейсмичность и сеймотектоника Надворнянского нефтегазоносного района (Украинское Предкарпатье) // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. 2015. Т. 90. Вып. 6. С. 17-27.
7. Назаревич Л.Е., Нищименко И.М., Назаревич А.В., Олийнык Г.И. Сейсмичность Бориславского нефтедобывающего района. // Современные техника и технологии в научных исследованиях / Под ред. Забиняковой О.Б., Матюкова В.Е. Бишкек: НС РАН. 2017. С. 134-138.
8. Назаревич Л.Е., Назаревич А.В. Особенности сейсмичности Надворнянского нефтегазоносного района в Украинском Предкарпатье // Современная тектонофизика. Методы и результаты / Под ред. Ю.Л. Ребецкого. Т. 1. М.: ИФЗ РАН. 2015. С. 210-215.
9. Шеремета П., Стародуб Ю. и др. Лопушнянское нефтегазовое месторождение в форланде Украинских Карпат // Геолог Украины. 2004. № 1. С. 48-53 (на укр. языке).
10. Крупский Ю.З. Геодинамические условия формирования и нефтегазоносность Карпатского и Волыно-Подольского регионов Украины. Киев: УкрГГРИ. 2001. 144 с. (на укр. языке).
11. Тектоническая карта Западного нефтегазоносного региона Украины. Киев: УкрГГРИ. 1994.
12. Brune I.V. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes // *Geophys. Res.* 1970. V. 75, № 26. P. 4997-5009.
13. Горбунова И.В. Определение протяженности очага и направления разрыва по волновой картине на сейсмограмме / ДАН СССР. 1981. Т. 261. № 3. С. 836-839.
14. Атлас месторождений нефти и газа Украины. Т. IV. Западный нефтегазоносный регион. Львов: Центр Европы. 1998. 710 с. (на укр. языке).
15. Назаревич Л.Е., Назаревич А.В. Методики уточнения параметров гипоцентров Карпатских землетрясений // Геодинамика. 2004. № 1 (4). С. 53-62 (на укр. языке).
16. Гинтов О.Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. Киев: Феникс. 2005. 572 с.

## ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА БИШКЕК (КЫРГЫЗСТАН)

Тилек кызы Г.  
Gulka0788@mail.ru

Институт сейсмологии Национальной академии наук КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация.* В статье приведён анализ работ и исследований, связанных с определением сейсмического риска на территории города Бишкек – столицы Кыргызской Республики. Известно, что катастрофические землетрясения, происходящие вблизи крупных городов, вызывают одномоментную гибель тысяч людей (число раненых обычно в два, три раза больше), наносят ущерб от сопутствующих бедствий (пожаров, наводнений, цунами, оползней, эпидемий), а психологические травмы людей, переживших землетрясения, могут сопровождать их всю оставшуюся жизнь. Одним из путей по уменьшению разрушительных последствий и потерь от землетрясений является оценка сейсмического риска.

*Ключевые слова:* сейсмический риск, анализ, уязвимость, опасность, PGA

**Введение.** В Институте сейсмологии (ИС) НАН КР на основе сейсмологических и геолого-геофизических исследований составляются карты сейсмического районирования разного ранга, которые характеризуют сейсмическую опасность территории Республики, а также карты-прогноза землетрясений на определенные периоды времени. Результаты этих направлений позволяют проводить исследования по оценке риска сейсмических катастроф. Однако, вопросы, связанные с изучением и анализом возможных потерь от сильных землетрясений, исследовались в малом объёме.

Кыргызстан расположен в области высокой сейсмичности, где жизнь населения, здания и инженерные сооружения подвержены повышенной опасности из-за сейсмических воздействий сильных землетрясений. Бишкек – столица Кыргызстана с населением более миллиона человек, расположена в Чуйской области, которая представляет собой густонаселённую и урбанизированную часть севера страны; характеризуется наибольшим сельскохозяйственным освоением и высоким промышленным развитием. На её территории происходили и происходят землетрясения, часть из которых относятся к разрушительным (Беловодское 1885, Суусамырское 1992 г.). В пределах столицы различными группами исследователей были проведены работы по оценке сейсмического риска территории города Бишкек.

В рамках проекта НАТО «Assessment and Mitigation of Seismic Risk in Tashkent, Uzbekistan and Bishkek, Kyrgyz Republic» Research sponsored by the NATO “Science for Peace” Programme специалистами ИС в 1996 г. впервые была составлена карта сейсмического риска территории Бишкека и разработаны методы (инсценировки) для снижения последствий. При данном исследовании особое внимание уделялось физическим потерям, которые могут возникнуть в результате повреждения строительного фонда. На рисунках 1-4 приведены результаты этих исследований

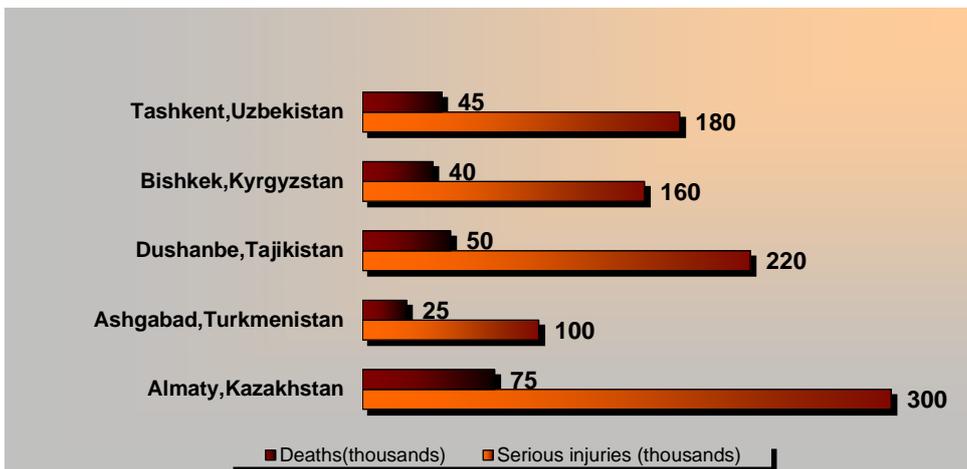


Рисунок 1 – Оценка жертв и травм в Центрально-Азиатских столицах [2]

Кроме того, была проведена инвентаризация жилых домов и плотность населения по территории города; рассчитана оценка сейсмических повреждений жилых домов и возможное количество пострадавших в случае сильного землетрясения.

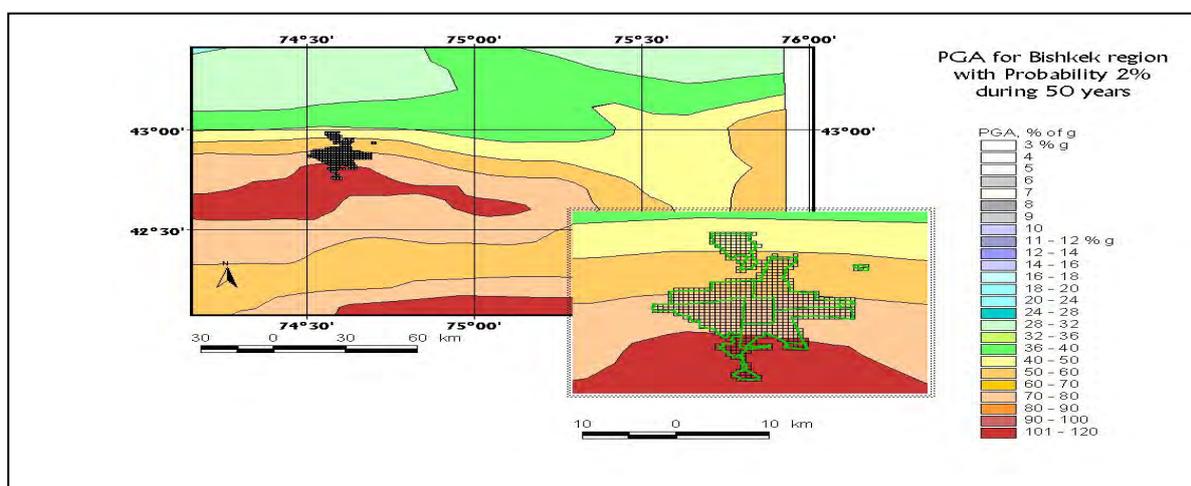


Рисунок 2 – Карта PGA и карта спектрального ускорения для вероятности 2% через 50 лет [2]

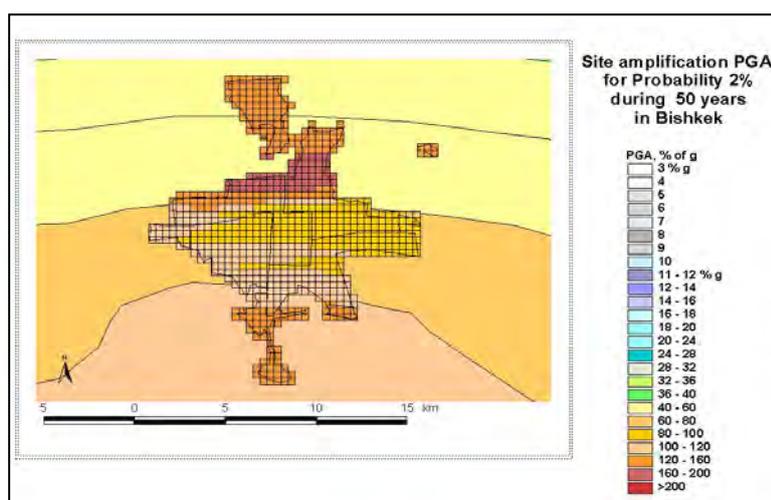


Рисунок 3 – Карта пиковых ускорений грунта и спектральное ускорение 2% вероятности превышения в течение 50 лет [2]

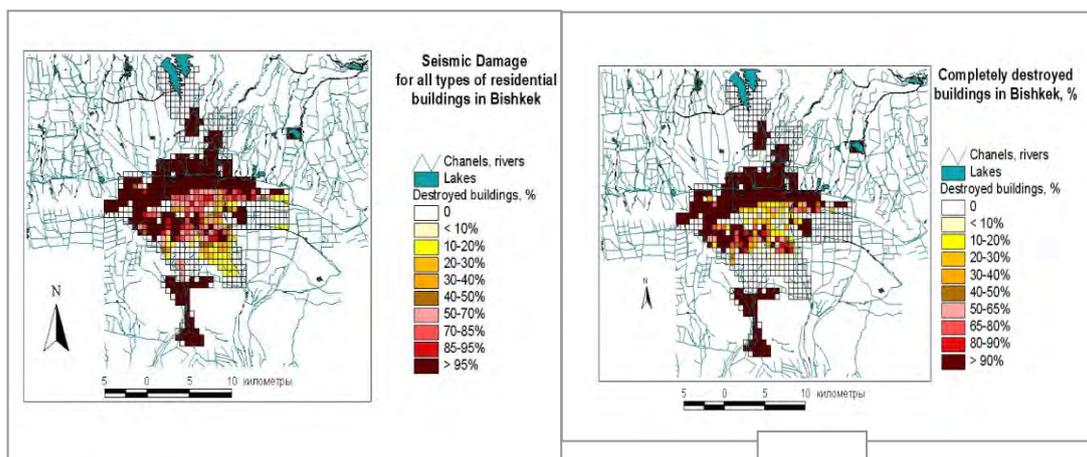


Рисунок 4 – Карта распределения средних потерь (справа) и карта распределения полностью разрушенных зданий для всех типов зданий (слева). [2]

В результате исследований [3] сделан вывод, что землетрясение с интенсивностью, аналогичной землетрясениям в Армении (Спитакское, 1988 г.) и Сахалине (Нефтегорское, 1995 г.), вызовет около 40 тысяч жертв и 160 тысяч травмированных в Бишкеке (рис. 1) и указывается, что в стране с хрупкой экономикой, такой как в Кыргызстане, сильное землетрясение в крупном городе может фактически вызвать экономический коллапс.

В 2017 г. по инициативе Всемирного банка и Глобального фонда по уменьшению опасности стихийных бедствий и восстановлению (GFDRR) провели исследования сейсмической опасности и риска в Кыргызской Республике. Проектной группой был составлен ряд отчетов о сейсмической опасности и оценке сейсмического риска для территории Кыргызской Республики, в том числе и города Бишкек.

Исследователи пришли к выводу, что с точки зрения экономических потерь, сейсмический риск наиболее высок в г.Бишкек и прилегающих городских районах (рис.5)

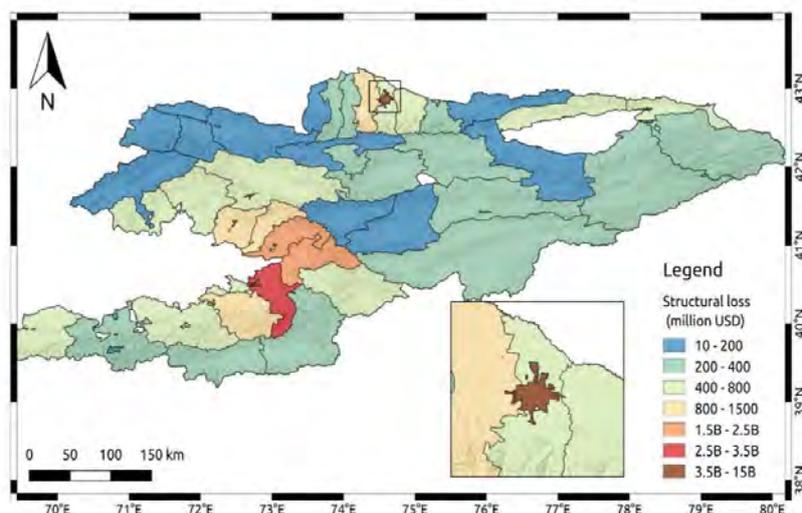


Рисунок 5 – Средние экономические потери жилых зданий города Бишкек [4]

Что касается человеческих жертв, то наивысший уровень риска наблюдается в городе Бишкек и его прилегающих городах [4].

Нами в последнее время были проведены расчеты сейсмического риска для г. Бишкек с использованием программы OpenQuake-engine. Это программное обеспечение с открытым исходным кодом для расчетов сейсмических рисков и опасностей, было разработано «Global Earthquake Model Foundation» (GEM). Применение этой программы позволяет создать сценарий землетрясений. Так, например, по данному сценарию выяснено что, если вновь произойдет землетрясение  $M=7.5$  в районе исторического Беловодского землетрясения 1885

г., т.е. недалеко от города Бишкек, то оно вызовет пиковые ускорения грунтов, расчёты которых представлены на рисунке 6.

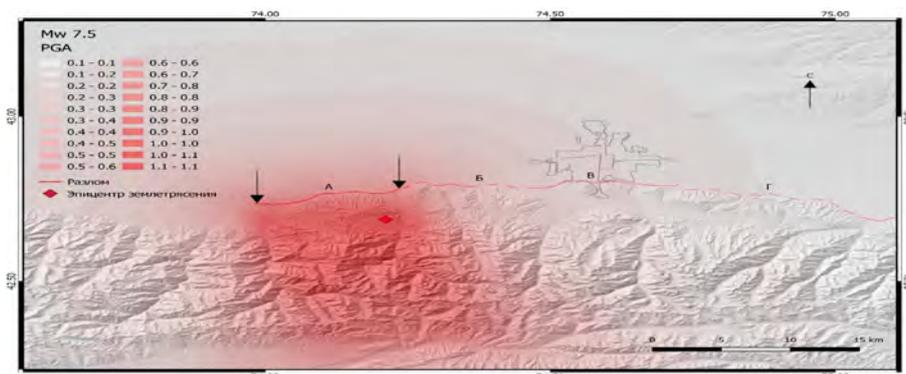


Рисунок 6 – Пиковое ускорение грунта при землетрясении M=7.5

Возможный ущерб от такого землетрясения может быть оценен в 132 млн. долларов, число человеческие жертв может достичь не менее 90 человек при разрушении до 308 строений (рис.7).

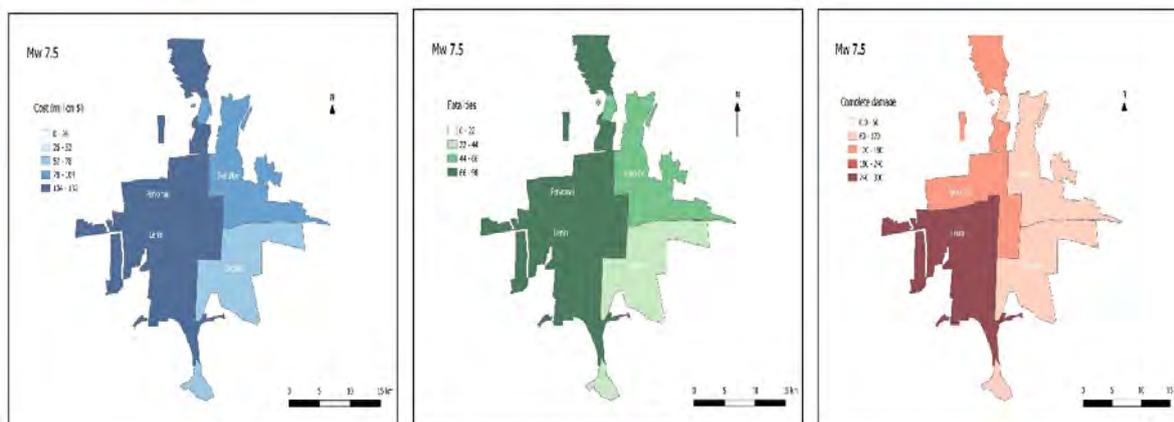


Рисунок 7 – Возможный ущерб от землетрясения M=7.5 (справа) Ущерб в млн.\$ (центр) Жертвы (слева) Полное разрушение строений

Рассмотренные нами примеры позволяют сделать вывод, что сейсмический риск можно уменьшить, за счет правильного расчёта сейсмостойкого строительства и укрепления существующих зданий, а также подготовленности населения к сейсмокатастрофе. Легче принять преждевременные меры, чем бороться с последствиями катастроф.

### Литература

1. Abdrakhmatov K., Havenith H.-B., Delvaux D., Jongmans D. & Trefois P. Probabilistic PGA and Arias Intensity maps of Kyrgyzstan (Central Asia) // Journal of Seismology. 2003. Vol. 7. P. 203–220.
2. Turdukulov A., Wesson R., Kamchybekov M., Egemberdieva K. Preliminary Probable Analysis of Seismic Hazard within Bishkek by USGS Methods // Science and News Technology. Bishkek. 2000. No 1. P. 220-226.
3. Всемирный Банк Исследование сейсмического риска в Кыргызской Республике Отчет об оценке сейсмического риска 19 июля 2017 г. (рукописный).
4. Assessment and Mitigation of Seismic Risk in Tashkent, Uzbekistan and Bishkek, Kyrgyz Republic Research sponsored by the NATO “Science for Peace” Programme. SfP 971923 Final Report (рукописный).
5. Камчыбеков М.П. Сейсмический риск крупных городов Кыргызстана // Вестник института сейсмологии НАН КР. 2016. № 2 (8) 2016. С. 24-30.

## МЕРОПРИЯТИЯ ПРОТИВ ПУЧЕНИЯ ГРУНТОВ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Халимова Ш.Р., Ахмедов Ш.Б., Олтиев Б.Ш.  
Ташкентский государственный транспортный университет,  
г. Ташкент, Республика Узбекистан

*Аннотация.* Перед строительством любых инженерных сооружений нужно изучить вид грунтов, минералогический состав и состояние. При воздействии атмосферных осадков, а также подземных вод в грунтах могут образоваться пучения. Чтобы обезопасить инженерные сооружения, необходимо разработать комплекс мероприятий, препятствующий пучению грунтов.

*Ключевые слова:* грунт, пучение, влага, почва, впадина, перепад, экран, водонепроницаемый грунт.

В настоящее время строится очень много современных инженерных сооружений: автомобильные дороги, мосты, тоннели, промышленные и жилые здания. При прочности и устойчивости грунтов продлевается срок использования инженерных сооружений, но при воздействии природных факторов, таких как атмосферные осадки и подземные воды, прочность грунтов уменьшается. Самые отрицательные свойства грунтов – это их пучение.

Пучение – это свойство грунта изменяться в объеме, происходящее из-за замерзания содержащихся в слоях грунтовых вод. Чем выше влажность грунта, тем большее пучение грозит грунту при морозе [1, 2].

Пучение грунта представляет собой очень сложное природное явление, которое может привести к серьёзным последствиям. Во время промерзания нижних слоев грунта фундамент вместе со строением поднимается, а весной при оттаивании происходит опускание грунтов (рис.1а)

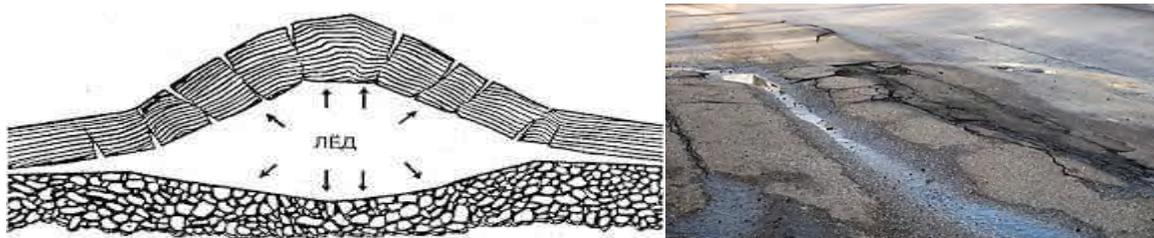


Рисунок 1 – Схема образования пучения - рисунок слева (а) и последствие пучения на автомобильных дорогах – рисунок справа (б)

Поскольку пучению грунта свойственна неравномерность, то из-за этого постройки, дороги приходят в аварийное состояние, а в некоторых случаях такое явление способствует их полному разрушению (рис.1б) [1, 2].

Для прогнозирования характеристик пучения грунтов необходимо изучить классификацию грунтов в основании сооружения (табл.1).

Таблица 1 – Классификация грунтов по типу вспучивания

Наименование грунта по степени морозной пучинистости	Пределы положение z, м. Уровня грунтовых вод ниже расчётной глубины промерзания d, фундамента					Консистенция глинистого грунта $I_L$
	Песок мелкий	Песок пылеватый	Супесь	Суглинок	Глина	
Сильнопучинистые	—	—	$z \leq 0,5$	$z \leq 1$	$z \leq 1,5$	$I_L > 0,5$
Среднепучинистые	—	$z \leq 0,5$	$0,5 < z \leq 1$	$1 < z \leq 1,5$	$1,5 < z \leq 2$	$0,25 < I_L < 0,5$
Слабопучинистые	$z \leq 0,5$	$0,5 < z \leq 1$	$1 < z \leq 1,5$	$1,5 < z \leq 2,5$	$2 < z \leq 3$	$0 < I_L \leq 0,25$
Практически непучинистые	$z > 0,5$	$z > 1$	$z > 1,5$	$z > 2,5$	$z > 3$	$I_L \leq 0$

Рассмотрим варианты пучения:

1. Влага распределяется равномерно по вертикали почвы, пучение проявляется на уровне 3%;

2. Движение потоков или неравномерное промерзание приводят к увеличению набухания до 10-25%.

Внешними признаками пучинистых мест в зимний период являются неравномерное поднятие участков покрытия: образование отдельных бугров или группы бугров на покрытии, развитых по площади проезжей части с различной степенью интенсивности. Значительная часть из них, как правило, имеет сетку трещин, концентрирующуюся у вершины бугров пучения, которые разрушают покрытие на отдельные куски различной величины и формы [3, 4].

Образование пучин может развиваться как по ширине проезжей части, так и вдоль нее. Иногда пучины в большей степени развиваются на обочинах, и их поднятие может оказаться больше, чем в зоне проезжей части. В весенний период после схода снега на пучинистых участках могут появляться влажные пятна, наблюдается иногда выход вместе с водой мелких частиц дренирующего слоя или грунта земляного полотна, а также волнообразные колебания дорожной конструкции при наезде транспортных средств. Эти участки имеют, как правило, значительно пониженную прочность и интенсивно разрушаются (образование выбоин, просадок и т.д.) [5].

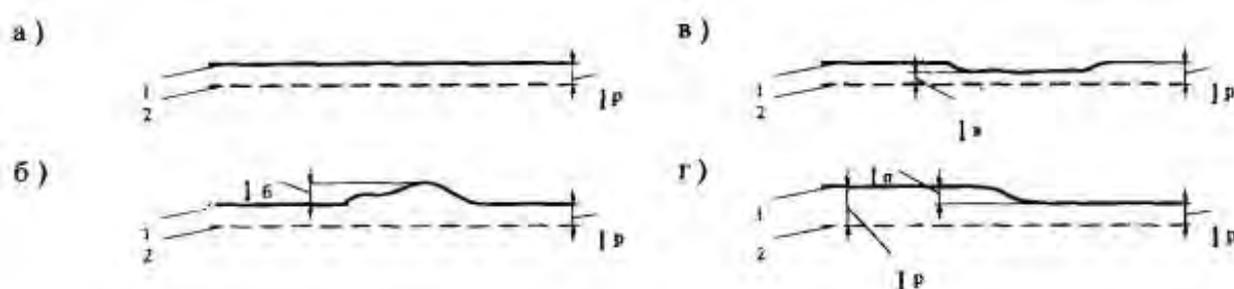


Рисунок 2 – Разновидности пучин: (а) - равномерное пучение; (б) - бугор пучения; (в) - впадина; (г) - перепад; (1 - положение дорожной одежды после пучения; 2 - то же, до пучения;  $l_p$ ,  $l_b$ ,  $l_v$ ,  $l_p$  - величины соответственно равномерного пучения, бугра пучения, впадин, перепада)

Бугром называют вспученный локальный участок. Впадиной называют локальный участок с меньшим по сравнению с равномерным или нулевым поднятием, а границу между двумя зонами равномерного пучения с разной высотой поднятия – перепадом [6].

Наиболее пучиноопасными являются насыпи и выемки в пылеватых грунтах. Кроме того, опасны с позиций пучинообразования по:

а) гидрологическим и гидрогеологическим признакам:

- равнинные участки с поверхностным застоем воды в придорожной полосе;
- то же, с торфо-растительной прослойкой в основании насыпи;
- то же с высоко расположенным горизонтом грунтовых вод;
- б) по орографическим, грунтовым, конструктивным и технологическим признакам:
  - выпуклые и вогнутые переломы продольного профиля;
  - затяжные уклоны автомобильных дорог;
  - места примыкания съездов или других нарушений режима потока поверхностной воды по кюветам или боковым канавам;
  - места водосбросов, малых искусственных сооружений;
  - места выхода грунтовых и наледных вод;
  - места пересечения автомобильных дорог с подземными инженерными коммуникациями;

Существует несколько современных способов решения проблемы пучения дорог:

- экран из водонепроницаемого грунта;
- теплоизолирующий слой из пенопласта;
- армирующие прослойки;

**Экран из водонепроницаемого грунта** - применяется на участках местности с необеспеченным поверхностным стоком, экран следует устраивать из глины тяжелой с числом пластичности более 27, при наличии постоянного уровня поверхностных вод минимальное возвышение верха экрана 0,2 м принимается от данного уровня. Величина заглубления экрана в слабоводопроницаемый грунт принимается по таблице 2 [6].

Таблица 2 – Величина заглубления экрана в слабоводопроницаемый грунт

Наименование слабоводопроницаемых грунтов	Минимальная величина заглубления экрана ( $h_{\text{загл}}$ ) в слабоводопроницаемый грунт при числе пластичности		
	12,1-14,0	14,1-17,0	17,1-27,0
Тяжелые суглинки и глины	3,5	2,5	2
$h_{\text{загл}}$ , м			

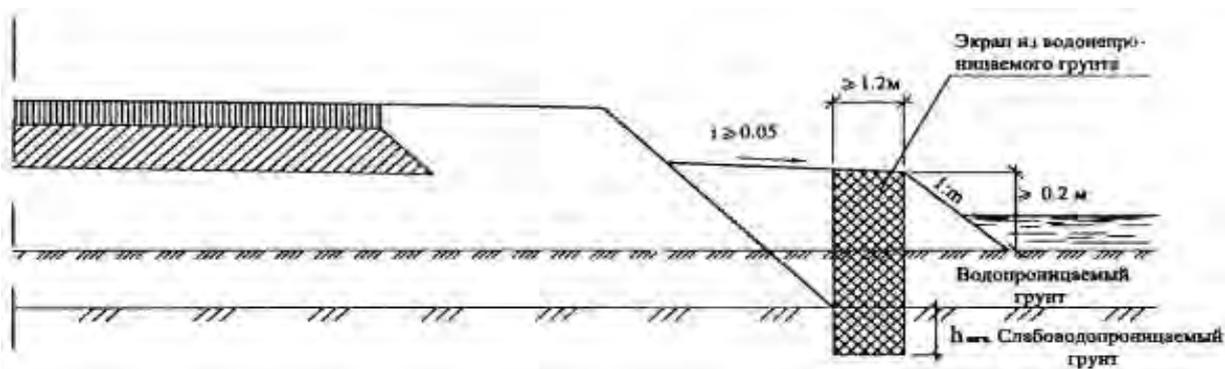


Рисунок 3 – Экран из водонепроницаемого грунта

**Теплоизолирующий слой из пенопласта** - применяется на участках полного переустройства дорожной одежды, позволяет ограничить пучение допустимыми нормами или полностью предотвратить промерзание подстилающего грунта земляного полотна.

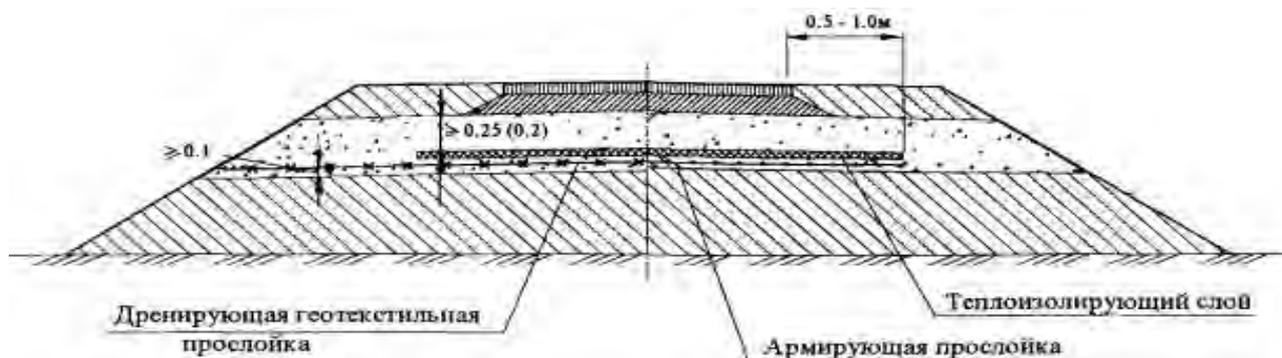


Рисунок 4 – Теплоизолирующий слой из пенопласта

Теплоизолирующие слои нужно располагать на глубине не менее 0,5 м от поверхности покрытия для не превышения повторяемости образования гололеда по сравнению с соседними участками.

Длину переходного участка, от конструкции с теплоизолирующим слоем до конструкции без теплоизолирующего слоя, определяют по расчету. Переход осуществляется путем постепенного уменьшения толщины плит пенопласта. При отсутствии пенопласта различной толщины следует укладывать плиты в шахматном порядке с окнами без плит. Для устройства теплоизолирующих слоев применяют пенопласты. Пенопласт должен сохранять свои свойства в течение срока службы дорожной одежды. Указанным требованиям полностью отвечает пенопласт стайрофоум марки фломэйт-500 (фирмы Дау Кемикал Компани), при укладке теплоизолирующего слоя непосредственно на грунт земляного полотна необходимо устройство выравнивающего технологического слоя из песка 3-5 см [6].

**Армирующие прослойки** применяются для повышения несущей способности земляного полотна на пучинистых участках автомобильных дорог. Применение армирующих прослоек возможно при полном переустройстве конструкции дорожной одежды с целью устройства необходимого дренажного, морозозащитного слоя. Армирующую прослойку укладывают непосредственно на грунт земляного полотна.

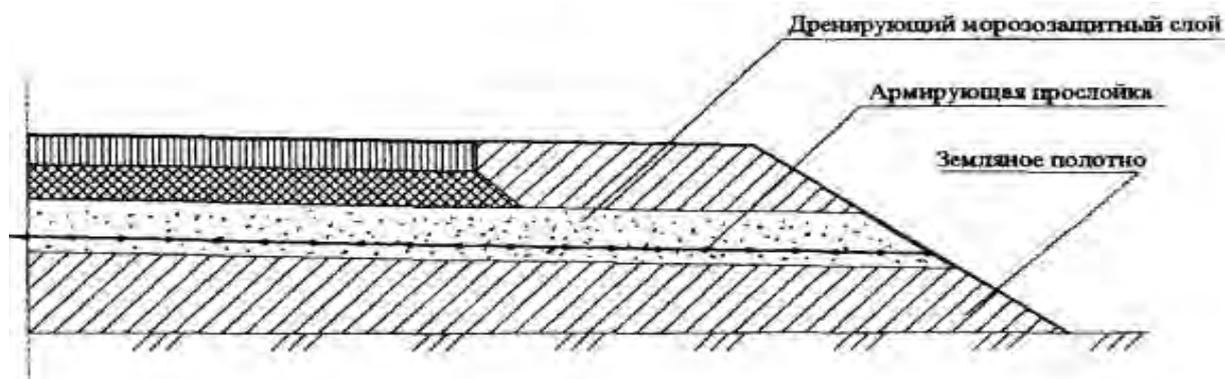


Рисунок 5 – Армирующие прослойки

Применение данных прослоек позволяет уменьшить толщину морозозащитного (дренирующего) слоя или уменьшить толщину конструктивных слоев дорожной одежды за счет увеличения прочностных характеристик грунта земляного полотна, а также позволяет уменьшить толщину морозозащитного (дренирующего) слоя за счет устранения заиливания материала этого слоя. Возможно применение в сочетании с другими мероприятиями по повышению несущей способности земляного полотна, в том числе и при устройстве теплоизолирующего слоя.

В качестве армирующих прослоек применяются защитно-дренирующие геотекстильные материалы. Данный материал выдерживает воздействие прямых солнечных

лучей в течение нескольких месяцев, не поддается воздействию кислот, щелочей и бактерий природного происхождения [6].

**Гидроизолирующие прослойки - А** (рис. 6) - применяется где источником переувлажнения грунтов являются атмосферные осадки, при полном переустройстве дорожной одежды с устройством основания из крупнозернистых материалов. Данная конструкция позволяет перехватить воду, поступающую через дорожную одежду и обочины, снизить влажность рабочего слоя земляного полотна и повысить его несущую способность.

**Б** (рис. 6) - применяется на участках местности с необеспеченным поверхностным стоком при высоком уровне стояния подземных вод. Данная конструкция может применяться при полном переустройстве рабочего слоя земляного полотна, позволяет уменьшить толщину морозозащитного слоя за счет снижения влажности грунта рабочего слоя земляного полотна.

При устройстве гидроизолирующих прослоек следует использовать полиэтиленовую пленку толщиной 0,2 мм, стабилизированную 2% канальной сажи, изол и материал типа "колентанш" (нетканый синтетический материал, обработанный битумом). При укладке гидроизолирующих прослоек следует предусматривать устройство подстилающих и защитных слоев, толщина которых должна быть не менее 0,1 м в плотном теле (кроме материалов типа "колентанш"). При использовании полиэтиленовой пленки толщиной 0,2 мм грунт этих слоев не должен содержать частиц крупнее 20 мм, изола - частиц крупнее 40 мм. Допустимого зернового состава имеющих частицы размером 5-40 мм, не должна выходить за пределы, представленного в таблице 3 [7].

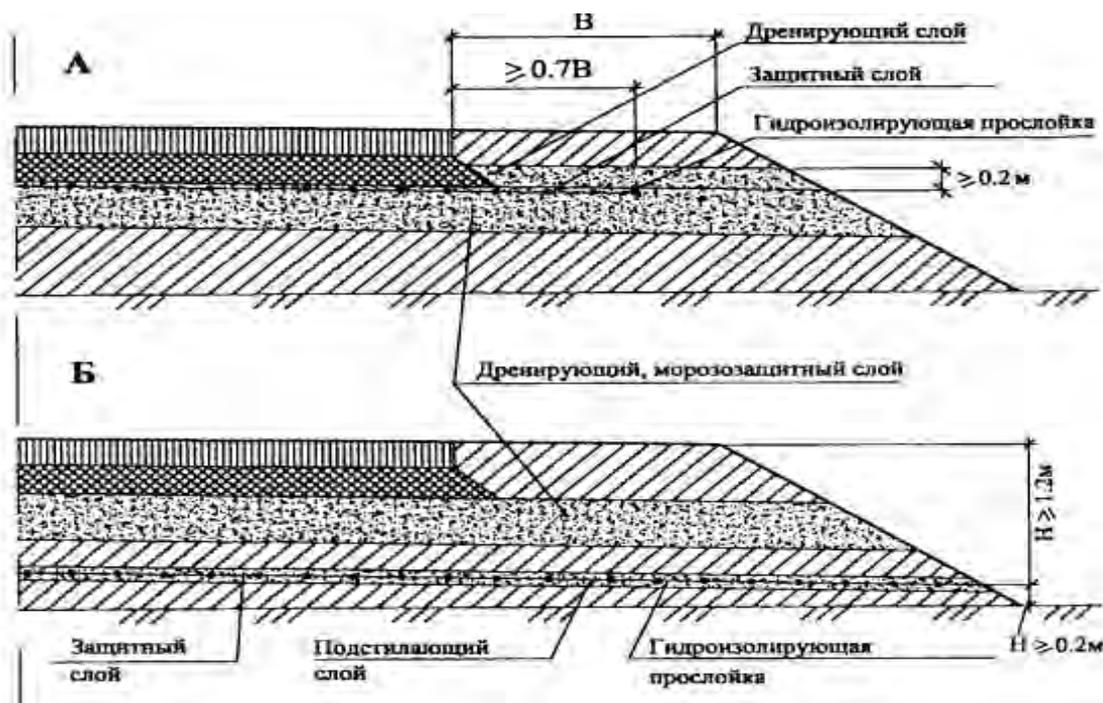


Рисунок 6 – Гидроизолирующие прослойки

Таблица 3 – Зерновой состав при использовании полиэтиленовой пленки

Размеры зерен грунта, мм	Допустимое содержание зерен грунта крупнее данного размера в подстилающем и защитном слоях, %	
	Для изола	Для полиэтиленовой пленки
40	0	-
30	35	-
20	60	0
10	75	25
10	90	45

### Литература

1. Ташходжаева Ш., Халимова, Ш.Р. Влияние пучения на автомобильные дороги и меры против них // Сборник трудов межвуз. науч.-практ. конф. одарённой молодёжи, посвящ. 24-й годовщине независимости Республики Узбекистан (г. Ташкент, 22–23 мая 2015 г.). Ташкент: ТАДИ. 2015. С. 194–195.
2. Чернышева И.А., Мащенко А.В. К вопросу использования различных методов защиты от морозного пучения // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2016. Т. 7. № 1. С. 39–46.
3. Рекомендации по учету и предупреждению деформаций и сил морозного пучения грунтов / ПНИИИС. М.: Строиздат. 1986. 72 с.
4. Руководство по проектированию оснований и фундаментов на пучинистых грунтах / Науч.-исслед. ин-т оснований и подземных сооружений им. Н.М. Герсеванова. М.: Стройиздат. 1979. 39 с.
5. Соколова О.В., Горковенко Н.Б. Оценка морозоопасности крупнообломочных грунтов с пылевато-глинистым заполнителем // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1997. № 2. С. 11–15.
6. Халимова Ш.Р., Ахмедов Ш.Б., Худойкулов Ш.Ш. Назначение и оценка исходных данных для прогноза пучения грунтов в автомобильных дорогах // Глобальное партнёрство как условие и гарантия устойчивого развития. Сб. тез. междунар. науч.-техн. конф. ТИПС и ЭАД. Т. 2. Ташкент. 2019. С. 325-328.
7. Типовые решения по восстановлению несущей способности земляного полотна и обеспечению прочности и морозоустойчивости дорожной одежды на пучинистых участках автомобильных дорог. Разработаны ОАО Гипродорнии, ГП Росдорнии. Утверждены распоряжением Росавтодора от 14.06.2000, № 113-р. М. 2001.

## ИЗМЕНЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАНИЯ ПЛОТИНЫ ГИССАРАКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (ЮЖНЫЙ УЗБЕКИСТАН)

Хамидов Х.Л., Ибрагимов Ф.И., Ганиева Б.Р.  
*hamidov\_l@mail.ru*

Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова АН РУз, г. Ташкент, Республика Узбекистан

*Аннотация. Рассматривается изменение кинематических параметров колебания плотины Гиссаракского водохранилища. Для этого на теле плотины и береговых склонах Гиссаракского водохранилища сейсмоприемники размещены как на поверхности, так и на площадках уступов карьера. Наблюдениями охвачен объем пород с максимальным поперечным размером 400-1100м. В основном на трех сейсмометрических измерительных пунктах произведено более 143 записей, из которых 28 относились к высокочастотным от близких землетрясений. Также в 19 нестационарных измерительных пунктах произведены записи колебаний с использованием широкополосного цифрового сейсмометра маятникового типа SMG-6TD. По результатам измерений построены поля распределений  $V_s$  по телу плотины, коэффициента сейсмического разжижения грунтов методом HVSR и приращение сейсмической интенсивности в баллах. Показано, что центральная часть плотины оказалась в зоне возможных больших касательных напряжений и что центральная часть плотины имеет более значительные изменения коэффициента сейсмического разжижения  $KL$ , чем периферийные. По построенному полю выделены приращения балльности при высокочастотных колебаниях тела плотины Гиссаракского водохранилища, установлено, что они имеют достаточно высокое значение в четырех предгребневых участках плотины.*

*Ключевые слова: сейсмические волны, регистрация, плотина, водохранилище, аппаратура, запись, колебание, интенсивность, приращение балльности.*

**Введение.** Для организации цифровой регистрации сейсмических волн при локальных сейсмометрических наблюдениях (ЛСН) предварительно «Гиссаракские» измерительные пункты оборудованы высокочувствительными сейсмографами для записи местных и близких землетрясений типа СКМ-3 и СМ-3 с увеличением каналов в зависимости от фона помех 1-го рода от 10000 [1]. Проведено тестирование первого измерительного пункта станции в трехкомпонентном режиме. В состав рабочей сейсмической станции входили: 16-разрядный автоматический цифровой преобразователь “ELIOS”, GPS-приемник “Garmin- ELIOS”, UPS “NOVA 600AVR” и промышленный цифратор EBS-1363. В цифровой системе ЛСН Гиссарак оценены основные характеристики регистрирующего тракта: АЧХ – амплитудно-частотные характеристики каналов; идентичность АЧХ – полная или частичная – каналов; амплитудные характеристики каналов, их линейность и динамический диапазон; переходная характеристика АЦП; взаимное влияние каналов; цена младшего цифрового разряда; положение нулевого уровня АЦП и его стабильность [2].

**Аппаратура и методика обработки.** Файлы цифровых записей колебаний для заданного набора частот от внешнего генератора для каждого из трех каналов станции СРС произведены согласно требованию стандарта станции [3] и выше изложенному алгоритму. Выбор мест для сейсмометрических измерений производился на основе схемы Гиссаракской плотины и карты инженерно-геологического районирования ближней зоны плотины. Один комплект аппаратуры использовался в качестве опорной станции (на рисунке 1 обозначен как “station” измерительный пункт ИТ8, т.е. Гидропост) в 1,2 км от основания плотины. По проведенным циклам измерений для сейсмометрических измерений на теле плотины использовались два комплекта нестационарных дополнительных сейсмических станций с трехкомпонентными сейсмометрами.

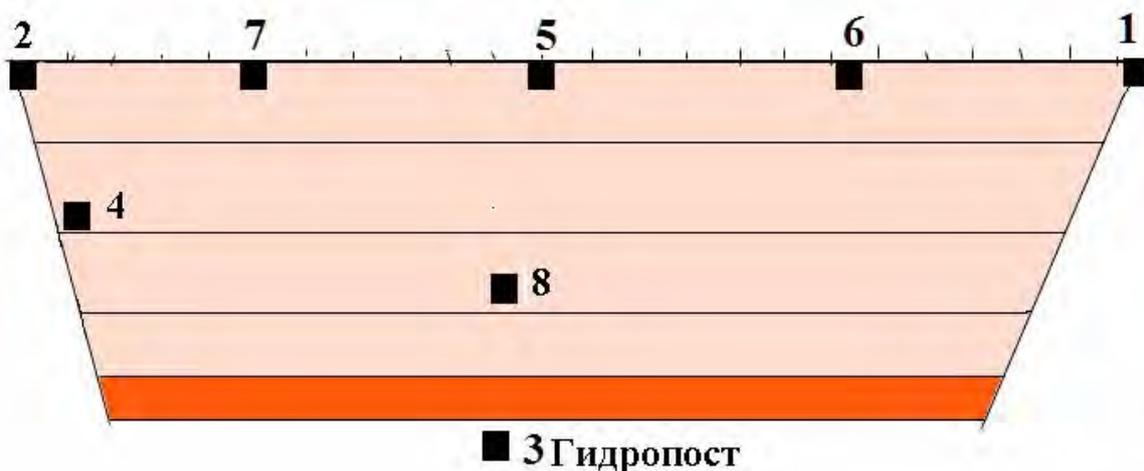


Рисунок 1 – Схема расположения пунктов регистрации [1]

Частотная характеристика сейсмометров – равномерная в диапазоне 1,0 - 40,0 Гц. Чувствительность сейсмометров приведена ниже.

*Сейсмометр №: 0482*

Компонента Вертикальная, Z	-1.1285e-8 м/с
Компонента Восток-Запад, EW	-1.4732e-8 м/с
Компонента Север-Юг	-1.8437e-8 м/с

*Сейсмометр №: 0470*

Компонента Вертикальная, Z	-1.1272e-8 м/с
Компонента Восток-Запад, EW	-1.4372e-8 м/с
Компонента Север-Юг	-1.8332e-8 м/с

Измерения проводились на гребне плотины и двух нижеследующих бермах (рис.1).

**Результаты и обсуждение.** В районе Гиссаракского водохранилища сейсмоприемники размещены как на поверхности и на площадках уступов карьера (рис.1), так и в скважинах глубиной 5-10 м, пробуренных за верхним контуром плотины. Расстояние между сейсмоприемниками составляет порядка 100-200 м, при этом наблюдениями охвачен объем пород с максимальным поперечным размером 400-1100 м.

Основание плотины Гиссаракского водохранилища расположено в едином тектоническом блоке, и в зонах сейсмичностью 7 и 8 баллов. ИТ3 и ИТ4 работали для локализации местных колебаний. В основном по этим ИТ произведено более 143 записей, из которых 28 относилось к высокочастотным от близких землетрясений. Синхронная нестационарная запись проведена на ИТ5 на гребне. Вариация по схеме из рисунка 1 ИТ3 с переводом по установленной временной шкале на ИТ7, ИТ5, ИТ6 и ИТ1 проведена при обработке ИТ2 и ИТ4 основания. Изучение спектров и их параметров в 2018 году по ИТ5, ИТ8 и ИТ3 показало, что кривые спектра для левого и правого бортов имеют определенную разность в пределах допустимого 15%.

На рисунках 2–5 показаны сравнительные оценки смещений по разным измерительным точкам скоростей при ближнем очаге. Выделяется два выраженных максимума  $V_s$ . С увеличением эпицентрального расстояния положение максимума  $V_{Smax}$  на всех компонентах перемещается в область низких частот. В рисунках 6 и 7 показаны изменение компонент скоростей в трех каналах в ИТ7, измеренные в нестационарном режиме.

По отобранным записям землетрясений, в первую очередь, определена длина анализируемого участка сейсмограммы. Эта длина определялась с момента вступления

волны  $V_S$  до момента, когда амплитуда колебания равнялась примерно 1/6 максимальной амплитуды.



Рисунок 2 – Смещения по ИТ3 скорости при ближнем очаге

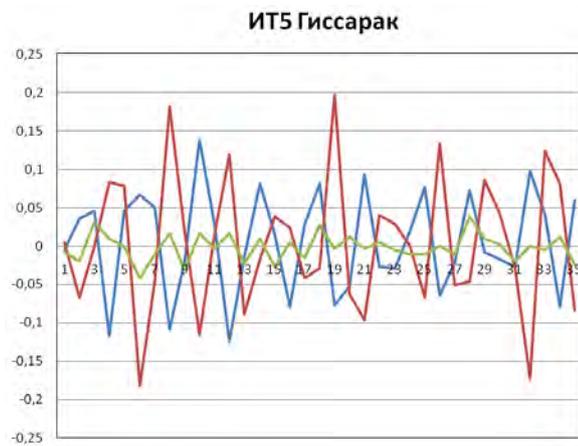


Рисунок 3 – Смещения по ИТ5 скорости при ближнем очаге

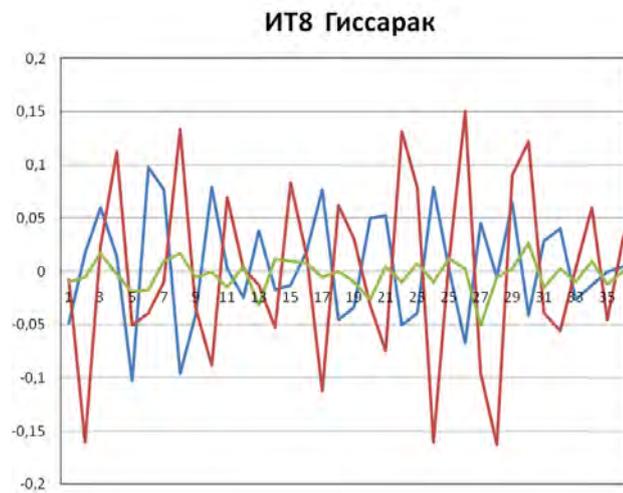


Рисунок 4 – Смещения по ИТ8 скорости при ближнем очаге

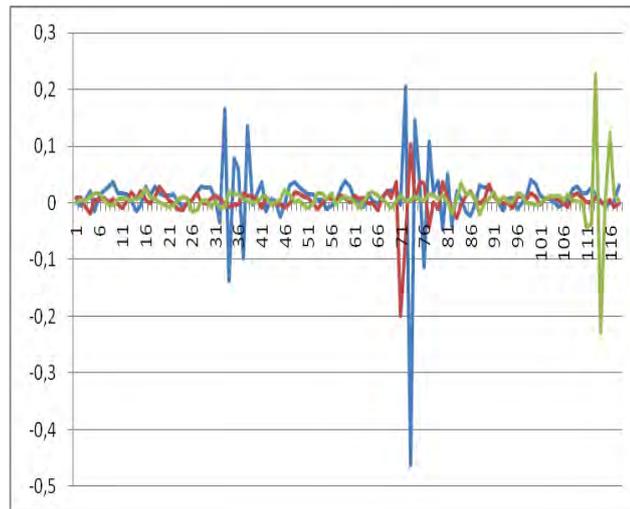


Рисунок 5 – Осредненные скорости при ближнем очаге

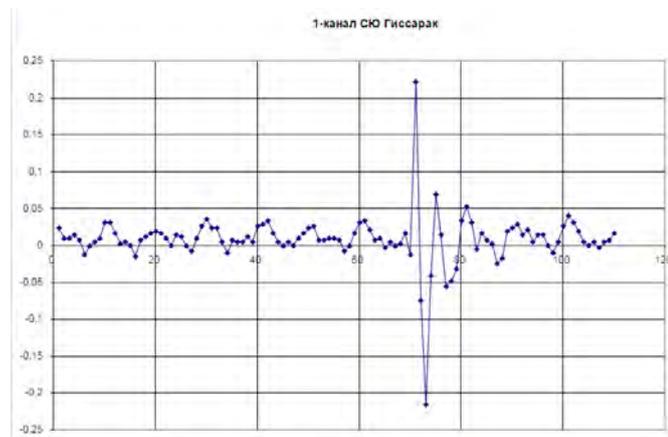


Рисунок 6 – Изменение компонент скоростей в первом канале



Рисунок 7 – Изменение компонент скоростей во втором канале

Изменение значений параметров спектральных кривых в пунктах, расположенных на левом и правом бортах: преобладающая частота фаз (по смещению и скорости) для правого борта всегда больше, чем для левого борта и основания каньона. По смещению  $f_{рез}$  - от 0,51 до 2,4 Гц по скорости, по горизонтальным компонентам от 0,31 до 5,52 Гц. Ширина спектра

на уровне  $0,74 V_{Smax}$  составляет от 0,31 до 2,85 Гц для правого борта и от 0,42 до 4,06 Гц для левого борта.

Для изучения свойств грунтов использовался метод HVSR [4-5]. Определение сейсмических свойств грунтов на теле плотины выполнялось несколькими методами. Это запись слабых далеких землетрясений, изучение спектральных характеристик грунтов путем анализа микросейсм и методом HVSR [2, 5]. Измерения проводились на 19 опорных нестационарных пунктах на теле плотины. Используются маятниковые сейсмометры фирмы GULARP и, в частности, широкополосный цифровой сейсмометр маятникового типа CMG-6TD. Этот сейсмометр включает три однокомпонентных датчика, смонтированных в общем герметичном корпусе. Оси датчиков сориентированы по трем взаимно перпендикулярным направлениям (двум горизонтальным и вертикальной). Все три датчика обеспечивают измерение колебаний в широком диапазоне частот от 0,033 до 50 Гц [5]. По расчетам методом HVSR составлена таблица 1. В таблице 1 показана глубина отражающей границы -  $V_s$  в выбранном слое и коэффициент сейсмического разжижения грунтов  $K_L$  и приращение балльности  $\Delta J$  [4].

Таблица 1. Глубина отражающих границ, поперечная волна  $V_s$ , коэффициент сейсмического разжижения грунтов  $L_K$  и приращение балльности  $\Delta J$  по данным HVSR

№ пункта регистрации	$f_0$	HVSR	$H, m$	$V_s$	$\Delta J$
2 гребень	1,68	2,25	89,1	598,6	1,3
4 берма	2,18	6,41	67,2	686,3	1,18
8 основание	3,56	6,22	39,6	763,7	0,8
Гидропост стационарный	3,12	6,34	0	1123	0

Приращение балльности по уравнению  $\Delta J = 2 * \lg(A_2/A_1)$  представлено в таблице 2.

Таблица 2. Приращение балльности при землетрясении

f	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>сред</b>
0,25	1,55	0,57	0,21	0,39
0,5	1,66	0,70	0,30	0,86
0,751	2,02	0,80	0,78	1,69
1,001	2,42	2,11	1,48	1,93
1,251	1,60	0,74	0,05	0,29
1,501	1,60	1,50	0,96	1,09
1,752	2,18	1,92	1,28	2,35
2,002	2,71	3,12	1,67	1,71
2,252	3,25	3,91	2,01	2,09
2,502	1,46	2,83	1,22	1,11
2,753	1,62	2,57	1,74	1,35
3,003	0,91	0,79	0,93	0,96
3,253	1,31	2,46	1,92	2,58
3,503	2,50	2,57	2,47	2,98
3,754	2,07	1,98	1,78	2,13
4,01	1,14	0,63	1,01	-1,16
4,254	2,53	3,21	2,18	3,25
4,504	0,39	2,11	1,03	2,51
4,51	2,88	3,48	2,91	3,18
4,75	0,23	1,22	-0,62	-0,51
5	0,97	2,37	1,89	1,48

Тестовая оценка распределение  $V_s$  по телу плотины по схеме на рисунке 8 показало, насколько центральная часть плотины оказалась в зоне возможных больших касательных напряжений.

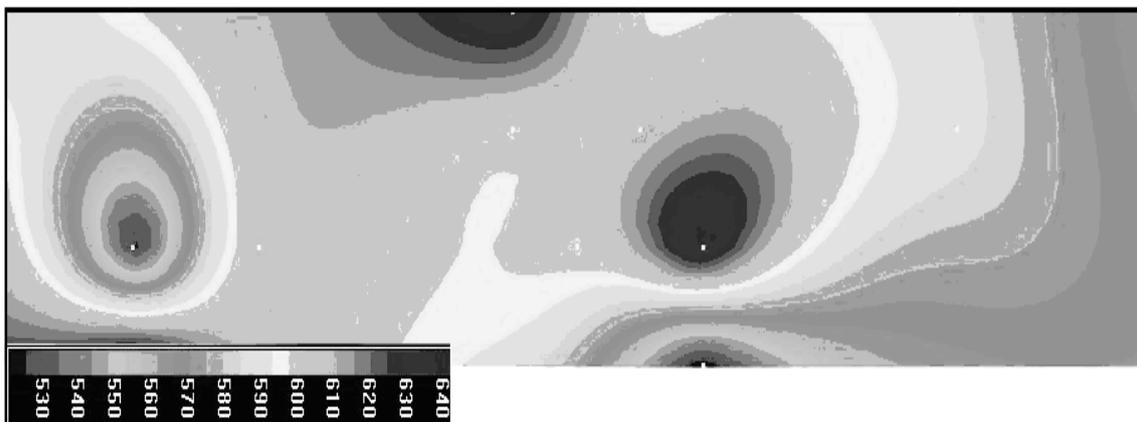


Рисунок 8 – Распределение  $V_s$  по телу плотины (по горизонтали – длина плотины; по вертикали - высота плотины)

Также расчеты показали, что центральная часть имеет более высокий характер изменения коэффициента сейсмического разжижения  $KL$ , чем периферийная (рис. 9-а). Далее построена картина поля распределения приращения балльности  $\Delta J$  (рис. 9-б).

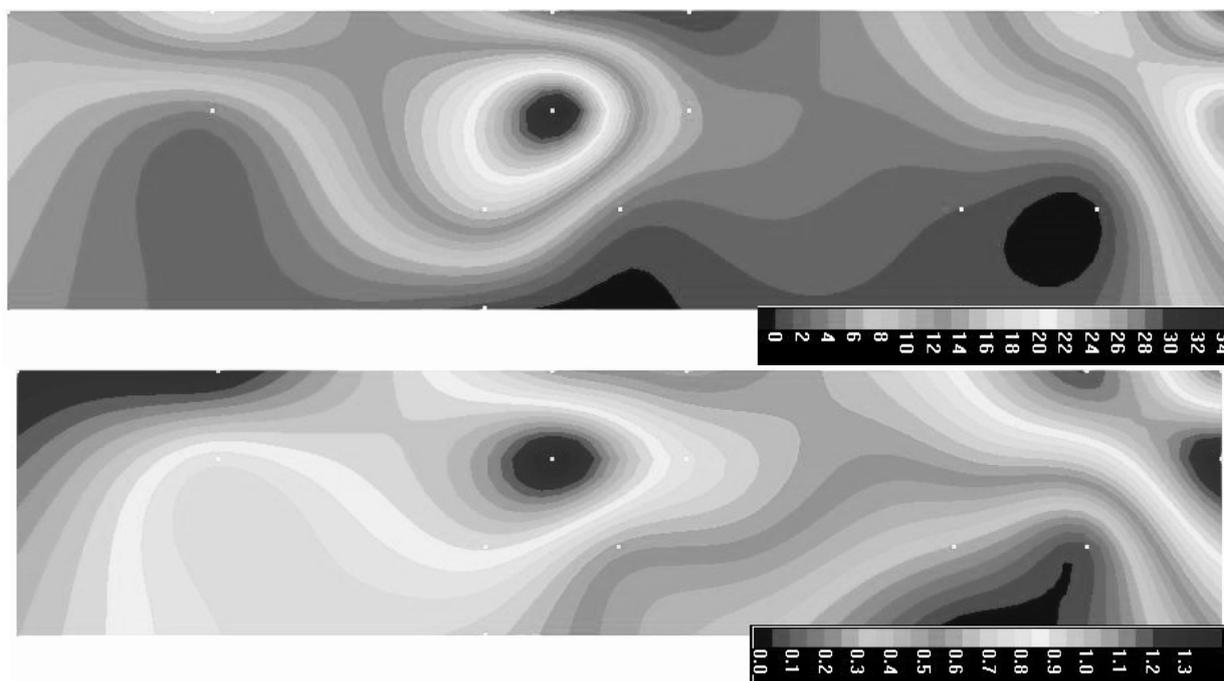


Рисунок 9 – Распределение коэффициента сейсмического разжижения грунтов  $KL$  верхний рисунок-(а) и приращения сейсмической интенсивности  $\Delta J$  в баллах нижний рисунок-(б) (по горизонтали – длина плотины; по вертикали - высота плотины)

Приращение балльности при высокочастотных колебаниях тела имеет достаточно высокое значение в четырех предгребневых участках. Ниже первой верхней бермы она падает до состояния, аналогичного тому, что в п. Гидропост. По полученным результатам составлены волновые формы представления записей скоростей в формате регистрации и в

формате EXEL по 14 землетрясениям. К анализу включены записи 8 землетрясений, наиболее характерно отражающих кинематические смещения как низкочастотных, так и высокочастотных колебаний. Для нескольких отрезков записей микросейсм длительностью 1 час, нарезанных на интервалы по 10 минут, были вычислены спектры и произведена фильтрация для устранения случайных импульсных помех. Азимутальное распределение HVSR для измерительных пунктов плотины по записям землетрясений у основания плотины четко изображает ее максимальные пределы вариации. Уровень колебаний на гребне плотины выше, чем на первых бортах от основания. Сильные вариации спектра в основном сосредоточены в центральной части плотины (рис. 9 и 10). Наблюдаются высокие значения приращения балльности.

**Выводы.** Спектрограммы записей землетрясений для различных пунктов регистрации плотины при землетрясениях показали, что под наиболее большой временной спектр волн подпадает, в основном, центральная часть плотины в направлении восток-запад. Изучение синхронности колебания бортов и основания Гиссаракской плотины показало, что от землетрясений, происходящих в восточном и северо-восточном сегментах на расстоянии до 100 км, на участках в левой и правой части плотины и в ее основании, колебания происходят с небольшим превышением левого борта от основания.

### Литература

1. Хамидов Х.Л., Ибрагимов Ф.И. Изменение параметров сейсмичности в зоне влияния крупных водохранилищ Южного Узбекистана // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Материалы докл. XII Междунар. конф. молодых ученых и студентов, Бишкек: ИС РАН. 2020. С. 311-317.
2. Ибрагимов А.Х., Хамидов Х.Л. Оценка колебания плотин Гиссаракского и Тупалангского водохранилищ Южного Узбекистана // Анализ, прогноз и управление природными рисками с учетом глобального изменения климата «ГЕОРИСК – 2018». Материалы X междунар. науч.-практ. конф., М. 2018. С. 52-57.
3. Соколов М.В., Слозцов Н.О. Программное обеспечение калибровки Сейсмометрических каналов станции «СРС-КМ/v» и первичной обработки информации // ТЭО системы «ELIUS». ООО «ELIUS». 2006. 12 с.
4. Nakamura Y.A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Micro tremor on the Ground Surface // Quart. Report of RTRI. 1989. Vol. 30. No 1. P. 25-33.
5. Ибрагимов А.Х., Алимухамедов И.М. Экспериментальное обоснование возможности использования метода Накамуры (HVSR) при решении задач сейсмического микрорайонирования. // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. Ташкент: ИС АН РУз. 2016. № 13. С. 154-158.

## ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОЩАДИ И БАЛАНС МАССЫ ЛЕДНИКОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧОН-КЫЗЫЛ-СУУ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 50 ЛЕТ

Эрменбаев Б.О., Чонтоев Д.Т., Сатылканов Р.А.

*b.ermenbaev@mail.ru*

Тянь-Шаньский высокогорный научный центр при Институте водных проблем и гидроэнергетики НАН КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация. В статье приводятся результаты наблюдений и исследований Тянь-Шаньского высокогорного научного центра за динамикой изменения площади оледенения репрезентативного бассейна реки Чон-Кызыл-Суу в хр. Терской Ала-Тоо за последние 50 лет и за скоростью линейного отступления опорного ледника Кара-Баткак в этот период. Показано, что с 1965 года площадь ледников бассейна р. Чон-Кызыл-Суу непрерывно сокращалась, а отступление ледников особенно увеличилось в последние 20 лет. Рассмотрены и основные климатические параметры района исследования. Приведены данные о балансе массы репрезентативного ледника Кара-Баткак за последние 60 лет. Полученные результаты показали отрицательные тенденции в динамике ледников бассейна р. Чон-Кызыл-Суу и их тесную связь с температурой воздуха и со стоком этой реки.*

*Ключевые слова: ледник, баланс массы, абляция, аккумуляция, линейное отступление, космоснимок, аэрофотоснимок, изменение климата, Кара-Баткак, бассейн Чон-Кызыл-Суу.*

**Введение.** Бассейн реки Чон-Кызыл-Суу является наиболее репрезентативным для ледниковых долин северного склона хребта Тескей-Ала-Тоо, ограничивающего Иссык-Кульскую котловину с юга. Именно этот речной бассейн еще в середине прошлого века был выбран ЮНЕСКО для проведения комплексных гидрометеорологических наблюдений по программе МГД (Международного гидрологического десятилетия) и ряда других программ. Площадь водосбора бассейна реки 302 км<sup>2</sup>, что на участке от водораздела хребта до гидрологического поста «Лесной кордон», который замыкает область формирования речного стока р. Чон-Кызыл-Суу. Степень оледенения водосбора 15% (т.е. такой процент площади бассейна реки покрыт ледниками), тип питания – ледниково-снеговое. Ледниковые сток горных рек особенно важен в летнее время и ранней осенью, когда потребность в воде для сельскохозяйственных нужд наиболее большая и сезонный снег в горах практически растаял. По данным расчленения годового гидрографа стока р. Чон-Кызыл-Суу, доля ледникового питания этой реки составляет 32%, снегового – 37%, подземного – 31%, доля дождевого питания незначительная – не более 2-3%. Для генетического вертикального расчленения гидрографа стока на источники формирования жидкой фазы была заимствована расчётная методика Г.Н. Голубева [1]. Для прогнозирования водности рек со снежно-ледниковым типом питания важно оценить запасы льда в ледниках таких речных долин в настоящее время, и на основе ретроспективного анализа предсказать возможную тенденцию к их изменению.

По данным метеостанции Кызыл-Суу, за период 1951-2015 гг. среднегодовая температура воздуха увеличилась на 1,3<sup>0</sup>С, по данным метеостанции Тянь-Шань, за последнее 90 лет прирост температуры составил 1,5<sup>0</sup>С. Начиная с 1950-х годов, на большей части Тянь-Шаня температура повышалась параллельно с незначительными изменениями количества осадков [2-4]. Одновременно с этими процессами ледники Тянь-Шаня сокращались, как и в большинстве других районов мира. Это начало проявляться со времени окончания малого ледникового периода, с середины 19-го столетия [5]. В последние десятилетия распад оледенения усилился [2, 4, 6-9]. Такая тенденция проявляется и в Центральном Тянь-Шане, включая и хребет Терской Ала-Тоо, чему посвящено много публикаций. Научный интерес к проблеме распада оледенения в климато-зависящих районах

Центральной Азии, связан, в первую очередь, с недостатком пресной воды. В связи с этим ученым, занимающимся прогнозированием оледенения и речного стока, требуются самые современные оценки динамики оледенения. При расчёте и моделировании речного стока необходимы точные сведения об изменении размеров ледников, что позволяет реально оценить вклад различных составляющих водного баланса ледниковых долин. Поэтому оценка изменений размеров горных ледников выступает на первый план.

В советское время масс-балансовый мониторинг проводился на многих ледниках Центральной Азии, но в Кыргызской Республике после распада СССР он был прекращён повсеместно. После более чем 20-летнего перерыва были возобновлены инструментальные наблюдения за ледниками по масс-балансовым программам, заброшенных после распада СССР. В итоге Кыргызская Республика на сегодняшний день выдвигается, пожалуй, на первое место в постсоветском пространстве по интересу к гляциологии. Это в связи с тем, что ледников с регулярными измерениями баланса массы на территории Кыргызстана в несколько раз больше, чем в соседних государствах. Один из таких ледников, являющихся в качестве опорных объектов изучения и гляциологического мониторинга, является ледник Кара-Баткак, находящийся в верховьях бассейна реки Чон-Кызыл-Суу. История исследований и мониторинга этого ледника ведет отсчет с 1948 года.

**Материалы и методы исследования.** Для анализа изменений площади ледников бассейна р. Чон-Кызыл-Суу, приведенных в данной статье, были использованы:

1 - аэрофотоснимки в цифровом формате TIFF высокого разрешения, охватывающие период с 1967, 1977, 1988 гг.;

2 - топографические карты масштаба 1:25000 для восточной части хр. Теркей Ала-Тоо по состоянию на 1977г.;

3 - космические снимки Landsat TM, ETM + Landsat 1-5 1977 г, Landsat -5 1990 -2006 г., Landsat-8 2017 г, Skysat-2018 г., Sentinel-2 2019, 2020 г, (разрешение использованных космоснимков - от 3 до 15 метров/пиксель). Дешифрирование космоснимков ледников с использованием выше перечисленных материалов проводилось с помощью программы ArcMap\_10.

Для определения точности ручного дешифрирования границ ледников была выполнена повторная обрисовка нескольких ледников, в том числе - и стационарного ледника Кара-Баткак, что делалось на изображениях разного типа. Например, для определения границы ледников по состоянию одного года использовались несколько различных снимков с разными датами съемки. Это позволило установить, что погрешность определения площади измеряемых ледников составила менее 5%. Районы исследования показаны на рисунках 1, 2.

Применяемая методика определения (измерения) баланса массы наблюдаемых нами ледника Кара-Баткак основана на полевых измерениях по т. н. стратиграфической системе. Согласно Гляциологическому словарю [10], эта система предполагает получение необходимых данных путем измерения в шурфах (что в нашем случае) или скважинах при полустационарных исследованиях. При этом основным маркирующим горизонтом служит летняя поверхность. Баланс массы наблюдаемых нами ледников, начиная с 2013/14 балансового года, рассчитывался инструментальными гляцио-гидрометеорологическими методами. Баланс массы ледника складывается из прихода твердого вещества, куда входят твердые осадки, метелевый перенос снега, конденсация водяных паров, и расхода, основную часть которого составляет таяние ледниковой поверхности и испарение. Баланс массы ледника  $b_p$  – это алгебраическая сумма аккумуляции (Ак) и абляции (Аб) массы снега и льда за определенный период времени. Аккумуляция – совокупность процессов, ведущих к увеличению массы ледника, абляция – сумма процессов, ведущих к потере массы ледником. Накопление твердого вещества тесно связано с процессом льдообразования. Обоснование выделения типов льдообразования и процессов, происходящих при этом, дано Г.А. Авсюком [11]. В дальнейшем, опираясь на материалы исследований, полученных в период МГГ, более детальную классификацию зон льдообразования дали Е.Н. Цыкин [12] и П.А. Шумский [13].

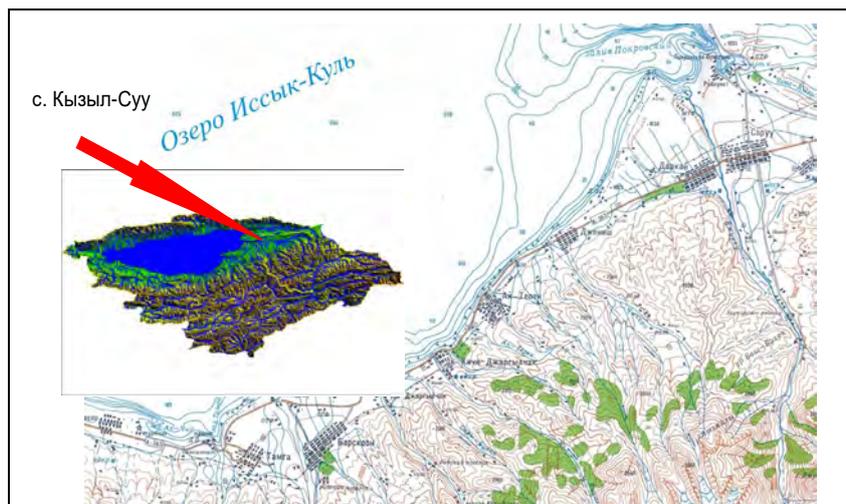


Рисунок 1 – Местоположение бассейна р. Чон-Кызыл-Суу в Иссык-Кульской котловине.

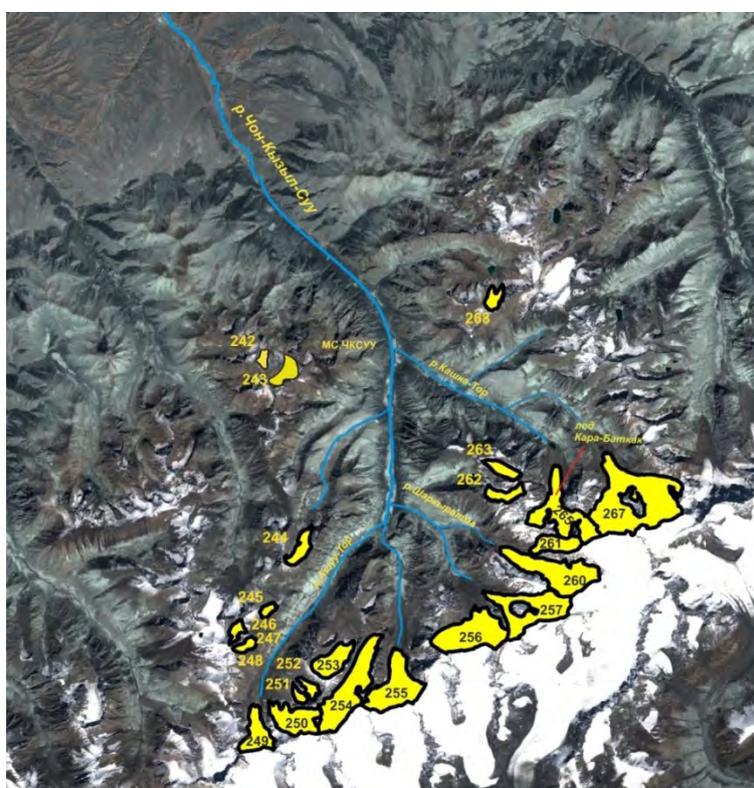


Рисунок 2 – Контуры исследуемых ледников бассейна реки Чон-Кызыл-Суу в восточной части хр. Терской Ала-Тоо по состоянию на 2019 г., по данным дешифрирования снимков Sentinel-2. Номера ледников даны в соответствии с КATALOGом ледников СССР.

**Полученные результаты.** В 60-х годах прошлого столетия в бассейне реки Чон-Кызыл-Суу насчитывалось 30 ледников [14]. Для анализа изменения площади ледников выбраны ледники, имеющие площадь более  $0,5 \text{ км}^2$ . Ледники с площадью менее  $0,5 \text{ км}^2$  в 60-х годах прошлого столетия к настоящему времени практически полностью исчезли или имеют площадь менее  $0,2 \text{ км}^2$ , из-за чего терялся смысл их дешифрировать. Результаты дешифрирования ледников бассейна р. Чон-Кызыл-Суу показали, что в 1965 году суммарная площадь ледников в этом речном бассейне была  $34,5 \text{ км}^2$ ; в 1999 г. -  $28,7 \text{ км}^2$ ; 2019 г. -  $27 \text{ км}^2$ . Площадь оледенения этого бассейна за период 1965-1999 г сократилась в среднем на 20%, с 1999 по 2019 год - на 11%. В период с 1965 по 2019 г площадь оледенения бассейна р. Чон-Кызыл-Суу в среднем сократилась на 28% (табл. 1).

Таблица 1. Сокращение числа и площади ледников в период 1965–2019 гг. в зависимости от их размеров

№ Ледника	Сокращение площади, км <sup>2</sup>			Сокращение площади, %		
	1965	1999	2019	1965/1999	1999/2019	1965/2019
243	0,7	0,6	0,5	10	17	25
244	0,9	0,6	0,5	27	20	41
245-248	1,3	0,8	0,7	38	12	46
249	1,4	1,2	1,1	12	8	19
250	1,8	1,6	1,5	12	6	17
253	1,7	1,2	1,1	27	13	36
254	2,8	2,6	2,5	8	4	12
255	3,1	2,4	2,3	23	3	25
256	3,2	2,8	2,6	13	5	18
257	3,1	2,7	2,5	11	8	19
260	3,8	2,8	2,7	26	4	29
261	1,1	0,9	0,9	18	1	19
265	3,2	2,6	2,4	20	6	25
267	5,9	5,6	5,3	6	4	10
268	0,7	0,4	0,4	38	10	42
<b>сумма</b>	<b>34,5</b>	<b>28,7</b>	<b>27</b>	<b>Ср.20</b>	<b>Ср.11</b>	<b>Ср.28</b>

Наибольшему сокращению подвергаются нижние зоны ледников, или так называемые языковые части ледников. Это фиксируется как по уменьшению площади этих участков ледников, так и по отступанию фронтальной линии ледников (рис. 3).

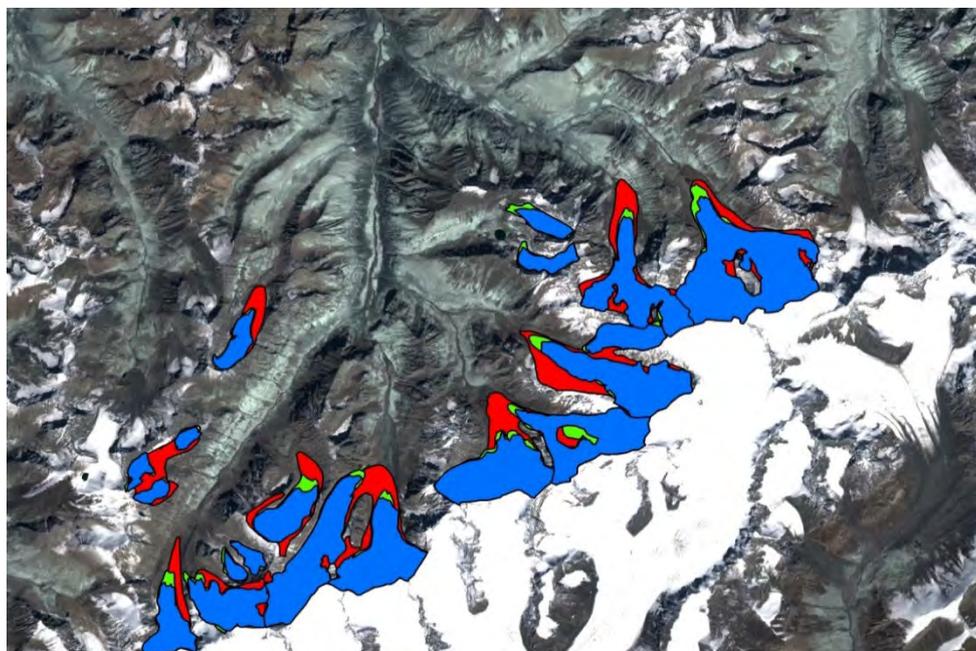


Рисунок 3 – Изменение размеров ледников бассейна реки Чон-Кызыл-Суу восточной части хр. Терской Ала-Тоо (фрагмент): выделенные красным цветом – ледники по состоянию на 1965 г.; зеленым цветом – по состоянию на 1999 г.; синим цветом – по состоянию на 2019 г. В качестве основы были использованы космоснимки Sentinel-2, с датой съемки - август 2019 г.

В целом нижние части ледников бассейна р. Чон-Кыл-Суу имели одинаковую скорость отступления. Детальный анализ отступления ледников был проведен на репрезентативной леднике Кара-Баткак. Линейное отступление языковой части этого ледника в период с 1967 по 2019 год составило 438 метров, в период с 1967 по 1977 год ледник отступил на 60 метров, что соответствует скорости отступления 6 метров в год. В период с 1977 по 1990 год ледник отступил на 73 метров, что соответствует скорости отступления 5,6 метров в год. В период с 1990 по 1996 год ледник отступил на 46 метров, скорость отступления – 7,3 метров в год. В период с 1996 по 2006 год ледник отступил на 75 метров, скорость отступления – 7,5 метров в год. В период с 2006 по 2018 гг. ледник отступил на 88 метров, скорость отступления – 8,0 метров в год. Таким образом, по результатам дешифрирования установлено, что за последние 50 лет ежегодное отступление этого ледника увеличилось с 5,4 до 8 метров в год. Особенно это активизировалось в последние 20 лет. Как результат, площадь ледника Кара-Баткак за этот период сократилась на 25% (рис. 4, табл. 1). На рисунке 4 графически показано линейное отступление языковой части ледника Кара-Баткак в разные годы периода с 1967 по 2018 год.

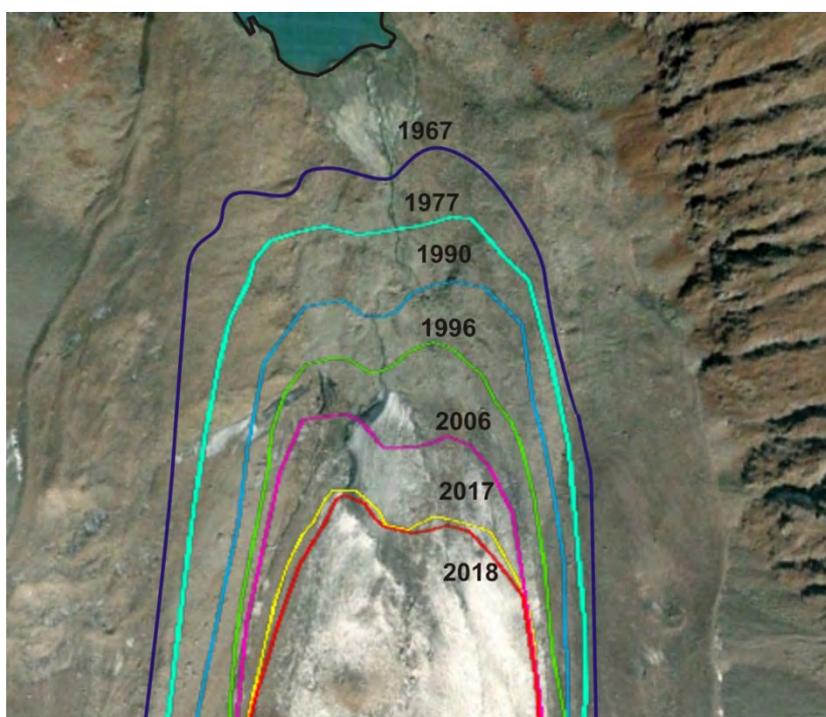


Рисунок 4 – Линейное отступление языка ледника Кара-Баткак в разные годы периода 1967-2018 г.

Результаты определения баланса массы наблюдаемого нами опорного ледника Кара-Баткак отправляются в глобальную базу данных Всемирной службы мониторинга ледников (Цюрих, Швейцария) [15].

Определение баланса массы ледника в конечном итоге является основной задачей комплексных гляциологических исследований, так как появляется возможность прогнозировать тенденции развития оледенения на ближайшее будущее. На рисунке 5 приведен график, показывающий динамику и тренд изменения баланса массы ледника Кара-Баткак за весь период наблюдений с 1957 и по 2019 год.

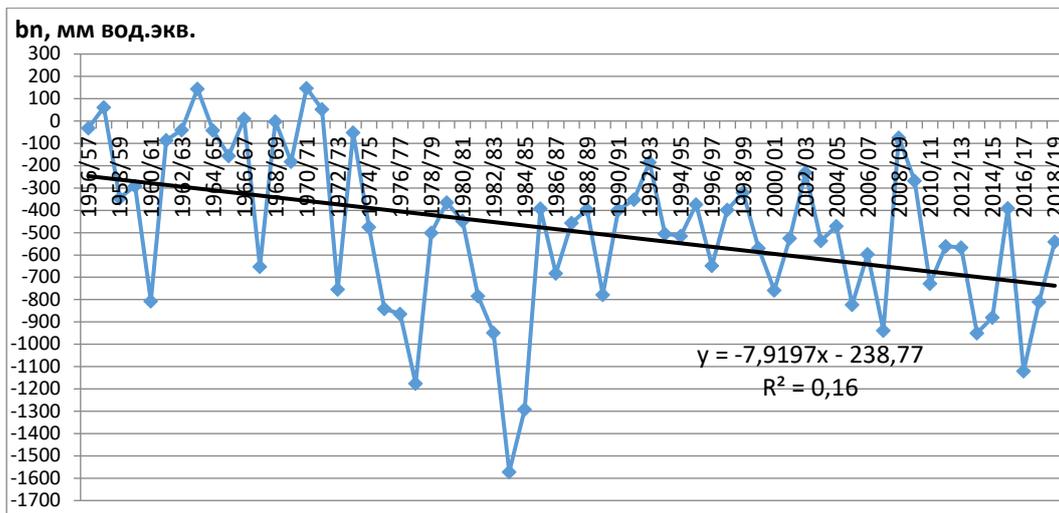


Рисунок 5 – Баланс массы ледника Кара-Баткак за 1957-2019 гг.: фактические измерения проводились в 1956/57-1997/98 и 2013/14-2018/19 балансовые годы; результаты реконструкции- за 1998/99-2012/13 балансовые годы (Губанов А.С., 2019). Прим. Этот график будет дополнен данными за 2019-2020 балансовые годы.

Из этого графика следует, что во всей этой серии измерений 1957-2019 гг. положительный бюджет ледника был только в 5 сезонах: 1957/58, 1963/64, 1966/67, 1970/71 и 1971/72 гг. Таким образом, оказалось, что за 60-летний период бюджет этого ледника в целом оказался отрицательным, его расход превышал приход почти на 86 млн. м<sup>3</sup>, что в слое стока со всей поверхности ледника составляло 28870 мм. В течение всего этого периода кумулята баланса массы Кара-Баткака была направлена вниз. Это означает, что, начиная с середины XX века, убыль его ледовых ресурсов носила более или менее постоянный характер. Но если, как и в большинстве горных систем Центральной Азии, до конца 1960-х гг. оледенение испытывало потери вещества относительно умеренными темпами. Однако начиная с 1970-х гг. в режиме ледника наступил резкий перелом, когда в 1973 г. и далее в течение нескольких лет подряд регистрировались аномально высокие температуры воздуха. Именно с этого времени наклон кумулятивной кривой баланса массы ледника резко увеличился, отражая кардинальное ускорение скорости сокращения вековых запасов льда.

В связи с усилением таяния ледников бассейна р. Чон-Кызыл-Суу происходило увеличение расходов в этой реке. Это наглядно показано на рисунке 6, где в качестве примера изменения баланса массы ледников взят ледник Кара-Баткак.

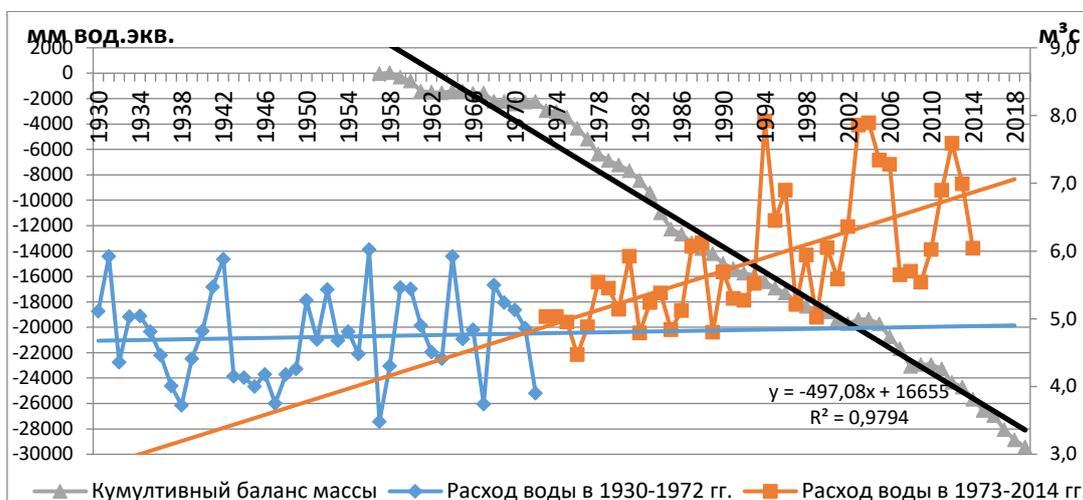


Рисунок 6 – Кумулятивный баланс массы ледника Кара-Баткак и среднегодовые расходы воды р. Чон-Кызыл-Суу в период с 1930 по 2014 гг.

Этот график показывает, что в течение всего интервала времени, начиная с 1930 г., имела место тенденция к возрастанию расходов р. Чон-Кызыл-Суу от модальных среднегодовых значений порядка 4,25 м<sup>3</sup>/с в начале периода до 6,45 м<sup>3</sup>/с в наши дни. При этом начальный, относительно устойчивый квазистационарный этап сменился в 1970-е гг. стадией прогрессирующего роста водности реки, что особенно ускорилось в две заключительные декады после 1994 г. На этой стадии в отдельные годы нормы расходов стали достигать 8 м<sup>3</sup>/с, чего не никогда не наблюдалось ранее на протяжении, по крайней мере, последних 90 лет. Безусловно, такая тенденция является характерной для всего Кыргызского Тянь-Шаня и сопредельных горных районов.

Судя по нисходящему тренду баланса массы ледника Кара-Баткак, в настоящее время он продолжает сокращаться, что наглядно подтверждается нашими натурными обследованиями этого ледника. В контексте с этим представляется несколько странным тот факт, что средние многолетние величины (нормы) стока главных рек Центральной Азии, в том числе Амударьи, Сырдарьи, Или за последние полвека, как минимум, оставались устойчивыми [16-19]. В течение того же периода, несмотря на значимое сокращение годовой аккумуляции снега на ледниках Тянь-Шаня [20], нормы атмосферных осадков и максимальных снегозапасов в зоне формирования стока также оставались сравнительно неизменными [17-25]. Не изменилось за этот период и внутригодовое распределение стока [26]. Все это дает основание предположить наличие в природе некоего компенсационного механизма. Однако этот механизм будет срабатывать только до неизбежного грядущего переломного момента, когда в связи со значительным уменьшением размеров ледников будет снижаться и его ледниковый сток.

**Заключение.** Полученные данные об изменениях оледенения бассейна реки Чон-Кызыл-Суу и баланса их массы на примере ледника Кара-Баткак за последние 50 лет подтверждают усиливающийся в последние десятилетия распад оледенения Тянь-Шаня, что, безусловно, связано с глобальным потеплением. За весь период наблюдений за ледником Кара-Баткак (с 1956 года по настоящее время) баланс его массы был преимущественно отрицательным, а с 70-х годов тренд его изменения в сторону отрицательных значений заметно усиливается. Начиная с середины 60-х годов прошлого столетия наблюдается тенденция к усилению темпов отступления ледника Кара-Баткак, и к настоящему времени площадь всего оледенения бассейна реки Чон-Кызыл-Суу уменьшилась на 28%, а репрезентативного ледника Кара-Баткак на 25%. На примере бассейна р. Чон-Кызыл-Суу показано, что в унисон с усилением таяния ледников увеличивается водность рек ледово-снегового типа питания. Сделан вывод о том, что при сохранении такой тенденции в обозримом будущем (счет может идти на первые десятки лет) неизбежно произойдет переломный момент: при уменьшении размеров ледников до критических значений расходы рек ледово-снегового типа питания будут уменьшаться, что приведет к уменьшению водности большинства рек на территории КР, а также - к понижению уровня озера Иссык-Куль.

### Литература

1. Голубева Г.Н. Гидрология ледников. Л.: Гидрометеиздат. 1976. 247 с.
2. Болх Т., Марченко С.С. Значение ледников, каменных глетчеров и богатой льдом мерзлоты Северного Тянь-Шаня как водонапорной башни в условиях изменения климата // Снежно-ледовые и водные ресурсы высоких гор Азии: Материалы Междунар. семинара «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии», г. Алматы, 28–30 ноября 2006 г. / Ред. И.В. Северский. Алматы. 2007. С. 215–229.
2. Aizen V.B., Aizen E.M., Melack J.M. Precipitation, melt and runoff in the northern Tien Shan // Journ. of Hydrology. 1996. V. 186. P. 229–251.
3. Bolch T. Climate change and glacier retreat in northern Tien Shan (Kazakhstan Kyrgyzstan) using remote sensing data // Global and Planetary Change. 2007. V. 56. P. 1–12.

4. Solomina O., Barry R., Bodnya M. The retreat of Tien Shan glaciers (Kyrgyzstan) since the Little Ice Age estimated from aerial photographs, lichen metric and historical data // *Geogr. Annals. A.* 2004. Vol. 86. P. 205–216.
6. Кутузов С.С. Изменение площади и объёма ледников хр. Терской Ала-Тоо во второй половине XX в. // *Лёд и Снег.* 2012. № 1 (117). С. 5–14.
5. Aizen V.B., Kuzmichenok V.A., Surazakov A.B., Aizen E.M. Glacier changes in the Tien Shan as determined from topographic and remotely sensed data // *Global and Planetary Change.* 2007. V. 56. P. 328-340.
6. Ding Y., Liu S., Li J., Shangguan D. The retreat of glaciers in response to recent climate warming in western China // *Annals of Glaciology.* 2006. V. 43. P. 97–105.
7. Эрменбаев Б., Ерохин С. Скорости линейного отступления и факторы регресса горно-долинных ледников Тянь-Шаня. ASA Regional Workshop on Roles of Academies of sciences Water and energy problems. 2011. P. 95-98.
8. Гляциологический словарь / Под ред. В.М. Котлякова. Л.: Гидрометеиздат. 1984. 528 с.
9. Авсюк Г.А. Искусственное усиление таяния льда и снега горных ледников. М.: Труды Института географии АН СССР. 1953. Т. 56. С. 5-43.
10. Цыкин Е.Н. Приход вещества в фирновых зонах ледников: (Метод изучения с помощью термозондирования). М.: Изд-во АН СССР. 1962. 95 с. (Гляциология, IX раздел программы МГГ, № 8).
11. Шумский П.А. Основы структурного ледоведения. М.: изд-во АН СССР. 1955, 492 с
12. Каталог ледников СССР. Т. 14. Средняя Азия. Вып. 2. Киргизия. Ч. 5. Реки бассейна оз. Иссык-Куль. Л.: Гидрометеиздат. 1976. С. 58-59.
13. Всемирный каталог ледников <http://wgms.ch/latest-glacier-mass-balance-data/>
14. Aizen V.B., Aizen E.M., Malock J.M., Dozier J. Climate and Hydrologic Changes in the Tien Shan, Central Asia // *Journal of Climate,* 1997. Vol. 10, No. 6, pp.1393-1404.
15. Глазырин Г.Е. Сведения о системе гидрометеорологического мониторинга в Узбекистане // Снежно-ледовые и водные ресурсы высоких гор Азии. Материалы Междунар. семинара «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии» (г. Алматы, 28-30 ноября 2006 г.). Алматы. 2007. С. 151-176.
16. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. Ташкент: САНИГМИ. 2000. 252 с.
17. Severskiy I.V., Kokarev A.L. Severskiy S.I., Tokmagambetov T.G., Shagarova L.V. Contemporary and prognostic changes of glaciation in Balkhash Lake basin. Almaty. 2006. 68 p.
18. Котляков В.М. Снежный покров и ледники Земли. Избранные сочинения. Кн. 2. М.: Наука. 2004. 447 с.
19. Благовещенский В.П., Пиманкина Н.В. Колебания снежности в горных районах Юго-Восточного Казахстана // *Гидрометеорология и экология.* 1997. № 3. С. 187-197.
20. Артемьева С.С., Царев Б.К. Климатические изменения зимнего периода в горах Западного Тянь-Шаня // *ГЕОРИСК. Материалы междунар. симп. «Геологический риск: оценка и уменьшение», г. Ташкент, 16-19 сент. 2003 г.* Ташкент: Гидроингео. 2003. С. 138-142.
21. Браун Л., Хааг В. Современное и будущее воздействие снежного покрова и ледников на сток в горных районах - сравнение между Альпами и Тянь-Шанем // Снежно-ледовые и водные ресурсы высоких гор Азии. Материалы Междунар. семинара «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии» (г. Алматы, 28-30 ноября 2006 г.). Алматы. 2007. С. 64-76.
22. Пиманкина Н.В. Тенденции изменения характеристик снежности казахстанской части Тянь-Шаня за последние 30 лет // *Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан.* Алматы. 1998. С. 75-79.
23. Пиманкина Н.В. Снежный покров как рекреационный ресурс гор Юго-Восточного Казахстана // *Вестник КазГУ, Сер. геогр.* 2000. № 2. С. 162-170.
24. Гальперин Р.И. К вопросу об изменении речного стока с северного склона Заилийского Алатау // *Вестник КазНУ, Сер. геогр.* 2003. № 1 (16). С. 22-27.

**ОБ ОПОЛЗНЯХ ЧАРВАКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

Ядигаров Э.М., Хусомиддинов А.С., Ёдгоров Ш.И.  
*yadigarov1987@mail.ru*

Институт сейсмологии Академии наук РУз, г. Ташкент, Республика Узбекистан

*Аннотация. В статье рассматриваются особенности влияния строительства и эксплуатации Чарвакского водохранилища на геодинамическую обстановку. Анализ материалов инженерно-геологических изысканий на территории Бричмуллинской впадины и в ее горном обрамлении в 1953-1955 годах для обоснования строительства Чарвакского водохранилища свидетельствует о наличии в районе разных по размерам оползневых участков. С вводом в эксплуатацию Чарвакского водохранилища наблюдалась активизация оползневых процессов на побережье и в высоких долинах впадающих в водохранилище рек. Активизация оползневых процессов вокруг Чарвакского водохранилища связана с изменением режима эксплуатации водохранилища и геодинамического состояния Бричмуллинской впадины. Следовательно, можно заключить, что напряженное состояние массивов горных пород вокруг Чарвакского водохранилища нарушено строительством и эксплуатацией водохранилища.*

*Ключевые слова: водохранилище, оползень, геодинамика, опасные геологические процессы, инженерная геология.*

Водохранилища приносят большую пользу в экономическую выгоду стране, они, в тоже время, негативно влияют на окружающую природу и в том числе на геологическую среду - изменяют инженерно-геологические и гидрогеологические условия. Так, после преграждения русла реки происходят затопления водой новых территорий, возникают статические и динамические нагрузки на основании русла. При этом соответственно происходит образование новых и активизация уже существующих оползней [1-5]. Большое внимание к себе привлекают оползни в зонах действующих крупных горнотехнических и ирригационных сооружений, где они достигают больших масштабов. Причина формирования оползней на горных водохранилищах заключается в большой величине сработки (60-80 м) уровня воды. Угроза от оползней на берегах водохранилища состоит в том, что в случае смещения большой массы пород может образоваться высокая волна, которая разрушит объекты на берегу водохранилища, а также, возможно, частично разрушит плотину и перекроет входной портал водохранилища, что приведет к уменьшению его полезного объема [6].

В 1970 г. закончилось строительство Чарвакской плотины высотой 167 м и началось затопление Бричмуллинской впадины и наполнение Чарвакского водохранилища на площади около 40 км<sup>2</sup> и объемом 2.0 млрд. м<sup>3</sup>. В эти годы вокруг кольца Чарвакского водохранилища и к зонам отдыха началось строительство новых и реконструкция старых автомагистралей.

Анализ материалов инженерно-геологических изысканий на территории Бричмуллинской впадины и в горных обрамлениях в 1953-1955 годах (для обоснования строительства Чарвакского водохранилища) свидетельствует о наличии в районе разных по размерам и площади развития оползневых участков. Контуры всех изученных оползневых участков (кроме древнего оползня Бешкайрагачсай) расположены выше прогнозируемого уровня проектируемого водохранилища. Оползневые участки в основном приурочены к склонам крупных водотоков, таких как Чирчик, Чаткал, Пскем. Общая площадь оползневых участков в районе исследования в 1955 году составила 754.5 км<sup>2</sup>.

С вводом в эксплуатацию Чарвакского водохранилища наблюдается активизация оползневого процесса в высоких долинах боковых саев и крупных водотоков. В период с

1984 по 2012 гг. Государственная служба Республики Узбекистан по слежению за опасными геологическими процессами (ГСС) увеличила число постов наблюдения вокруг территории Чарвакского водохранилища. На рисунке 1 приведены результаты площадного исследования оползневых полей в 1984-2012 гг. Установлена общая площадь оползневых полей составила 1943.0 км<sup>2</sup>.

Современный облик оползневых полей вокруг Чарвакского водохранилища приведен на рисунке 1. В настоящее время общая площадь оползней в долинах рек и их притоков в горном обрамлении Чарвакского водохранилища составляет 4932.3 км<sup>2</sup>.

Исследования за состоянием каждого оползневых тел в районе продолжаются, и наблюдается активизации склоновых процессов.

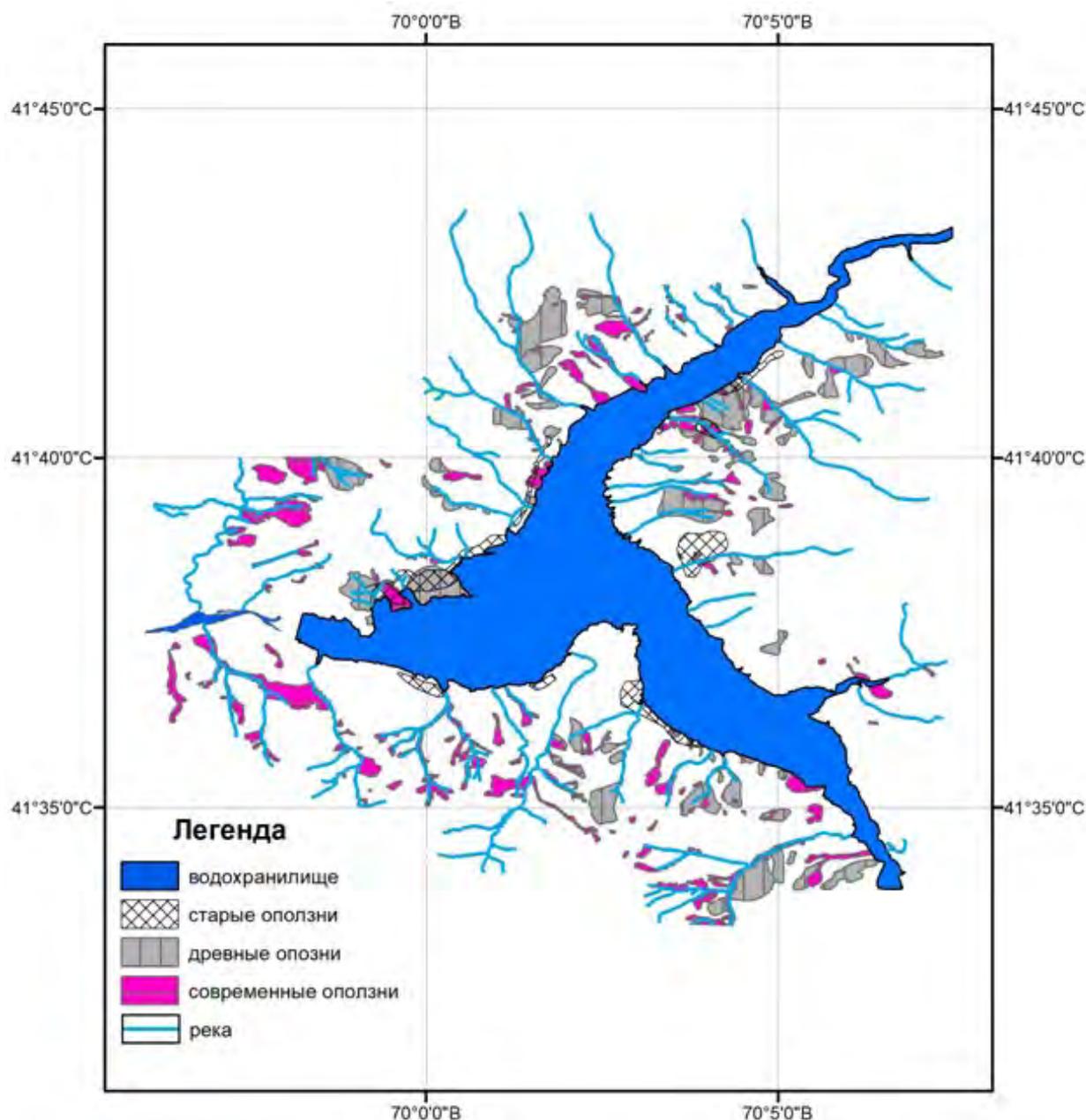


Рисунок 1 – Схематическая карта современных оползневых полей в районе Чарвакского водохранилища по данным инженерно-геологических исследований ГСС Госкомгеологии РУз

Таким образом, анализ материалов площадных исследований показывает, что активизация оползневых процессов вокруг Чарвакского водохранилища связана с изменением геодинамического состояния Бричмуллинской впадины. Следовательно, можно

заключить, что напряженное состояние массивов горных пород вокруг Чарвакского водохранилища нарушено строительством и эксплуатацией водохранилища.

### Литература

1. Джураев Н.М. О геоэкологических условиях территории строительства гидротехнических сооружений // Экологический вестник. Ташкент. 2012. № 3. С. 41-45.
2. Герасимова А.С., Королев В.А. Проблемы устойчивости геологической среды к техногенным воздействиям // Гидрогеология и инженерная геология. Обзор. М. 1994. 47 с.
3. Ёдгоров Ш.И., Хусомиддинов А.С., Курбонов Б., Джураев Н., Магдиев Х. Исследования геоэкологических и инженерно-геологических условий территорий водохранилищ на базе GIS и GPS технологий (на примере Чарвакского водохранилища) // Экологический вестник Узбекистана. 2017. № 8. С. 45-49.
4. Туйчиева М., Джураев Н., Ёдгоров Ш.И., Хусомиддинов А.С., Туйчиев М. Основные проблемы рационального использования и охрана геологической среды в Узбекистане // Экологический вестник Узбекистана. 2017. № 4. С.10-13.
5. Qurbanov B.T., Yodgorov Sh.I., Khusomiddinov A.S. Research of engineering-geological conditions of reservoirs located in the high-seismic zone of Uzbekistan, using GIS technologies and remote sensing materials (on the example of the south Surkhan reservoir) // International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences. 2019. 9 (3). P. 14-30.
6. Бимурзаев Г.А. Исследования причин проявления и развития оползней на берегах водохранилища в горных и предгорных зонах Ташкентской области // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. Вып. 7: Материалы Междунар. конф. «Современные проблемы сейсмологии, гидрогеологии и инженерной геологии», посвящ. 100-летию академика Г.А. Мавлянова. Т. 3. Ташкент. 2010. 202 с.

---

## **МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ**

---

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНОВЫХ СМЕННО-СУТОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА (ГТК)

Абдизамилов Э.У., Александров В.Г.

*erlan.abdizhamilov@gmail.com*

ОсОО Blast Maker, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация. В настоящей работе приведена модель сменно-суточных затрат, приведены расчётные модели параметров ГТК, описаны критерий и решение задачи локальной оптимизации плановых сменно-суточных параметров ГТК. В работе так же приведён анализ технико-экономической эффективности предложенного метода планирования в сравнении с фактическими производственными показателями.*

*Ключевые слова: горнотранспортный комплекс, сменно-суточный план грузоперевозок, оптимальные параметры, вскрыша, добыча, себестоимость грузоперевозок.*

### 1. Постановка задачи

Горнотранспортный комплекс (ГТК) состоит из множества  $N_э$  экскаваторов и  $N_a$  самосвалов. Множества экскаваторов и самосвалов составляют подмножества классов:  $N_э = \{N_{э1}, N_{э2}, \dots, N_{эj}, \dots, N_{эJ}\}$ ,  $N_a = \{N_{a1}, N_{a2}, \dots, N_{ai}, \dots, N_{aI}\}$ , где  $j, i$  – номера классов технических средств, которые определяются номинальной вместимостью ковша -  $m_{kj}$  экскаватора и кузова -  $m_{ai}$  самосвала соответственно.

Каждый экскаватор -  $n_{э\alpha} \in N_э$  ( $\alpha = [1, N_э]$ ) в конкретный день имеет своё рабочее местоположение на карьерном поле и конкретные места складирования отработанного горного материала -  $C_{\alpha\sigma_\alpha}$  (отвалы вскрышной породы, уравнильные склады полезного ископаемого, склады обогатительной фабрики). Для каждого экскаватора определены кратчайшие маршруты на транспортном графе карьера или разреза до мест складирования отработанных материалов.

#### 1.1. Локальная задача оптимизации параметров экскаваторно-транспортной колонны (ЭТК)

Положим для определённости, что каждому экскаватору соответствует одно место складирования и расстояние до него составляет -  $L_\alpha$  километров.

Пусть для каждого экскаватора -  $n_{э\alpha}$  определен план сменно-суточной отработки горного материала -  $M_{п\alpha}$  [тонн] за плановый временной период -  $T_п$  [час] и задана предельная величина суточной транспортно-выемочной удельной себестоимости -  $S$  [рублей/тонну].

Под локальной задачей будем понимать оптимизацию параметров ЭТК, состоящего из одного экскаватора типа –  $j$  и колонны  $N_{aij}$  самосвалов типа –  $i$ .

##### 1.1.1. Модель суточных затрат на выемочно-транспортные работы

Математическую структуру модели образуют часовые затраты: стоимость горючего, израсходованного на перевозку плановой массы горного материала -  $Z_{rij} = c_e q_e m_{aij} v_{aij}^2 (1 + \alpha)$ ; затраты, связанные с обеспечением готовности транспортных средств ГТК -  $Z_{тrij} = a_0 + a_1 \exp(-a_2 m_{aij})$ ; затраты, связанные с работой экскаватора -  $10^3 4,5 \ln(m_{kj} + 1) T_п$ .

Таким образом, модель суточных затрат -  $Z_{ij}$  на выполнение заданной суточной добычи угля описывается следующим выражением:

$$Z_{ij} = \left[ 0, 5 c_e m_{ain} v_{aij}^2 [q_{ei} k_{zi} + 0, 73 (q_{ei} + q_{in})] + [a_0 + a_1 \exp(-a_2 m_{ain})] \right] T_п N_{aij} + [10^3 4, 5 \ln(m_{kj} + 1)] T_п, \quad (1)$$

где  $N_{aij} = \frac{2Lk_n m_{kj}}{k_3 m_{aij} v_{aij} t_{ц}}$  – это суточное количество самосвалов  $i$ -го типа для обслуживания экскаватора  $j$ -го типа.

Поясним смысл и значения переменные выражения (2) на примере данных Никольского разреза:

$T_{п} = 20$  часов – плановое время суточного цикла;

$L$  – плечо возки от пункта погрузки до пункта разгрузки, км;

$c_e = 50$  руб./л – стоимость 1-го литра горючего, руб./л;

$q_e = 5,218 \times 10^{-4}$  – удельные путевые затраты горючего,  $\frac{\text{л}}{\text{МДж}\cdot\text{час}}$ ;

$\alpha = 0,73$  – коэффициент перевода заводской номинальной массы загрузки кузова самосвала в массу самого самосвала;

$a_0 = 4000 \frac{\text{руб}}{\text{час}}$ ,  $a_1 = 7245$ ,  $a_2 = 0,0145$  – коэффициенты аппроксимации функции затрат на обеспечение технической готовности машины, определялись расчётным путём как разность фактически часовых затрат и часовых теоретических затрат на горючее для каждого класса самосвалов;

$k_n^{\text{фак}} = 0,45$ ;  $k_n^{\text{opt}} = 0,5$  – фактическое и оптимальное значения коэффициента наполнения ковша экскаватора.  $k_n^{\text{фак}}$  рассчитан по фактическим данным черпания и перевозки,  $k_n^{\text{opt}}$  задан как нормативная величина;

$k_3^{\text{фак}} = 0,87$ ;  $k_3^{\text{opt}} = 0,9$  – фактическое и оптимальное значения коэффициента заполнения кузова самосвала.  $k_3^{\text{фак}}$  рассчитан по фактическим данным черпания и перевозки,  $k_3^{\text{opt}}$  задан как нормативная величина;

$t_{ц} = 0,00963$  час – длительность цикла черпания-выгрузка-черпание, хронометражные данные.

Фактические суточные затраты на вскрыше за ноябрь(экс. №2)



Фактические суточные затраты на добыче за ноябрь(экс. №2)

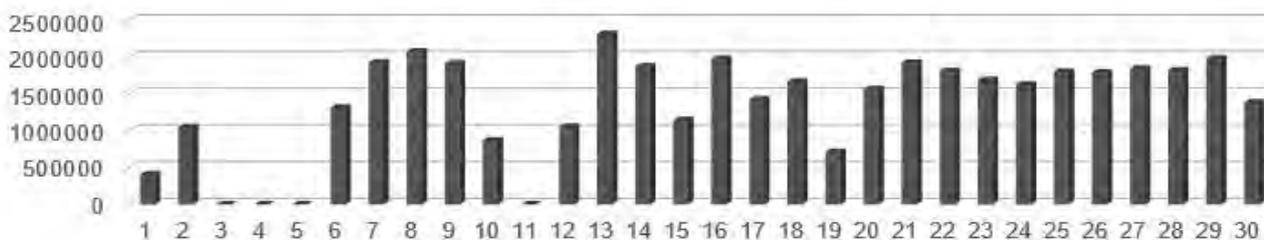


Рисунок 1.1 – Фактические суточные затраты(в руб.) по видам работ за ноябрь месяц 2019 года (данные из Никольского разреза)

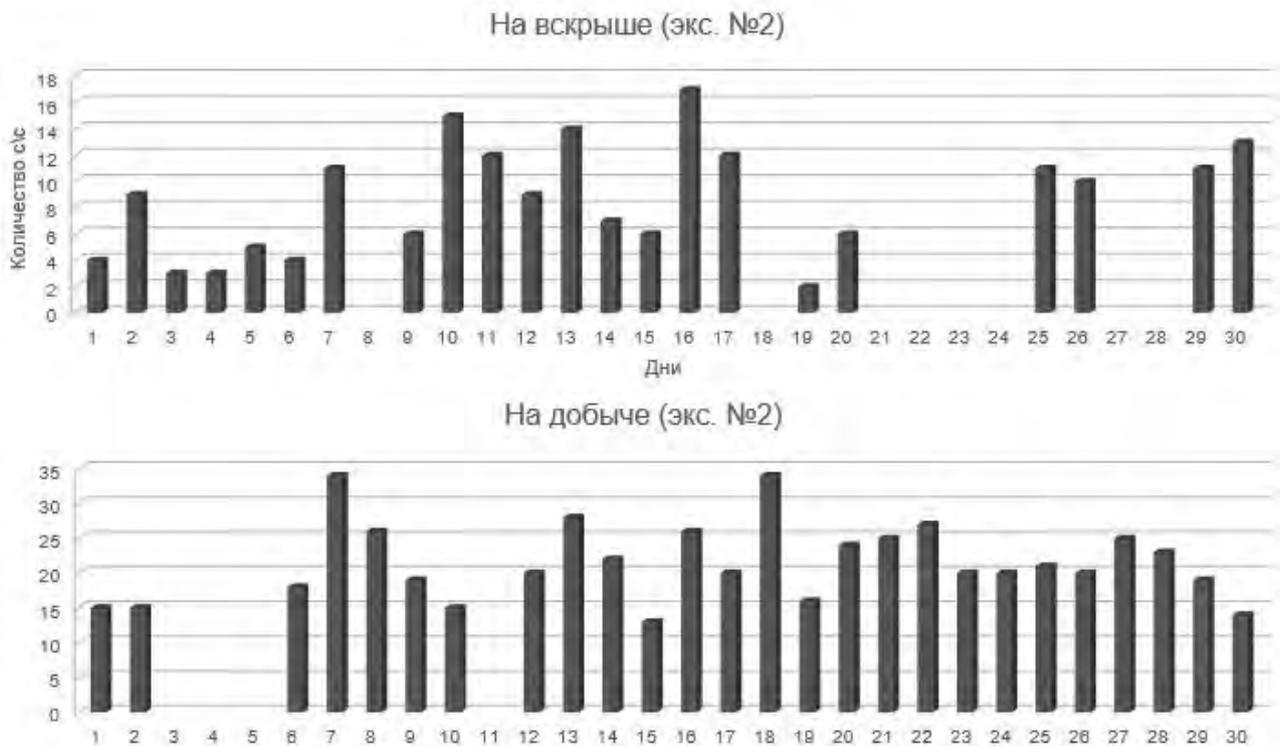


Рисунок 1.2 – Фактическая суточная численность(шт) самосвалов прикрепленных к экскаватору по видам работ за ноябрь месяц 2019 года

1.1.2. Критерий оптимальности решения задачи планирования сменно-суточных параметров ЭТК

Будем оценивать эффективность плана  $ij$ -го ЭТК суммой квадратов относительных отклонений суточных затрат -  $Z_{ij}$  на погрузочно-транспортные работы и их объёмов -  $M_{ij}$  от их плановых значений  $Z_{пj}$  и  $M_{пj}$ :

$$I_{ij} = \left(1 - \frac{Z_{ij}}{S_{пj}M_{пj}}\right)^2 + \left(1 - \frac{M_{ij}}{M_{пj}}\right)^2. \quad (2)$$

Эффективными будут считаться такие плановые параметры автоколонны из  $i$ -го типа самосвалов  $(v_{aij}, N_{aij})$  при  $j$ -ом экскаваторе, которые доставляют минимум функции (2), при заданной номинальной ёмкости ковша экскаватора -  $m_{kj}$ , плане выемочных работ -  $M_{эj}$ , плановом времени -  $T_{пj}$ , длительности цикла черпание-выгрузка -  $t_{ц}$  и плеча возки -  $L_j$ :

$$\min_{v_{aij}, m_{aij}, N_{aij}} \left[ \left(1 - \frac{Z_{ij}}{S_{пj}M_{пj}}\right)^2 + \left(1 - \frac{M_{ij}}{M_{пj}}\right)^2 \right]. \quad (3)$$

Решение задачи (3) будем искать в дискретной области изменения номинальной грузоподъёмности самосвалов -  $m_{aij} \in \mathbb{M} = [m_a^{min}, m_a^{max}]$ .

В результате решения задачи (3) будут определены оптимальные сменно-суточные плановые значения  $ij$ -го ЭТК: средняя скорость движения -  $v_{aij}$ , численность самосвалов -  $N_{aij}$   $i$ -го типа, коэффициенты наполнения ковша -  $k_n$  и загрузки самосвала -  $k_3$ .

## 2. Расчёт оптимальных плановых значений сменно-суточных параметров ЭТК

2.1. Из решения задачи (3) получены следующие математические выражения для расчёта оптимальных плановых значений сменно-суточных параметров ЭТК:

А. оптимальная скорость движения самосвалов  $i$ -го типа при  $j$ -ом типе экскаватора:

$$v_{aij}^{opt} = \sqrt{\frac{a_0 + a_1 \exp(-a_2 m_{aij})}{0,5 c_e m_{aij} [q_{ei} k_{3i} + 0,73 (q_{ei} + q_{in})]}}. \quad (4)$$

В. Оптимальное количество самосвалов  $i$ -го типа при  $j$ -ом типе экскаватора:

$$N_{aij}^{opt} = \frac{2Lk_i m_{kj}}{k_s m_{aij} v_{aij}^{opt} t_{ц}} \quad (5)$$

Учитывая выражения (4), (5) рассчитаны оптимальная скорость движения самосвалов по их типам (рис. 2.1.) и оптимальная суточная численность самосвалов для выполнения сменно-суточного плана (рис. 2.2.) по видам работ.

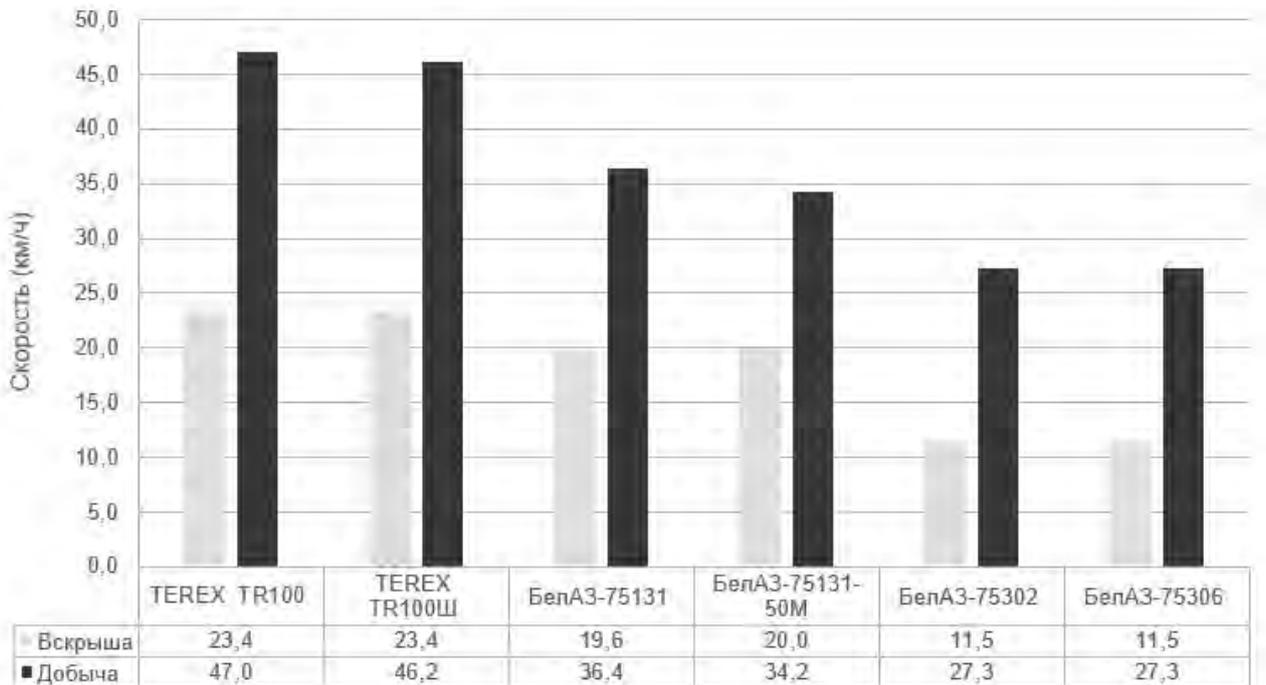
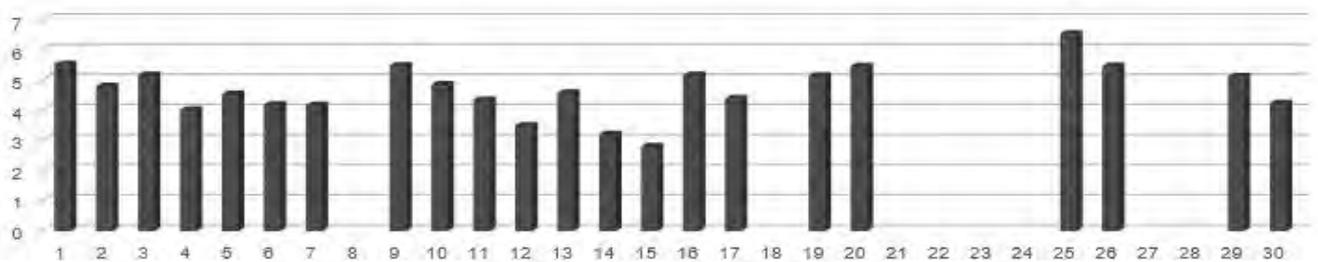


Рисунок 2.1 – Расчётная оптимальная скорость по типам самосвалов и видам работ

### Оптимальная суточная численность оптимального с/с

На вскрыше (экс. №2) - БелАЗ-75302



На добыче (экс. №2) - БелАЗ-75131-50М

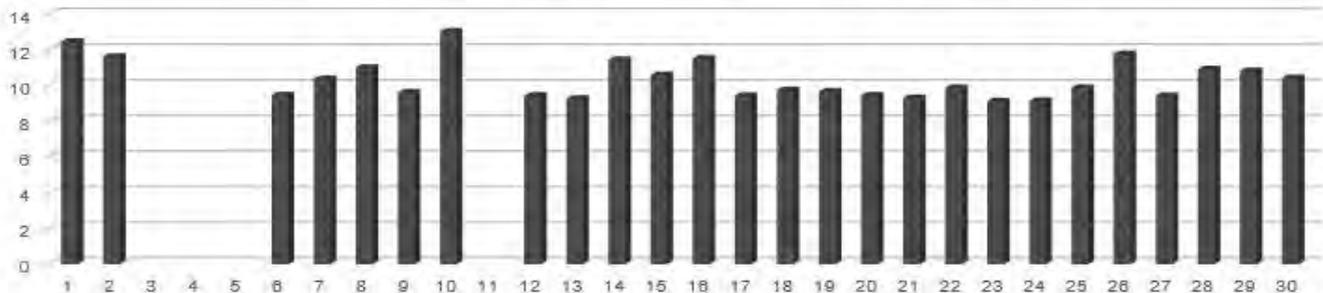


Рисунок 2 – Расчётная потребность суточной численности(шт) самосвалов оптимального типа по видам работ

### 3. Результаты расчетов и выводы.

Среднемесячная оптимальная себестоимость грузоперевозок по видам работ, типам самосвалов и экскаваторов							
	Тип с/с / № экс.	TEREX TR100	TEREX TR100Ш	БелАЗ-75131	БелАЗ-75131-50М	БелАЗ-75302	БелАЗ-75306
Вскрыша	№2	13,9	13,9	14,8	11,3	10,7	10,7
	№7	17,5	15,3	11,3	10,9	10,6	10,6
Добыча	№2	7,8	7,0	9,2	5,7	5,8	5,7
	№7	8,2	7,3	7,5	5,6	5,6	5,7

Средняя модельная себестоимость по видам работ	
Вскрыша	12,8
Добыча	6,6

Эффективность оптимизации параметров грузоперевозок ГТК	
Вскрыша	15%
Добыча	16%

Рисунок 3.1 – Результаты технико-экономического анализа оптимальных параметров ГТК по видам самосвалов, экскаваторов и видам работ (ед. измер. руб.). Во второй таблице указана фактическая себестоимость перевозки 1 тонны груза на 1 км. В последней таблице указана экономическая выгода использования оптимальных параметров ГТК в отношении фактической себестоимости

#### Выводы:

- ✓ Подтверждена теоретическая адекватность модели затрат на погрузочно-транспортные работы.
- ✓ Для фактических суточных объёмов грузоперевозок определён рациональный количественный и качественный состав транспортной колонны для экскаваторов №2 и №7: БелАЗ-75131-50М – 8 машин; БелАЗ-75302(306) – 12-18 машин.
- ✓ Ожидаемое снижение себестоимости 1-го тонно-километра грузоперевозки в среднем составляет (15-16) %.
- ✓ Самосвалы типа TEREX и БелАЗ-75131 рационально использовать на коротких грузоперевозках, что может быть экономически выгодно при обслуживании ленточного транспортёра угля.

#### 4. Заключение

- Выполненное исследование показало целесообразность оптимизации сменно-суточных параметров грузоперевозки ГТК и необходимость диспетчерского управления исполнения плана с целью минимизации затрат.
- Необходима производственная экспериментальная проверка полученных теоретических выводов.

#### Литература

1. Отчёт по рейсам (ноябрь 2019 г.) Никольского разреза по экскаваторам №2 и №7.
2. Статистика по эксплуатационным затратам технических средств ГТК Никольского разреза - 2019.
3. Суточный рапорт производства работ по АО «Разрез Тугнуйский» за 01.01.2020.
4. Михайлов П.М. Итоговая аттестационная работа слушателя по теме «Повышение эффективности производства путём совершенствования системы оперативного планирования и управления горно-транспортным комплексом на АО «Разрез Тугнуйский»». М. 2020

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «МУСТАКИЛЛИКНИНГ 25 ЙИЛЛИГИ» (ГАДЖАК) СУРХАНДАРЬИНСКОГО РЕГИОНА**

Арслонхонов К.А., Юсупхужаев С.С., Расулов Б.Б.

*arslonxonovqosimxon02@gmail.com*

АО «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», г. Ташкент,  
Республика Узбекистан

*Аннотация. Работа выполнена с целью повышения эффективности геологоразведочных работ по продуктивным (XV, XVa, XVI) горизонтам верхнеюрских карбонатных отложений месторождения «Мустакилликнинг 25 йиллиги» (Гаджак). Проведен детальный анализ результатов глубокого разведочного бурения, предложены способы повышения эффективности соляно-кислотной обработки. Актуальность работы обусловлена необходимостью охвата обширной части газоносной залежи и определения продуктивности имеющихся в них горизонтов.*

*Предложенные в статье рекомендации будут способствовать более детальному изучению сложностроенных коллекторов, определению продуктивности горизонтов и газоносности залежей.*

*Ключевые слова: порода, отложения, залежь, нефтегазоносность, месторождение, коллектор, трещиноватость, керн, сейсморазведка, складчатость.*

В административном отношении месторождение «Мустакилликнинг 25 йиллиги» (Гаджак) расположено в Байсунском районе Сурхандарьинской области в 20 км к юго-востоку от райцентра г. Байсун (рис .1) [1].

Геологоразведочные работы по разведке подсолевых юрских отложений на Гаджакской площади начаты в 1971 году. Газовая залежь верхней юры на Гаджакском месторождении была открыта третьей пробуренной скважиной, вскрывшей подсолевые отложения. Глубокое разведочное бурение и опробование скважин осуществляется ОАО «Сурхан пармалаш ишлари» [2].

Сейсморазведочные работы 3Д на площади «Мустакилликнинг 25 йиллиги» (Гаджак) были проведены сейсморазведочной партией №1/2006-2008, согласно проекта о совместном изучении Байсунского инвестиционного блока Сурхандарьинского региона, подписанного 03.10.2005г между компанией "Узбекнефтегаз" и компанией "Петронас Чаригали Оверсиз СДН. БХД". Сейсморазведочные данные были обработаны компанией CGG Veritas (Veritas Geophysical APAC Pte Ltd) в обрабатывающем центре в Сингапуре с использованием программных комплексов TANGO и VEGA. обработаны в ОАО "Узбекгеофизика" в вычислительном центре ПГМП по программе «ГЕОБЕКТОР ПЛЮС» с включением модуль куб сигналов суммирования. Общая площадь полнократной съемки 3Д составляет 262 кв.км.

Согласно полученной карте структура «Мустакилликнинг 25 йиллиги» (Гаджак) по кровле подсолевого комплекса (XV горизонт), представляет собой крупную брахиантиклиналь северо-западного простирания, по изогипсе -2800м размерами 17,6x10,5км и высотой 730м. По кровле XVa горизонта, размеры по изогипсе -2950м составляют: длина 15,6м, ширина около 9км, высота 350м.

В районе скважины 15, в подсолевом этаже структуры выделяется малоамплитудное субмеридиальное нарушение, протягивающееся в сторону скважины 45 и угасающее вблизи нее. Это нарушение не проявляется в вышележающих горизонтах (возможно, кимериджская складчатость). Максимальная амплитуда нарушения около 100м.

На сегодняшний день на площади «Мустакилликнинг 25 йиллиги» (Гаджак)-Баянгора пробурены 33 скважины, в том числе 27 скважин непосредственно на (Мустакилликнинг 25 йиллиги (Гаджак) и 6 скважин на Баянгоре (1, 2, 4, 20, 21, 22).

На месторождении «Мустакилликнинг 25 йиллиги» (Гаджак) пробурено 27 скважин, из них 15 скважин (3, 6, 8, 14, 15, 17, 18, 19, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46) вскрыли верхнеюрские отложения, причем подсолевые карбонаты келловой-оксфорда только 8 скважин (6, 14, 15, 18, 19, 40, 45 и 46). В каждой из них получены притоки сернистого газа различного дебита.

### КАРТА ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СУРХАНДАРЬИНСКОГО РЕГИОНА Масштаб 1:500000

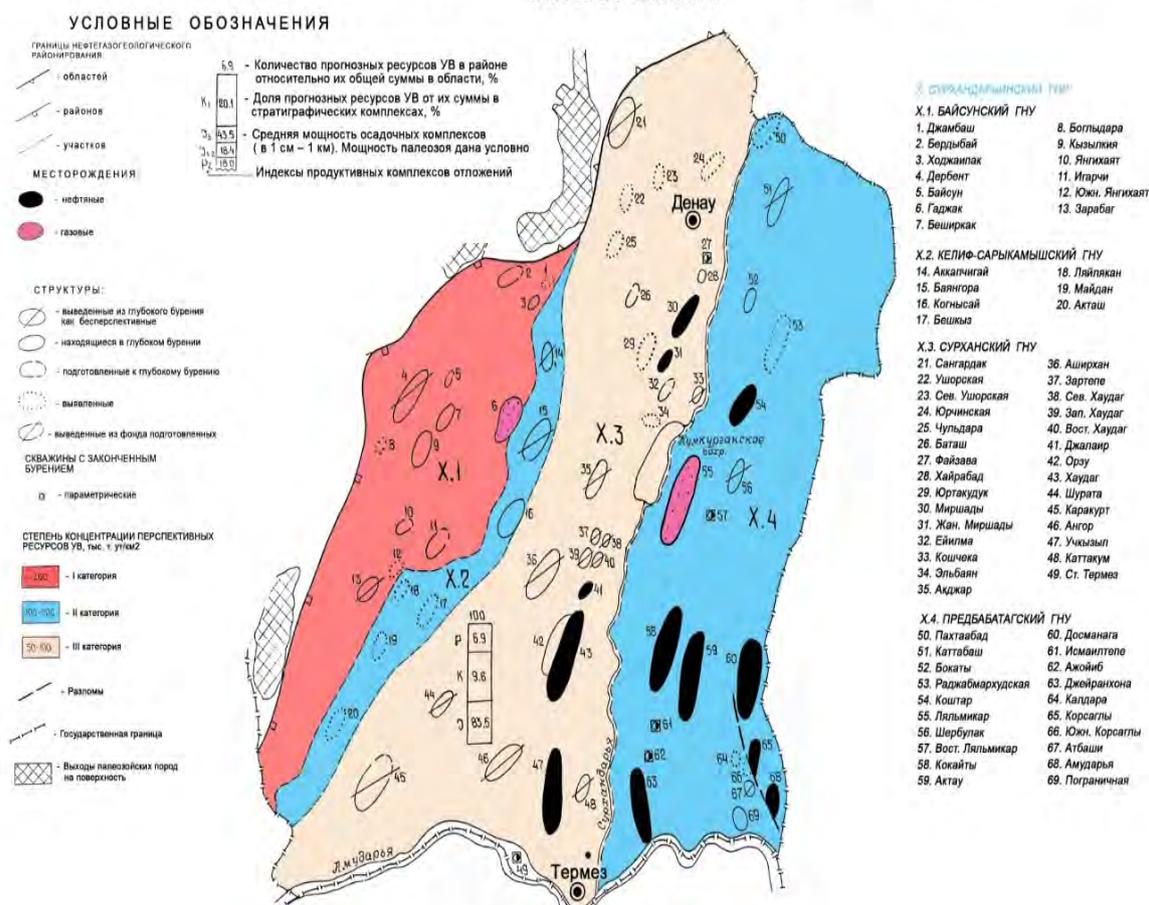


Рисунок 1 – Карта перспектив нефтегазоносности Сурхандарьинского региона

В 2009 году на основе новых данных, полученных в результате проведения на месторождении «Мустакилликнинг 25 йиллиги» (Гаджак) сейсморазведки 3D, специалистами ОАО «Узбекгеофизика» по заказу компании PETRONAS был выполнен подсчет запасов газа по этому месторождению.

В результате геологоразведочных работ, проведенных на «Мустакилликнинг 25 йиллиги» (Гаджак) месторождении, выявлена крупная газовая залежь в сульфатно-карбонатных образованиях верхней юры [3].

#### В связи с этим нами рекомендуется:

1. Продолжить разведочное бурение со вскрытием горизонтов на полную мощность, включая XVI горизонт, из которого в скважине 40 получен приток газа.

2. Пробурить хотя бы одну скважину с полным отбором керна по продуктивным горизонтам с последующим комплексом исследования представленных образцов современными лабораторными методами. В бурящихся скважинах предусмотреть проведение полного комплекса ГИС, включая ГГК и АК по затуханию много-зондовыми БК и ИК для детального изучения низко-пористых сложно-построенных коллекторов.

3. На результаты исследования разведочных скважин) месторождения «Мустакилликнинг 25 йиллиги» (Гаджак) большое влияние оказывает глинизация и цементация при забойной скважинной зоны, возникающей за счет применения тяжелых цементных и глинистых растворов при большом этаже газоносности. Обычно применяемые соляно-кислотные обработки, как на «Мустакилликнинг 25 йиллиги» (Гаджак), так и на других месторождениях Западного Узбекистана, с трещинно-поровыми коллекторами очень часто эффекта не дают, вследствие отсутствия приемистости пласта. Для повышения эффективности соляно-кислотных обработок необходимо проводить в сочетании с гидроразрывом пласта. При этом создаются благоприятные возможности для более глубокого проникновения кислоты в пласт и образования каналов фильтрации.

При заложении скважин следует особое внимание обращать на выявление закономерностей распространения соленосной толщи и связи зон рапопроявлений с тектоническими разломами.

Выявление закономерностей распределения зон интенсивного рапопроявления имеет первостепенное значение для уменьшения аварийности при проводке разведочных и эксплуатационных скважин.

#### Литература

1. Эгамбердыев М.Э., Миркамалов Х.Х., Усманов Г.О. Новые данные о геологическом строении и нефтегазоносности Байсунского прогиба (Южный Узбекистан) // Геология и нефтегазоносность юрских отложений Южного и Западного Узбекистана. Тр. ИГИРНИГМ. Вып. 60. Ташкент: САИГИМС. 1986.
2. Умарходжаев У.С., Тажитдинов О. Рекомендация по поискам новых месторождений нефти в палеогеновых отложениях Сурхандарьинской впадины // Геология и нефтегазоносность юрских отложений Южного и Западного Узбекистана. Тр. ИГИРНИГМ. Вып. 60 Ташкент: САИГИМС 1986.
3. Акрамходжаев А.М., Умарходжаев У.С. Перспективные направления поисков залежей нефти и газа в меловых отложениях Сурхандарьинской впадины // Геология и нефтегазоносность юрских отложений Южного и Западного Узбекистана. Тр. ИГИРНИГМ. Вып. 60. Ташкент: САИГИМС. 1986.

## ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ЧУЙСКОЙ ОБЛАСТИ

Аскарбеков С.Н.

sultanaskarbekov@mail.ru

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация. В работе представлен анализ возможных чрезвычайных ситуаций оказывающие влияние на населенные пункты Чуйской области.*

*Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, землетрясения, сейсмическая опасность, сейсмичность.*

Территория Кыргызской Республики характеризуется сложностью геологического строения, расчлененностью рельефа с чередованием горных хребтов и впадин и высокой сейсмичностью. По статистическим данным [1] в республике с 1990 по 2017 года зарегистрировано около 5602 различных чрезвычайных случаев.

Как видно из рисунков 1 и 2 наибольшее количество чрезвычайных ситуаций произошло в Джалал-Абадской (30,2%), Ошской (23,5%) и Чуйской областях (12,5%), по видам чрезвычайных ситуаций большая часть относится к селям и паводки (31,4%), лавины (14,1%) и оползни (10,5%), на землетрясения приходится 6,8 % от общего количества зарегистрированных чрезвычайных ситуаций.

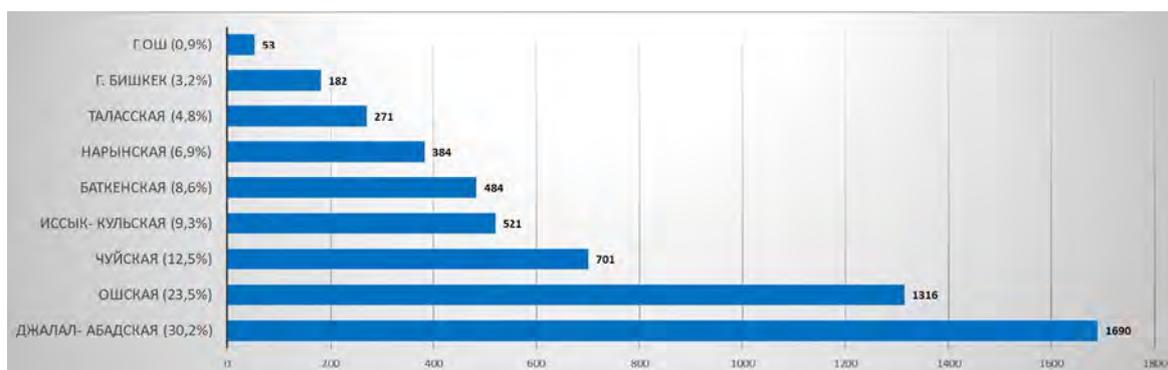


Рисунок 1 – График статистических данных произошедших ЧС за период 1990-2017 гг. с разбивкой по областям и городам

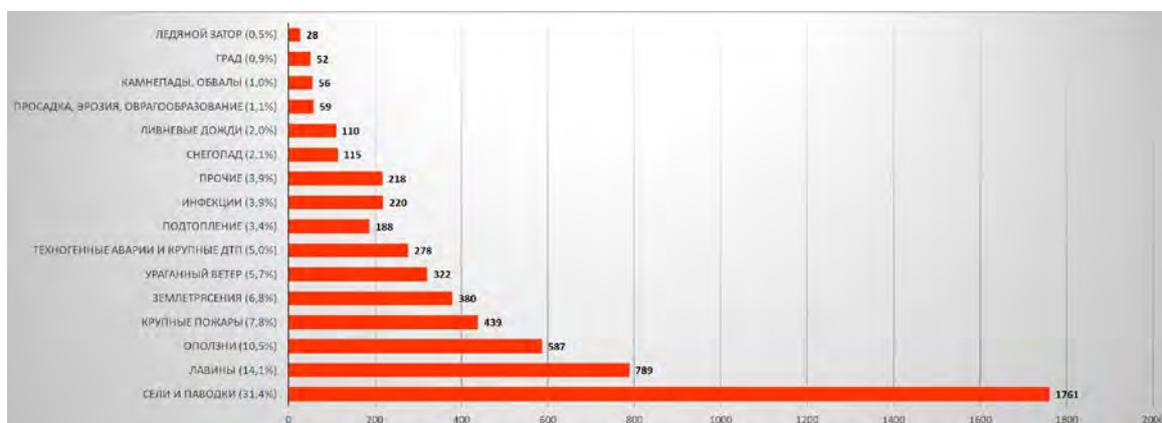


Рисунок 2 – График по статистическим данным по видам процессов и их количестве произошедших ЧС на территории Кыргызской Республики за период 1990-2017 гг.

В Чуйской области за период 2000-2017 гг. произошло около 522 чрезвычайных ситуаций, их количество в среднем в год, составляет 29 случаев. Чрезвычайные ситуации, вызванные селями и паводками, составляют 14,4%; оползнями и камнепадами 5,6%; землетрясениями 4,6%; лавинами 10,3%; подтоплением 8,4%, опасными метеорологическими явлениями 17,6%; техногенными авариями и крупными пожарами 33,3% [1].

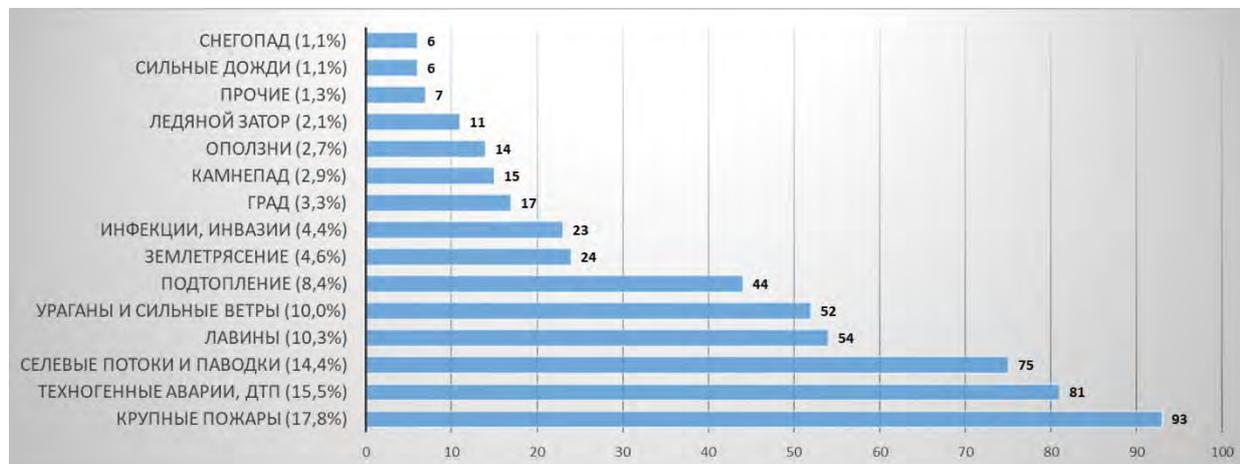


Рисунок 3 – График по статистическим данным по видам процессов и их количестве произошедших ЧС на территории Чуйской области за период 1990-2017 гг.

В 2017 году по данным Института сейсмологии НАН Кыргызской Республики на территории Кыргызстана всего зафиксировано 9954 землетрясений, 587 подземных толчков силой 2-3 и выше баллов [1]. Согласно [2] характеристикой землетрясения как источника чрезвычайной ситуации является, подземные толчки и колебания земной поверхности силой 6 баллов и более, возникающие в результате внезапных смещений и разрывов в земной коре или верхней части мантии и передающиеся на большие расстояния в виде упругих колебаний. Землетрясения кроме прямого воздействия на здания, сооружения, коммуникации часто сопровождаются вторичными воздействиями, такими как оползни, обвалы, камнепады, образования запрудных озер, разрушения плотин, пожарами и другими явлениями.

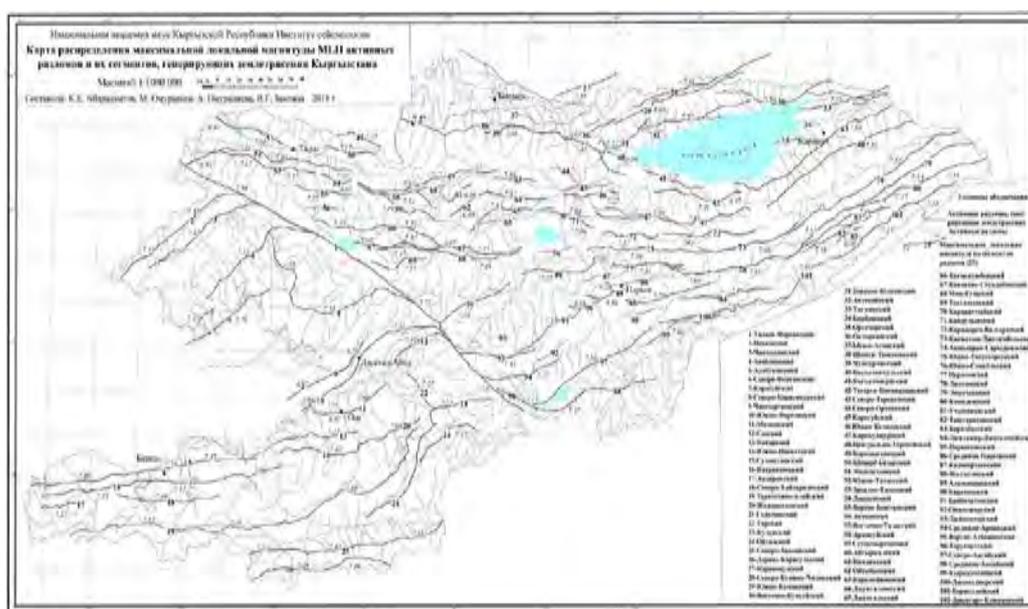


Рисунок 3 – Карта расположения на территории Кыргызской Республики активных разломов и их сегментов, генерирующих землетрясения) [3]

Согласно [3] на территории Кыргызской Республики расположены 102 активных разломов и их сегментов генерирующие землетрясения разной балльности (см. рис 3 и рис. 4) из них 11 разломов, способны генерировать землетрясения более 9 баллов: 1) Таласо-Ферганский; 2) Туркестано-Алайский; 3) Гульчинский; 4) Караконузский; 5) Северо-Кемино-Чиликский; 6) Южно-Кеминский; 7) Восточно-Кунгейский; 8) Западно-Кунгейский; 9) Шамси-Тюндюкский; 10) Чункурчакский и 11) Центрально-Терскейский.

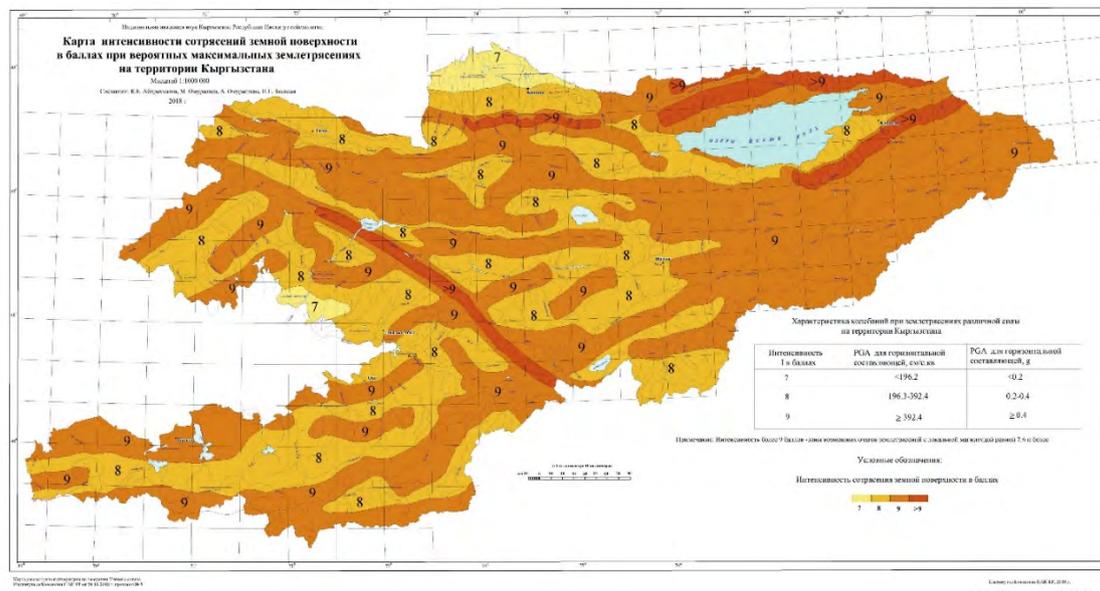


Рисунок 4 – Карта интенсивности сотрясений земной поверхности в баллах при вероятных максимальных землетрясениях на территории Кыргызской Республики [3]

Сейсмическую опасность Чуйской области представляют 7 сейсмически активных разломов способных генерировать землетрясения силой более 9 баллов, из которых 4 расположены непосредственно на территории области 1) Северо-Кемино-Чиликский; 2) Южно-Кеминский; 3) Шамси-Тюндюкский и 4) Чункурчакский, остальные 3 сейсмически активных разломов, расположены на северном берегу озера Иссык-Куль 5) Восточно-Кунгейский; 6) Западно-Кунгейский и 7) Актекейский.

Кроме вышеуказанных сейсмических разломов способных генерировать землетрясения силой более 9 баллов, в Чуйской области на территории Чуйской долины расположены Ысык-Атинский, Окторкойский и Караконузский разломы способных генерировать землетрясения силой 9 и 8 баллов соответственно. В Суусамырской долине сейсмическую опасность представляют Восточно-Таласский, Суусамыртооский, Ойгайынский, Карамойнокский и Арамсуйский, Айгыржалский Киндикский разломы, способные генерировать соответственно 9 и 8 балльные землетрясения.

Для выявления количества жителей в населенных пунктах Чуйской области расположенных в зоне возможных землетрясений силой 8, 9 и более 9 баллов проведен анализ приложений В и Г СНиП КР 20-02:2018 [3] и данных Национального статистического комитета Кыргызской Республики по численности населения в селах Чуйской области [4].

В результате проведенного анализа, было определено следующее:

- в зоне возможных землетрясений силой 8 баллов расположены 218 (64,1%) сельских населенных пунктов с численностью населения более 580 тыс. (62,9%) и 4 (1,2%) города с населением более 89 тыс.
- в зоне возможных землетрясений силой 9 баллов расположены 105 (30,9%) сельских населенных пунктов с численностью населения более 162 тыс. (17,5%) и 3 (0,9%) города с населением более 82 тыс.
- в зоне возможных землетрясений силой более 9 баллов расположены 10 (2,9%) сельских населенных пунктов с численностью населения более 9 тыс. (1,0%).

Таблица 1 – Количество населенных пунктов (сел и городов) и численность населения расположенных в зоне возможных землетрясений силой 8, 9 и более 9 баллов

Интенсивность, в баллах	Количество населенных пунктов		Количество населения	
	сел	городов	в селах	в городах
8 баллов	64,1%	1,2%	62,9%	9,7%
9 баллов	30,9%	0,9%	17,5%	8,9%
< 9 баллов	2,9%	0,0%	1,0%	0,0%
	<b>97,9%</b>	<b>2,1%</b>	<b>81,4%</b>	<b>18,6%</b>
<b>Всего:</b>	<b>100%</b>		<b>100%</b>	

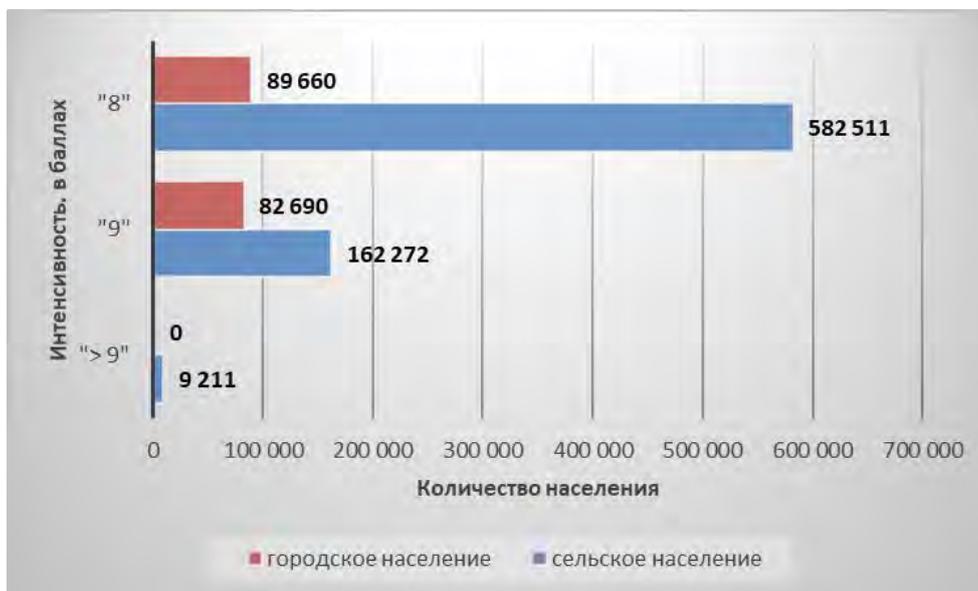


Рисунок 5 – График по данным проведенного анализа, количество населения в зоне возможных землетрясений на территории Чуйской области

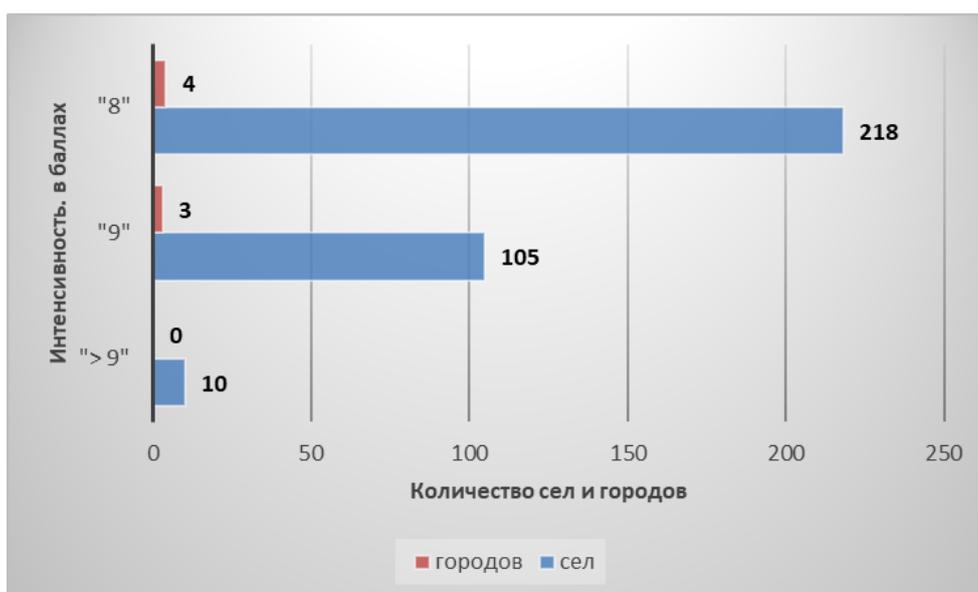


Рисунок 6 – График по данным проведенного анализа, количество населенных пунктов (городов и сел) в зоне возможных землетрясений на территории Чуйской области

### **Заключение**

1. Согласно статистических данных из общего числа чрезвычайных ситуаций, произошедших в республике в период с 2000 по 2017 годы, землетрясения составляют 6,8%, в Чуйской области – 4,6%;
2. Из 102 активных разломов и их сегментов генерирующие землетрясения разной балльности 4 расположены в Чуйской области.
3. 33,8% населенных пунктов и 18,5% населения Чуйской области расположены в зоне возможных землетрясений силой 9 и более 9 баллов.

### **Литература**

1. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. 16-е изд. с изм. и доп. Бишкек: МЧС КР. 2019. 765 с.
2. Постановление ПКР №550 от 22 ноября 2018 года «Об утверждении Классификации чрезвычайных ситуаций и критериев их оценки в Кыргызской Республике».
3. СН КР 20-02:2018 «Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования».
4. Численность населения областей, районов, городов, поселков городского типа, айылных аймаков и сел Чуйской области. ULR: <http://www.stat.kg/ru/statistics/naselenie/>

## ТЯГОВЫЙ КАНАТ ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

Гордиенко В.С.

*vika.g.99@mail.ru*

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация. В статье описывается тяговый канат, применяемый в подъемно-транспортном оборудовании, и может быть использован, в частности, как грузонесущий элемент шахтных подъемных установок. Рассматривается актуальная для подъемных установок проблема деформации тягового каната, наблюдаемая в процессе эксплуатации подъемных сосудов. Необходимо отслеживание деформации тягового каната, образующейся по мере его вытяжки под воздействием прилагаемой нагрузки. Конкретика проблемы заключается в предупреждении образования предельно допустимой деформации каната, которая может привести к его разрушению – обрыву. Предложен один из возможных вариантов решения этой проблемы, выполненного на изобретательском уровне. Автором приводится принципиальное описание конструкции и работу устройства, позволяющего достичь положительного результата при решении названной проблемы эксплуатации тягового каната. Описано устройство, которое может повысить надежность работы оборудования и, соответственно, сроки его эксплуатации. Техническое решение заключается в снабжении устройства двухжильным проводом, протянутым в сердечнике каната вдоль него и электрически соединенный с передатчиком радиосигнала, установленным на барабане подъемной машины.*

*Ключевые слова: подъемные установки, тяговый канат, обрыв тягового каната, силовые перегрузки, динамический удар, двухжильный провод, электросигнал, передатчик радиосигнала*

Шахтная подъемная установка – это один из основных транспортных комплексов, который связывает подземную часть шахты с поверхностью и предназначен для выдачи на поверхность горной массы, спуска и подъема людей, транспортирования горношахтного оборудования и материалов. Основную нагрузку при работе подъемной установки несет на себе тяговый канат, который подвергается различным деформациям, приводящим, в свою очередь, к аварийной ситуации за счет вероятности его разрушения. В представленной работе рассматривается тяговый канат подъемной установки, который позволит решить эту проблему [1].

Задача изобретения заключается в повышении надежности работы тягового каната за счет снижения вероятности его обрыва в случае силовой перегрузки и динамического удара.

Изобретение относится к тяговым канатам, применяемым в подъемно-транспортном оборудовании и может быть использовано, в частности, как грузонесущие элементы шахтных подъемных установок.

Известен плоский грузонесущий канат, содержащий размещенные в эластичной оболочке несущие тросы, связанные поперечными упругими пластинами, снабженными направляющими [2].

Недостатком известного плоского грузонесущего каната является невысокая надежность в работе, обусловленная конструктивным исполнением каната, исключающим возможность контроля его силового нагружения и возможность экстренного отключения подъемной машины при перегрузке, превышающей допустимую, что обуславливает вероятность обрыва каната. Невозможно экстренное отключение подъемной машины при ослабевании каната, превышающем допустимое, чем также снижается надежность работы за счет вероятности обрыва каната от динамического удара.

Известен тяговый канат, состоящий из грузонесущих прядей, сплетенных между собой [3].

Недостаток известного тягового каната заключается в невысокой надежности работы, обусловленной тем, что конструктивное исполнение каната не позволяет контролировать его силовое нагружение и исключает возможность экстренного отключения подъемной машины в случае перегрузки выше допустимой, чем обуславливается вероятность обрыва каната. Кроме этого, исключено отключение подъемной машины при ослаблении каната выше допустимого, что обуславливает воздействие динамического удара на канат и, соответственно, вероятность его обрыва, чем снижается надежность работы.

Известен канат стальной с полимерным покрытием, включающий восемь прядей, сердечник и полимерное покрытие, заполняющее пространство между прядями и сердечником и образующее наружную оболочку каната [4].

Недостаток известного стального каната с полимерным покрытием состоит в том, что конструктивное исполнение каната исключает контроль его силового нагружения и возможность экстренного отключения подъемной машины при перегрузке каната выше допустимой, что может привести к обрыву каната и тем, соответственно, снижается надежность работы. В конструктивном исполнении каната не предусмотрено экстренное отключение подъемной машины при ослаблении каната более допустимого, чем также снижается надежность работы за счет вероятности обрыва каната при динамическом ударе.

Задача изобретения заключается в повышении надежности работы тягового каната за счет снижения вероятности его обрыва в случае силовой перегрузки и динамического удара.

Поставленная задача решается тем, что тяговый канат шахтной подъемной установки, включающий сердечник, пряди, сплетенные вокруг сердечника, снабжен двухжильным проводом, протянутым в сердечнике вдоль него, закороченным на конце каната и электрически соединенным другим концом с передатчиком радиосигнала, установленным на барабане подъемной машины. При этом, провод и пряди выполнены из одного металла, а оболочка провода выполнена упругой. Возможно выполнение провода и пряди из металлов с одинаковыми физическими свойствами. Кроме этого, возможно выполнение провода из металла, а пряди – из синтетического материала также с одинаковыми физико-механическими свойствами.

Размещение двухжильного провода в сердечнике по его длине, закорачивание жил на конце каната и соединение жил на другом конце каната с передатчиком радиосигнала позволяет проводить контроль силовой нагрузки каната в процессе работы. Контроль осуществляется посредством подачи электросигнала – электротока – через провод от передатчика радиосигнала. Под воздействием нагрузки канат деформируется и вместе с ним деформируется провод – изменяются длина и сечение жил, чем обуславливается изменение сопротивления жил и, как следствие, изменение величины электросигнала, что позволяет контролировать нагрузку каната. При фиксируемой величине электросигнала, соответствующей нагрузке на канат, превысившей допустимую, подается радиосигнал на экстренное торможение барабана подъемной машины и отключение его привода, чем снижается вероятность обрыва каната и, соответственно, повышается надежность работы.

Выполнение оболочки провода упругой не позволяет проводу оголяться при деформации, тем сохраняя его работоспособность. Выполнением прядей и провода с одинаковыми физико-механическими свойствами обеспечивается реальное соответствие условий работы прядей и провода друг другу, т.е. состояние провода соответствует состоянию прядей при эксплуатации каната, что обеспечивает при отслеживании нагрузки получение реальных показателей состояния каната и тем повышение надежности в работе.

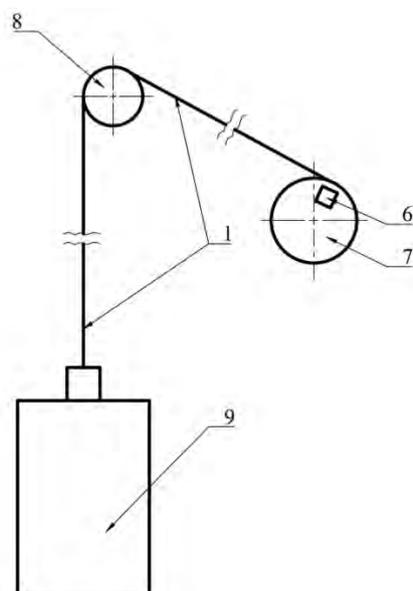


Рисунок 1 – Схема расположения каната в рабочем состоянии: 1 – тяговый канат; 6 – передатчик радиосигнала; 7 – барабан подъемной машины; 8 – шкив копра; 9 – клеть

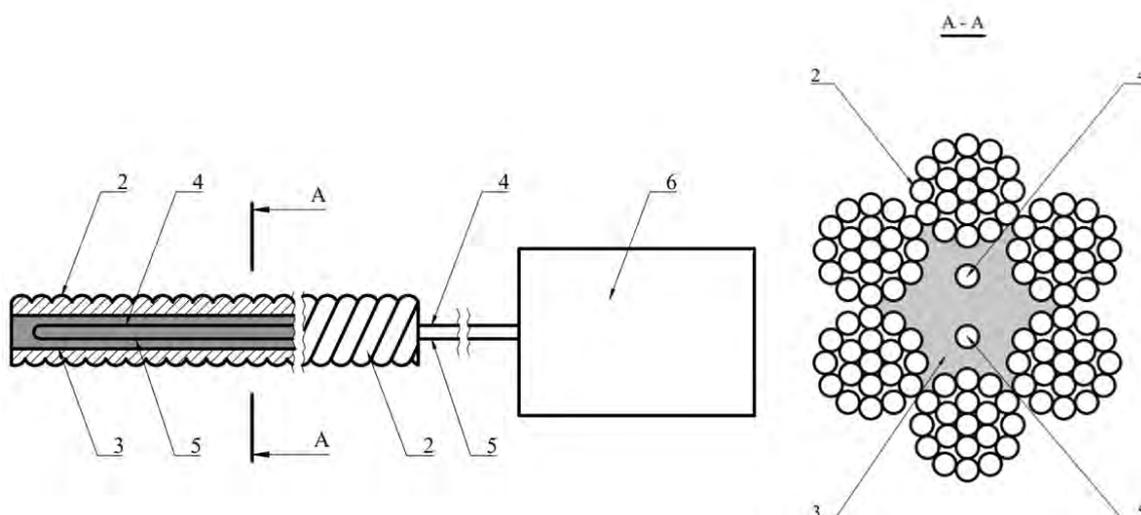


Рисунок 2 – Продольный и поперечный разрезы тягового каната: 2 – пряди тягового каната; 3 – сердечник тягового каната; 4, 5 – две жилы электропровода; 6 – передатчик радиосигнала

Тяговый канат 1 шахтной подъемной установки включает пряди 2, сплетенные вокруг сердечника 3, электропровод с двумя жилами 4, 5, расположенный в сердечнике 3 от конца до конца каната 1. На одном конце каната 1 жилы 4, 5 соединены между собой, т.е. провод закорочен, как это показано на рис. 2. С другого конца каната 1 провод соединен с передатчиком 6 радиосигнала (далее передатчик 6), размещенным на барабане 7 подъемной машины. С устройством экстренного торможения барабана 7 и отключения привода подъемной машины (на фигурах не показано) соединен приемник радиосигнала (на фигурах не показан) от передатчика 6. От барабана 7 канат 1 протянут на шкив 8 копра и соединен концом с закороченным проводом с подъемным сосудом, например, с клетью 9.

Пряди 2 и жилы 4, 5 провода выполнены из одного металла. Возможно изготовление из разных металлов или изготовление прядей 2 из синтетических материалов, но с одинаковыми физико-механическими свойствами прядей 2 и жил 4, 5.

Тяговый канат шахтной подъемной установки работает следующим образом. Во время работы подъемной машины передатчик 6 и приемник радиосигнала включены. От передатчика 6 по жилам 4, 5 провода проходит электросигнал, посредством которого

проводится автоматический контроль безопасной эксплуатации каната 1. Под воздействием силы тяжести клетки 9 канат 1 натянут, что обуславливает его рабочую деформацию, а также рабочую деформацию – растяжение – жил 4, 5 провода.

При спуске-подъеме клетки 9, в случае аварийного застревания последней в шахтном стволе происходит ослабевание натяжения каната 1 при спуске и усиление натяжения при подъеме, что вызывает изменение деформации каната 1. Вместе с канатом 1 меняется деформация жил 4, 5 провода, т.е. изменяется их длина и сечение, что обуславливает изменение величины электросигнала, проходящего по проводу. При фиксированном напряжении  $U$ , подаваемого от передатчика 6, величина электротока  $I$ , т.е. электросигнала, зависит от длины  $L$  и площади  $S$  сечения жил 4, 5 согласно формулы:

$$U = I \cdot R = \frac{I \cdot \rho \cdot L}{S},$$

где  $R$  – сопротивление проводника,  $\rho$  – удельное сопротивление проводника.

Величина электросигнала автоматически фиксируется передатчиком 6 и при величине, соответствующей нагрузке на канат, превысившей допустимую, передатчик 6 подает радиосигнал, принимаемый приемником радиосигнала, который включает экстренное торможение барабана подъемной машины и отключает его привод, что позволяет снизить вероятность обрыва каната и, соответственно, повысить надежность работы системы.

Таким образом, данное изобретение позволит повысить надежность работы тягового каната за счет снижения вероятности его обрыва в случае силовой перегрузки и динамического удара.

Патент KG 2221 от 30.09.2020 года «Тяговый канат шахтной подъемной установки». Авторы: Шамсутдинов М.М., Степанов С.Г., Таштанбаева В.О., Гордиенко В.С.

#### Литература

1. Дроздова Л.Г. Стационарные машины и установки: Учеб. пособие. Владивосток: ДВГТУ. 2007. 157 с.
2. Авторское свидетельство №505764, МПК D07B1/22, 05.03.1976, «Плоский грузоподъемный канат».
3. Патент RU №2233925 С2, МПК D07B1/16, 10.08.2004, «Тяговый канат».
4. Патент RU №186969 U1, МПК D07B1/16, 12.02.2019, «Канат стальной с полимерным покрытием».

## СРАВНЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ МЕТОДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Джанабиллова С.О., Тилек кызы Г.  
*samal-sima@mail.ru*

Институт сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация. Землетрясения чреватые катастрофическими последствиями для жизни людей во всем мире. Оценка сейсмической опасности - это первый шаг к снижению сейсмического риска. В данной статье представлено сравнение нескольких вариантов вероятностных карт сейсмической опасности Кыргызстана. Сравнение результатов исследований, проведенных в рамках различных проектов при оценке сейсмической опасности специалистами разных стран Центральной Азии, показывает, что они различаются между собой в терминах абсолютного уровня сейсмической опасности, хотя при этом расположение районов с наивысшей опасностью совпадают. Очевидно, что различия, главным образом, связаны с разным сейсмотектоническим районированием.*

*Ключевые слова: сейсмическая опасность, сравнение, сейсмическое районирование, пиковое ускорение, интенсивность, активный разлом.*

**Введение.** В настоящее время, при оценке сейсмической опасности различных территорий используются в основном два подхода: детерминистский и вероятностный.

Термин «сейсмическая опасность» означает вероятность проявления потенциальных разрушений от сейсмических колебаний земной поверхности в определенном месте в течение определенного интервала времени. Согласно другому определению «сейсмическая опасность – вероятность возникновения (превышения или непревышения) сейсмического эффекта определенной величины (обычно измеряется по 12-балльной шкале интенсивности) в данном пункте в течение заданного интервала времени» [1]. Таким образом, задача оценки сейсмической опасности сводится к составлению карт сейсмического районирования заданной территории в заданном масштабе.

В пределах территории Центральной Азии различными международными группами исследователями в рамках проектов, финансируемых различными фондами, было составлено несколько вариантов вероятностных карт сейсмической опасности.

В рамках глобальной программы сейсмической опасности наряду с другими регионами рассматривалась, и сейсмическая опасность Центральной Азии. Обе группы авторов пришли к выводу, что большая часть территории Кыргызстана имеет очень высокий уровень риска (рис.1.): пиковые ускорения колебаний грунта (PGA) могут превысить 0.48 м/сек<sup>2</sup> при периоде повторяемости 475 лет [2].

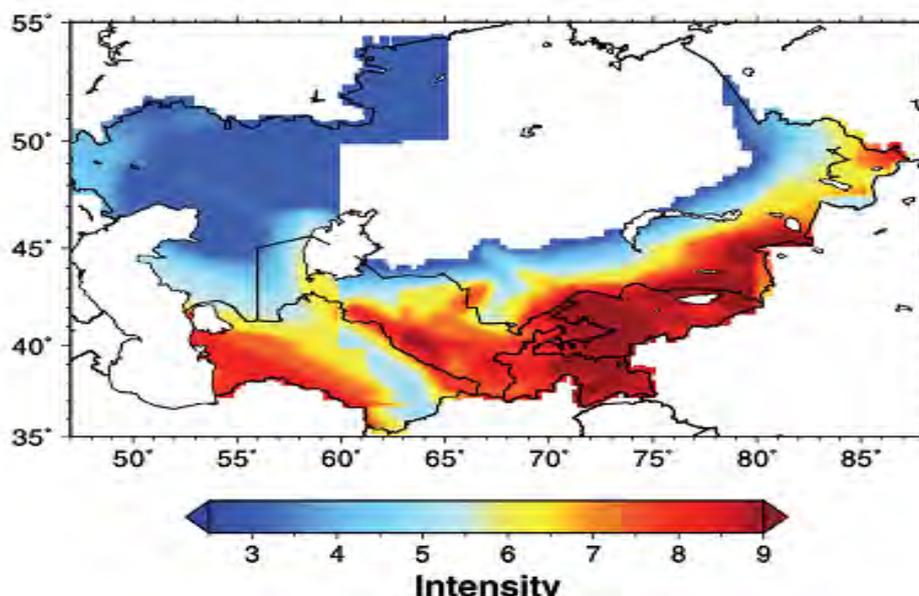


Рисунок 1 – Карта PSHA для территории Центральной Азии в терминах макросейсмической интенсивности с 10% вероятностью превышения в течение 50 лет, составленная в рамках проекта GSHAP. Приведенные в этих работах вероятностные карты сейсмической опасности были рассчитаны для больших территорий и сглаживают уровень PGA для этой относительно маленькой страны (площадью меньше чем 200000 км<sup>2</sup>)

К. Е. Абдрахматов с соавторами применили новый подход, который состоял в вычислении вероятностных карт интенсивности Ариеса. Сама процедура вычислений та же самая, что и для пиковых ускорений грунта, но законы затухания различны. Авторы применили, в основном, эмпирические законы [3,4], но попробовали также определить теоретические соотношения на основе акселерограмм, моделируемых для различных величин и эпицентральных расстояний, используя стохастический метод [5]. Кроме того, для вероятностных оценок PGA и интенсивности использовалось стохастическое моделирование акселерограмм. Для учета неопределенностей, влияющих на соотношение Гутенберга-Рихтера, использован верхний 90 % лог-линейной доверительный интервал [6].

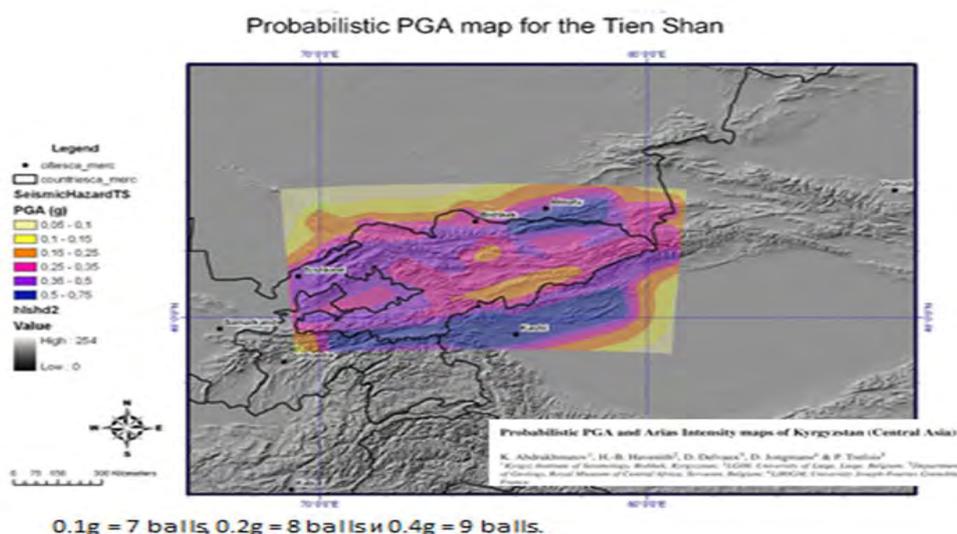


Рисунок 2 – Карта вероятностной оценки сейсмической опасности территории Кыргызской Республики. Вероятность 90% непревышения расчётной интенсивности в течение 50 лет (средний период повторяемости один раз в 500 лет) (Abdrakhmatov et.al., 2003)

Указанные исследователи [6] считают, что наиболее приемлемым для территории Кыргызстана является закона затухания Пенга и других. Этот закон выведен для похожих тектонических условий и согласуется с экспериментальными данными, полученными по записям сильных движений сетью киргизских и казахских станций. Вероятностные карты пиковых ускорений грунта и карты интенсивности Ариаса показывают (рис.2.), что самая высокая сейсмическая опасность возможна для территории Южного Тянь-Шаня, горного обрамления Ферганской долины, для Чаткальского, Угамского и Суусамырском хребтов, также для Кемино-Чиликской области. Наибольшему риску из больших городов подвергаются Кашгар и Алматы - с максимальными значениями ускорений 0.66 g и 0.47 g, соответственно с 90 %-вероятностями непревышения за время ожидания 50 лет[7].

При исследованиях, проведённых в рамках проекта ЕМСА (модель землетрясений Центральной Азии) при вероятностной оценке сейсмической опасности для Центральной Азии использованы модель площадного сейсмического источника и разные подходы Корнеля [9,10]. Сейсмическая опасность оценивалась только с учётом мелкофокусных землетрясений (глубина <50 км) и использовался обновлённый (по сравнению с предыдущими проектами) каталог землетрясений для региона. Сейсмическая опасность рассчитывалась в терминах макросейсмической интенсивности (МСК-64). Карта сейсмической опасности, рассчитанная для 10% вероятности превышения за 50 лет (рис.3), получена при помощи компьютерной программы OpenQuake) [9,10], которая является открытым программным средством, разработанным в рамках проекта GEM (Global Earthquake Model).

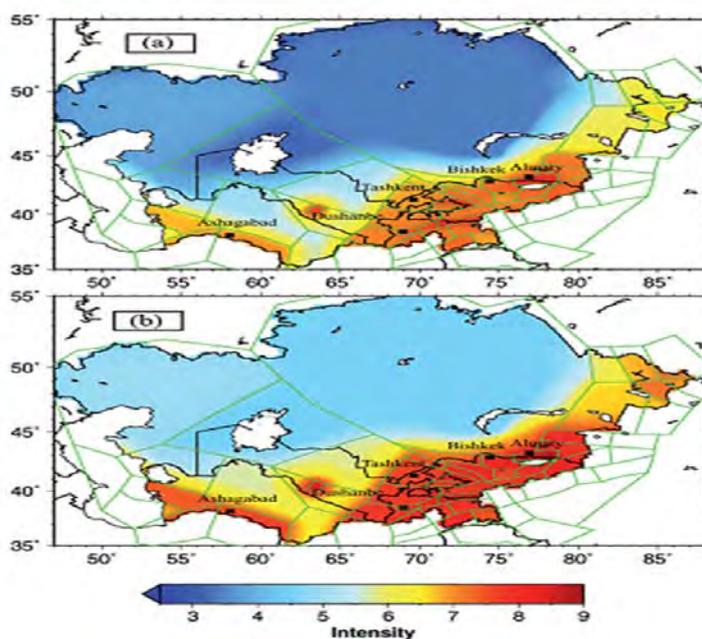


Рисунок 3 – Вероятностная карта сейсмической опасности в терминах интенсивности с (а) 10% вероятностью и (b) 2% вероятностью превышения в течение 50 лет, полученная с использованием площадной модели источника. Зелеными линиями оконтурены выделенные площади (Ullah et., al., 2015)

Указанные исследователи считают, что наибольшая опасность, наблюдаемая в регионе, достигает интенсивности около 8 баллов в Южном Тянь-Шане для периода повторяемости равного 475 лет. Наибольшая опасность, полученная с использованием различных подходов для некоторых городов региона (Бишкек, Душанбе, Ташкент и Алматы), составляет 7.0, между 7 и 8, и 8.0 баллов макросейсмической интенсивности, для периода повторяемости равного 475 лет (рис.).

Ullah et., al., (2015) отмечают некоторые районы, обладающие наивысшей сейсмической опасностью. Это Алайская впадина, Ферганская впадина и районы,

расположенные к северу от Иссык-Куля. Они характеризуются интенсивностью выше 8 в площадной модели. Максимальная опасность, наблюдаемая в регионе, составляет 9 баллов в Южном Тянь-Шане для периода повторяемости равного 475 лет [1].

А. Ищук с соавторами [10] провели исследования по оценке прогнозируемых подвижек грунта для территорий Кыргызстана, Таджикистана и восточного Узбекистана. Они использовали два типа моделей сейсмических источников для более точного расчета движений грунта, а именно активные разломы в качестве линейных источников и зоны с однородным распределением эпицентров землетрясений в качестве источников по площади. Кроме того, из-за отсутствия однородных типов магнитуд в каталогах землетрясений они использовали два различных подхода для анализа параметров Гутенберга – Рихтера, оба из которых использовались в качестве входных данных для площадной модели [10,17].

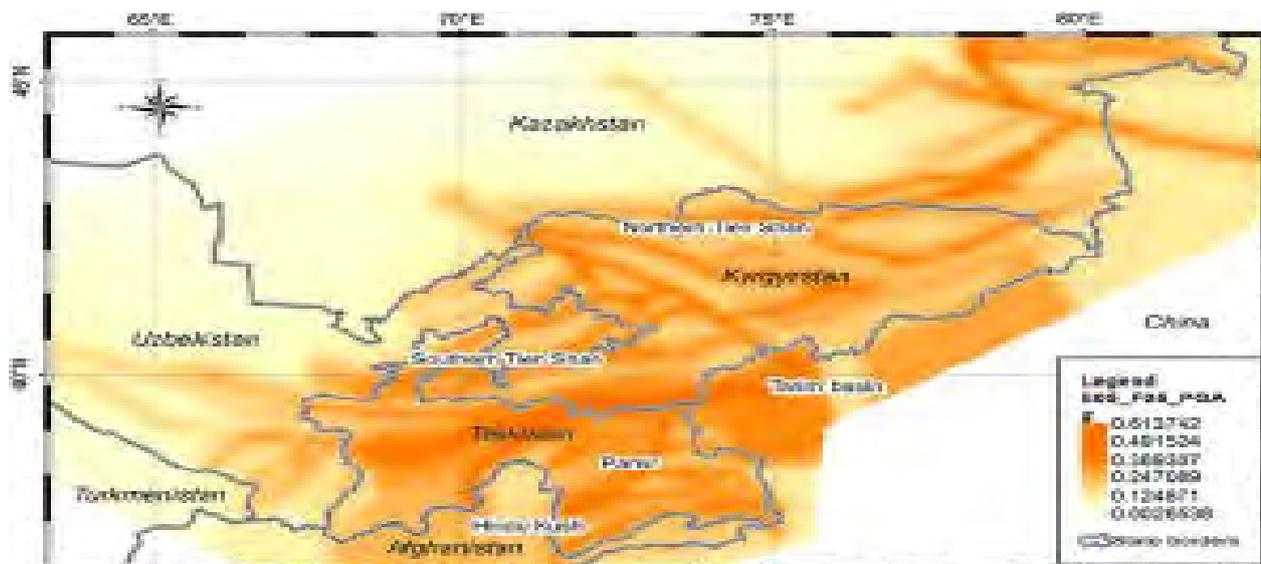


Рисунок 4 – Среднее пиковое ускорение грунта (PGA) для расчета опасности, когда модель разлома и модель землетрясения имеют одинаковый вес. Период повторяемости составляет 475 лет (вероятность превышения 10% за 50 лет)

Использование логического дерева расчета для оценки сейсмической опасности позволило указанным исследователям включить разные модели в одну и ту же вычисления, и, следовательно, основывать PSHA как на информации о разломах, так и на сейсмичности. Такие исследования для для Центральной Азии раньше не проводились. Результаты показывают (рис.4.), что самые большие ожидаемые колебания грунта в регионе ожидаются для северного Памира и южного Тянь-Шаня, где значения PGA колеблются в диапазоне 0,3g – 0,47g (период повторяемости 475 лет - 10 % вероятность превышения за 50 лет). В северном Кыргызстане и южном Таджикистане прогнозируются PGA 0,26g–0, 33g для того же периода повторяемости.

Таким образом, сравнение исследований, проведенных в рамках различных проектов, а также при оценке сейсмической опасности специалистами разных стран Центральной Азии методов показывает, что разные методы показывают явные различия между собой в терминах абсолютного уровня сейсмической опасности, хотя при этом расположение районов с наивысшей опасностью совпадают. Очевидно, что различия, главным образом, связаны с разным сеймотектоническим районированием.

### Литература

1. Review of recommendation for probabilistic seismic hazard analysis // Guidance on uncertainty and use of experts. National Academy press, Washington DC, 1997, pp.100- 104.

2. Джанабилова С.О., Абдрахматов К.Е. Методы и подходы, применяемые к оценке сейсмической опасности // Вестник Института сейсмологии НАН КР. 2017. № 1 (9). С. 9-18.
3. Wilson R.C., Keefer D.K. Predicting the areal limits of earthquake-induced landsliding // Ziony, J.I. (ed.), Evaluating Earthquake Hazards in the Los Angeles Region – An Earth Science Perspective, 1985, U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 1360, pp. 316-345.
4. Arias A.A measure of earthquake intensity// Hansen, R.J. (ed.). Seismic Design for Nuclear Powerplants, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1970, pp. 438-483.
5. Boore D.M. SMSIM-Fortran programs for simulating ground motions from earthquakes: version 1.0, U.S. Geol. Surv. 1996, Open-File Rept. 96-80-A, p.73.
6. Abdрахматов К.Е., Havenith Н.-В., Delvaux D., Jongmans D., Trefois P. Probabilistic PGA and arias intensitymaps of Kyrgyzstan (Central Asia) // J. Seismol. 2003. Vol. 7. Iss. 2. P. 203–220.
7. Peng K.Z., Wu F.T. and Song L. Attenuation characteristics of peak horizontal acceleration in Northeast and Southwest China, 1985. EESD 13, pp. 337-350.
8. Ullah S., Bindi D., Pilz M., Danciu L., Weatherill G., Zuccolo E., Ischuk A., Mikhailova N., Abdрахматов К., Parolai S. Probabilistic seismic hazard assessment for Central Asia // ANNALS OF GEOPHYSICS, 58, 1, 2015, S0103; doi:10.4401/ag-6687.
9. Cornell C.A. Probabilistic analysis of damage to structure under seismic loads // Dynamic Waves in Civil Engineering. London, 1971.
10. Cornell, C.A. Engineering seismic risk analysis // Seismol. Soc. America Bull. 1968. Vol. 58, № 5.
11. Ischuk A., Bjerrum L.W., Kamchybekov M., Abdрахматов К., and Lindholm C. Probabilistic Seismic Hazard Assessment for the Area of Kyrgyzstan, Tajikistan, and Eastern Uzbekistan, Central Asia // Bulletin of the Seismological Society of America, 2018. Vol. 108, No. 1, pp. 130–144. doi: 10.1785/0120160330.
12. Merz H.A., Cornell C.A. Seismic risk analysis based on a quadratic magnitude-frequency law // Seismol. Soc. America Bull 1973. Vol. 63, № 6. P.1999-2006.
13. Ризниченко Ю.В. Карты вероятной интенсивности землетрясения // Доклады АН СССР. 1973. Т. 210. № 1. С. 82-84.
14. Кейлис-Борок В.И., Кронрод Т.Д., Молчан Г.М. Расчет сейсмического риска // Сейсмическое районирование территории СССР. М.: Наука.1980. С. 69-82.
15. Сейсмическое районирование Республики Казахстан / А.К. Курскеев, А.В. Тимуш, В.В. Шацкилов и др. Алматы: Эверо.2000. 219 с.
16. Садыкова А.Б. Сейсмическая опасность территории Казахстана. Алматы. 2012. 267 с.
17. Уломов В.И. Об основных положениях и технических рекомендациях по созданию новой карты сейсмической районирования территории Российской Федерации // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. М.: ОИФЗ РАН. 1995. Вып. 2-3. С. 9-26.
18. Нурмагамбетов А., Сыдыков А. Методика оценки сейсмической опасности в количественных характеристиках сейсмических колебаний // Сейсмологические условия возникновения землетрясений. ВИНТИ. №7095-В87. Деп.1987.
19. Аптикаев Ф.Ф., Нурмагамбетов А., Сыдыков А. и др. Прогноз сейсмических воздействии для целей детального сейсмического районирования (на примере г. Алма-Аты) // Колебания грунта и сейсмический эффект при землетрясениях. Вопросы инж. сейсмологии. М.: Наука.1982. Вып. 23. С. 30-97.
20. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8000000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах / В.И. Уломов, Л.С. Шумилина. М.: ОИФЗ РАН. 1999. 57 с.

## АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НАЧАЛЬНЫХ ПЛАСТОВЫХ ДАВЛЕНИЙ НЕФТЕГАЗОВЫХ И РАЗВЕДОЧНЫХ ПЛОЩАДЕЙ ТАДЖИКИСТАНА

Зияев Дж.Ш., Гарибмахмадова С.Н.

*svetlana\_gn 82@mail.ru.*

Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Республика Таджикистан

*Аннотация. В статье предлагается методика расчета математической статистики и результаты промыслово-геологических (начальных пластовых давлений) в месторождениях нефти и газа и четырех разведочных площадей Таджикистана. Рассчитан коэффициент корреляции между глубиной  $Y$  и давлением  $X$ . Расчеты приведены по нефтегазовому месторождению Равад Северного Таджикистана.*

*Ключевые слова: нефть, газ, месторождения, площадь, пластовое давление.*

Для обработки геолого-промысловых данных в последнее время все чаще пользуются методами математической статистики или корреляционного анализа, что дает возможность облегчить обработку фактического материала. Нами статистически обработаны результаты испытания скважин на 10 нефтегазовых месторождениях и 4 разведочных площадях территории Таджикской депрессии и Северного Таджикистана.

Построены графики давление-глубина,  $y=f(x)$  и рассчитан коэффициент корреляции между этими ( $\sigma$ ) элементами. Корреляционная связь между глубиной и пластовым давлением рассчитана по методике А.М. Дина и Л.Ф. Дементьева [1, 2] (Рис).

### ГРАФИКИ

ЗАВИСИМОСТИ ПЛАСТОВЫХ ДАВЛЕНИЙ ОТ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ ПЛАСТОВ  
СКВАЖИНАМ ВАХШСКОГО СУББАСЕЙНА

Составил: Ж. Зияев  
1971г

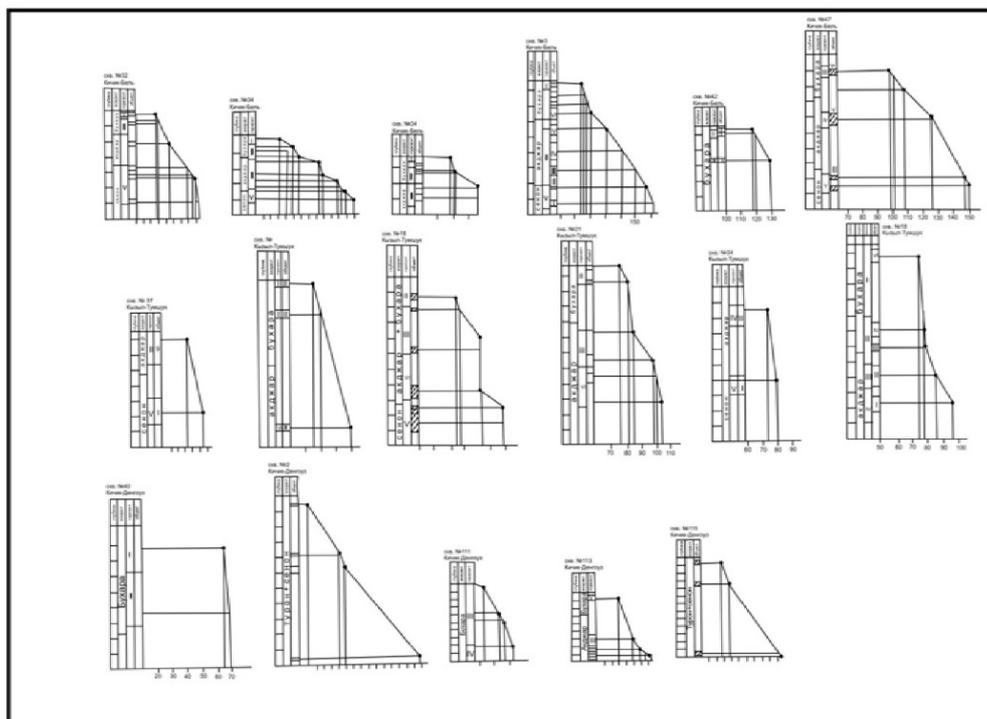


Рисунок 1 – Условные обозначения: Месторождения Кичик-Бель: 1-скважина. 34, 2-сква.36, 3-сква.38, 4-сква.40, 5-сква.42, 6-сква.47; Кизил Тумшук: 7-сква.37, 8-сква.38, 9-сква.8, 10-сква.29, 11-сква.34, 12-сква.18; Акбаш-Адыр: 13-сква.48, 14-сква.7; Кичик-Донгауз: 15-сква.111, 16-сква.113, 17-сква.115

Ниже приводятся расчеты по месторождению Рават. Для того, чтобы определить связь между глубиной  $Y$  и давлением  $X$ , необходимо сгруппировать фактические данные (таблица № 2,) где приведены частоты ( $m_{xy}$ ), указывающие на соотношение значений  $X$ , встречаемых при значениях  $Y$ . Например: число 2 в третьей строке таблицы № 1, означает, что для  $X$ , лежащих в интервале 3000-3100 м, два раза были получены значения  $Y$  в интервале 310-315.

В интервале 3200-3300м для  $X$  получены 3-раза значения  $Y$  в интервале 370-375.

В последней строке корреляционной таблицы приведены частные суммы  $m_x = \sum X$ , в последнем столбце-частные суммы  $m_y = \sum m_{xy}$ , где  $\sum m_x = \sum m_y = N(1)$

$\sum X$  означает суммирование по вариантам  $X$  при неизменном  $Y$ , а  $\sum Y$  - суммирование по вариантам  $Y$  при неизменном  $X$ . Корреляционная таблица наглядно отражает распределение значений  $Y$  для каждого интервала  $X$ . Например: для интервала 3000м-3100м распределение  $Y$  имеет вид:

$$Y = 300 - 305 - 310 - 315 - 320 - 325 - 330 - 335$$

$$m_{xy} = \quad 1 \quad - \quad 2 \quad - \quad \quad \quad 1$$

а для 3200м< $x$ <3300м распределение  $Y$  будет уже иным:

$$Y = 300 - 305 - 310 - 315 - 320 - 325 - 330 - 335$$

$$m_{xy} = \quad - \quad 1 \quad - \quad \quad - \quad 1 \quad - \quad 1$$

Это распределение изображено в виде графика (рис), из которого видно, что с возрастанием глубины  $X$  возрастает значение давления  $Y$ , однако наблюдаются неравномерные разбросы точек. Чтобы оценить характер этого возрастания, необходимо вычислить средние значения  $Y$  по  $X$ , обозначив их через  $\bar{Y}'_x$ . Отсюда  $\bar{Y}'_x = \frac{\sum m_{xy} \cdot y'}{m_x}$  (2).

Если оценивается характер возрастания  $X$  по  $Y$ , то вычисляется средняя  $X$  по  $Y$ , которую можно обозначить через  $\bar{X}'_y$ : где  $\bar{X}'_y = \frac{\sum m_{xy} \cdot x'}{m_y}$  (3).  $\bar{Y}'_x$  для данного  $X$  вычисляется с помощью формулы:  $\bar{Y}'_x = Y_0 + \frac{\sum m_{xy} \cdot y'}{m_x} \cdot h_y$  (4). В другом случае для  $Y$  вычисления пользуются формулой:  $\bar{X}'_y = X_0 + \frac{\sum m_{xy} \cdot x'}{m_y} \cdot h_x$  (5)

Все расчёты по вышеуказанным формулам приведены в таблице №.2 Из таблицы видно, что каждому значению  $X$  соответствует определенное значение условного среднего  $\bar{Y}'_x$  (связь  $\bar{Y}'_x$  с  $X$  или  $\bar{Y}'_x = f(x)$  называется корреляционной связью).

Важной задачей корреляционного анализа является изучение зависимости условных средних  $\bar{Y}'_x$  от  $x$ .

Анализируя зависимость, мы устанавливаем характер функции, которая выражает изменение  $Y$  в зависимости от  $X$ . Это функция может быть линейной или близкой к ней. По графику эмпирической зависимости (рис.10) можно предположить, что здесь характер связи между  $X$  и  $Y$  прямолинейный. Отсюда можно найти условно теоретическую линию, которую обозначим штрихами  $y' = y'x' + v'$ , а затем заменой переменных получим  $y' = \frac{y-y_0}{h_x}$  и  $x' = \frac{x-x_0}{h_x}$ ; (6). Исходя из этой замены, уравнения регрессий примут вид:

$$h\beta' + \alpha' \sum m_x \cdot x' = \sum m_x \cdot \bar{Y}'_x$$

$$\beta' \sum m_x x'^2 + \alpha' \sum m_x x' = \sum m_x x' \bar{Y}'_x \quad (7)$$

Подставляя данные таблицы № 1 в уравнения получим:

$$24 \cdot \left\{ \begin{array}{l} \beta' + \alpha' \cdot 6 = 526144 \quad \beta' + 36\alpha' = 312 \\ \beta' \cdot 6 + 44\alpha' = 123 \\ 24144\beta' + 1056\alpha' = 2952 \\ 1020\alpha' = 2640 \end{array} \right.$$

$$\alpha' = \frac{2640}{1020} = 2,58 \quad \alpha' = 2,58$$

Далее подставляя значения  $\alpha'$  в уравнение находим  $\beta'$

$$24\beta' + 2,58 \cdot 6 = 52 \quad 24\beta' = 36,52 \quad \beta' = \frac{36,52}{24} = 1,52$$

$$24\beta' + 15,48 = 52 \quad \beta' = 1,52$$

Отсюда  $y' = -2,58x' + 1,52$

Таблица 1

$X'$	$m_x$	$m_x \cdot x'$	$m_x \cdot Y_x$	$m_x x'^2$	$m_x x' Y$
-2	4	-8	-18	16	36
-1	1	-1	0	1	0
0	10	0	21	0	0
1	6	6	30	6	30
2	0	0	0	0	0
3	3	9	19	27	57
$\Sigma$	24	+6	+52	44	123

Для того, чтобы перейти от  $\bar{Y}'$  и  $X'$  к  $Y$  и  $X$ , в уравнения поставим формулы  $Y'$  и  $X'$  где  $Y_0=337,5$ ;  $h_y = 5$ ;  $X_0=3250$ ;  $h_x=100$ . Преобразуя уравнения (6) получим:  $\frac{y-Y_0}{h_y} = a' \cdot \frac{x-X_0}{h_x} + b'$  (8). Подставим вычисленные значения  $a'$  и  $b'$  и данные таблицы № 1, тогда уравнение примет вид:

$$\frac{20/y - 337,5}{5} = 2,41 \cdot \frac{1/x - 3250}{100} + 100/1,52$$

Откуда;  $20y - 6750 = 2,58 \cdot x - 8385 + 152$ . Уравнение прямой линии регрессии :  $y = 0,13x - 74,15$ ;

Таким же способом вычислим уравнение прямой коэффициент корреляции, определяется по формуле:

$$\rho = a \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \quad (9)$$

где равно:

$$\sigma_x = h_x \sqrt{\frac{\Sigma m_x x^2}{\Sigma m_x} - \left( \frac{\Sigma m_x x'}{\Sigma m_x} \right)^2} \quad (10)$$

Поставляя в формулы значения таблицы

$$\text{Получим } \sigma_x \cdot \sigma_x = 100 \cdot \sqrt{\frac{44}{24} - \left( \frac{6}{24} \right)^2} = 100 \sqrt{1,83 - 0,06} = 100 \cdot 1,33$$

$$\sigma_x = 133$$

Для вычисления пользуемся формулой

$$\sigma_y = h_y \sqrt{\frac{\Sigma m_y y'^2}{\Sigma m_y} - \left( \frac{\Sigma m_y y'}{\Sigma m_y} \right)^2} \quad (11)$$

Составим таблицу (табл. 2)

Таблица 2

$y'$	$m_y$	$m_y y'$	$m_y y'^2$
-7	1	-7	49
-6	1	-6	36
-5	2	-10	50
-4	0	0	0
-3	1	-3	9
-2	1	-2	4
-1	2	-2	2
0	2	0	0
1	1	1	1
2	0	0	0
3	0	0	0
4	1	4	16
5	2	10	50
6	3	18	108
7	7	49	303
$\Sigma$	24	+62	628

Данные таблицы № 2 подставим в уравнение (11) получим:

$$\sigma_y = 5 \sqrt{\frac{628}{24} - \left(\frac{62}{24}\right)^2} = 5 \sqrt{26,16 - 6,67} = 5,441 = 22,05$$

$$\sigma_y = 22,05$$

Подставляя данные уравнений (10 и 11) в уравнение (9) вычисляем коэффициент корреляции:

$$\rho = r \frac{\sigma_x}{\sigma_y} = 0,13 \cdot \frac{133}{22} = 0,78$$

Таким образом, коэффициент корреляции между глубиной и давлением на площади Рават равен 0,78.

Таким же методом были подсчитаны коэффициенты корреляции для всех нефтегазовых и разведочных площадей Таджикской депрессии и Северного Таджикистана; все данные приведены в таблице № 3

Таблица 3

Нефтегазоносные зоны	Наименование площадей	Коэффициент корреляции	Уравнение регрессии	Градиент давлен вычит. линии регресс.
Вахшская	Кызыл-Тумшук	0,45	$Y=0,06x+35,5$	0,68
	Акбаш-Адыр	0,83	$Y=0,14x-55$	1,41
	Кичик-Бель	0,91	$Y=0,12x-16,6$	1,26
	Кичик-Донгоуз	0,94	$Y=0,12x-41,5$	1,29
Душанбинская	Шаамбари	0,97	$Y=0,11x-6$	1,09
	Андиген	0,93	$Y=0,11x+10,17$	1,08
	Комсомольское	0,84	$Y=0,11x+17$	1,00
	Гумбулак	0,95	$Y=0,11x+14$	1,16
Северный Таджикистан	Рават	0,78	$Y=0,13x-74,15$	1,16
	Канибадам	0,98	$Y=0,11x-17,8$	1,00
	Айритан	0,80	$Y=0,08x+19,2$	

Из таблицы видно, что самый низкий коэффициент корреляции имеет газоконденсатное месторождение Кызыл-Тумшук -0,45; уравнение регрессии равно ( $y=0,061x+35,5$ ), а расчетный градиент давления по уравнению регрессии равен 0,68.

На месторождении Кызыл-Тумшук в палеоцен-кампан-маастрихтском комплексе градиент давления ниже, чем плотность пластовой воды, что говорит о застойности подземных вод, которая подтверждается также гидрохимическими данными (высокая минерализация вод до 200 г/л и хлоридно-кальциевый тип).

На площадях Акбаш-Адыр, Кичик-Бель, Шаамбары, Андиген и др. коэффициент корреляции изменяется в пределах от 0,80 до 0,98, распределение давления по разрезу в основном прямолинейное, кроме турон-сеноманского комплекса Вахшского бассейна, который характеризуется аномально высокими пластовыми давлениями (см. выше). По уравнениям регрессий для каждой площади подсчитаны давления на глубинах 1000м и далее с интервалом через 100м (таб. №4).

Анализируя таблицу, можно заметить, что в Вахшской группе структур на месторождении Кызыл-Тумшук до глубины 1200м давление выше, чем на месторождении Акбаш-Адыр на такой же глубине. Далее давление повышается на Акбаш-Адыре и на глубине 1500м равно 155атм., что на 25 атм. выше, чем на Кызыл-Тумшуке. По всей вероятности, можно сказать, что граница гидродинамических зон Вахшского бассейна проходит между 1100-1200м.

Во второй гидродинамической системе с глубины 1200м. и ниже давление снижается в направлении структур Кичик-Бель, Акбаш-Адыр, Кызыл-Тумшук, то есть от центра бассейна к периферии.

Расчетные давления по структурам Душанбинского бассейна подтверждают предыдущий вывод, что по всему разрезу давления на Комсомольском месторождении повышены и приурочены к зонам разрывных нарушений.

На территории Северного Таджикистана также хорошо отбиваются границы внутренней и внешней зоны распределения пластовых давлений. Например: на структурах Канибадам и Рават, расположенных вблизи в центре, пластовые давления до глубины 1700м ниже, чем на площади Айритан. Напротив, на площадях Канибадам, Рават давления повышены.

Таблица 4

Нефтегаз аносные зоны	Наименова -ние площадей	Среднее давление, вычисленное по уравнению регрессии на глубинах								
		1000м	1100м	1200м	1300м	1400м	1500м	1600м	1700м	1800м
Вахшская	Кызыл- Тумшук.	95,5	101	107,5	113	119,5	125,5	-	-	-
	Акбаш- Адыр.	85	99	113	127	141	155	-	-	-
	Кичик-Бель	103,4	115,4	127,4	139,4	151,4	163,4	175,4	187,4	
Душанбинская	Шаабары	104	115	126	137	148	159	170	181	192
	Комсомоль- ское	127	138	149	160	171	182	193	204	215
	Андыген	120	131	142	153	164	175	186	197	208
	Ю.Гумбула к	124	135	146	157	-	-	-	-	-
Северный Таджикистан	Канибадам	92,8	103,2	114,2	125,2	136,2	147,2	158,2	169,2	180,2
	Айритан	107,2	116	124,8	133,6	142,6	151,2	160	168,8	177,6
	Рават	3000м	3100м	3200м	3300м	3400м	3500м	3600м	3700м	380м
		309	321	333	345	357	369	381	393	405

#### Литература

1. Дементьев Л.Ф. Статистические методы обработки и анализа промыслово-геологических данных. М.: Недра. 1966. 206 с.
2. Длин А.М. Математическая статистика в технике. М.: Сов. наука. 1958. 466 с.

## УСТАНОВКА, НАСТРОЙКА И МОДЕРНИЗАЦИЯ ПО АЦП Е14-140-М ДЛЯ ОС СЕМЕЙСТВА LINUX

Кирилов А.А.

*artemmiroy117@gmail.com*

Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация. В работе описывается способ установки драйверов плат АЦП/ЦАП Е14-140-М и вспомогательного программного обеспечения для сбора данных, разработка shell-сценариев оболочки BASH Linux для файловых операций с объемами данных. Описаны способы автозапуска программ и запуска shell - сценариев по заданному времени.*

*Ключевые слова: аналого-цифровые преобразователи, программное обеспечение, удаленный сервер, управляющий shell – сценарий, crontab - задание*

### Введение

Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) являются устройствами, которые принимают входные аналоговые сигналы и преобразуют их соответствующие цифровые сигналы, пригодные для последующей обработки. АЦП находят широкое применение в различных областях современной науки и техники [1]. Такие устройства являются неотъемлемой составной частью систем сбора данных, систем преобразования информации, программируемых источников питания, установок для контроля элементов и микросхем, а также важными компонентами различных автоматических систем контроля и управления.

### Описание АЦП/ЦАП Е14-140-М

АЦП/ЦАП Е14-140-М – универсальное программно-аппаратное устройство, производства Российской фирмы LCard [2], предназначенное для построения многоканальных измерительных систем ввода, вывода и обработки аналоговой и цифровой информации в составе персональных компьютеров. АЦП Е14-140-М – предназначен для построения многоканальных измерительных систем ввода, вывода и обработки аналоговой и цифровой информации с наличием USB интерфейса для подключения к ПК [2]. Задание параметров работы устройства осуществляется с помощью программ. Внешний вид устройства приведен на рис. 1.



Рисунок 1 – Внешний вид АЦП/ЦАП Е14-140-М

Среди возможностей платы *E14-140-M* возможно отметить:

1. Продвинутое режимы синхронизации, позволяющие создать многомодульную систему сбора данных по схеме один датчик – много приемников;
2. Независимая настройка каждого канала, позволяющая работать с различными типами датчиков одновременно;
3. Низкоуровневое программирование *ARM*-контроллера, в том числе, с применением *JTAG*-эмулятора;
4. Выходы для питания маломощных внешних устройств +5 В, до 100 мА, ±15 В, до 20 мА по каждой из цепей.

Краткие технические характеристики устройства приведены в Таблице 1.

Таблица 1

Чип	<i>AT91SAM7S256</i>
Питание	<i>USB</i>
Габариты	140 x 96 x 30 мм
Количество каналов АЦП	16 дифференциальных или 32 с "общей землей"
Разрядность АЦП	14 бит
Максимальная частота преобразования	200 кГц
Количество входов/выходов	16 параллельных, асинхронных

### Программное обеспечение для АЦП/ЦАП *E14-140-M*

Программное обеспечение и библиотеки разработчика поставляются вместе с платой АЦП *E14-140-M*. Оно разрабатывается как под ОС *Windows*, так под ОС семейства *Linux*, и может работать на таких системах как *Ubuntu*, *Debian*, *OrangePI*, *Slackware*. Среди выше перечисленных систем наиболее подходящей является ОС *Ubuntu* и различные ее модификации. Главными ее достоинствами являются использование свободной лицензии *GNU GPL*, подходит для большинства *Linux* – приложений, а также ее популярность среди разработчиков облегчает поиск справочной информации по возникающим вопросам.

Назначение параметров и режимов АЦП *E14-140-M*, взаимодействие с другим ПО осуществляется с помощью программ драйверов. Наличие в модуле АЦП *E14-140-M* 32-х разрядного *ARM* процессора с тактовой частотой 48 МГц позволяет использовать для разработки драйверов и программного обеспечения (ПО) для взаимодействия с устройством более высокоуровневый язык *C*.

Для установки драйверов выбирается системный каталог */usr/src*, предназначенный для установки файлов пользователей и программ, расположенный рядом с библиотеками ядра. Драйвера устройства размещаются в отдельный каталог *dstr: /usr/src/dstr*.

При установке драйверов *E14-140-M* предварительно компилируется библиотека *liblcomp.so*. Для этого необходимо перейти во вложенный каталог: *cd lcomp*, каталоге *lcomp* редактировать файл *ldevbase.cpp* и запустить команду *make*. Полученная библиотека копируется в общий каталог с драйверами, после чего в нем запускается сценарий *build.sh* для компиляции и сборки драйверов.

### Установка программы *E140DataLoader* для загрузки данных с АЦП

Программное обеспечение для сбора и записи данных с АЦП/ЦАП *E14-140-M* написано на языке *C++* и предоставлено на безвозмездной основе коллегами из Института космофизических исследований и распространения радиоволн (ИКИР) ДВО РАН. Программа получила название *E140DataLoader* и устанавливается под *root* – правами в каталог *E140DataLoader*, который вместе с драйверами, располагается в каталоге */usr/src/dstr/E140DataLoader*. Данная программа читает данные из *E14-140-M* и записывает их в текстовый и бинарный файлы, имеющих расширения *\*.txt* и *\*.wav*. Количество пар файлов соответствует количеству заданных каналов. По завершению формируется файл с

расширением *\*.prop*, в который записываются заданные параметры и их расхождения с реальными показателями при работе устройства. Изначально, при работе программы, все файлы записывались в один каталог */e140data*. Как показала практика, это не удачное решение, особенно если произойдет перезагрузка системы или сбой в работе: файлы с данными будут повреждены, а соответствующий файл с расширением *\*.prop* будет отсутствовать. Это приведет к проблемам при копировании данных на удаленный сервер и последующей их обработке. Для оптимизации файловых операций целесообразно записывать файлы одного сеанса в соответствующий каталог.

Для модернизации программы следует подключить заголовочный файл *sys/stat.h*, входящий в библиотеку стандарта *posix*, которая уже имеется в системе. Он содержит объявление функций и требуемые макросы и структуры, которые используются для управления каталогами файловой системы *Linux*.

```
#include <sys/stat.h>
```

Далее с помощью функции *int mkdir (const char \*path, mode\_t mode)* создаем каталог с заданными правами (*root*) с названием, заданным переменной *path* в следующем формате:

```
YY_mm_dd_hh_mm_ss
```

где *YY* – год, *MM* – месяц, *DD* – день, *hh* – часы, *mm* – минуты, *ss* – секунды – время создания каталога. Значение переменной *path* дальше участвует в формировании пути для вывода данных в файл:

```
/e140data/YY_MM_DD_hh_mm_ss/YY_MM_DD-hh-mm-ss-ChN-Usec.wav
```

где *ChN* – текущий номер канала, *Usec* - начальная микросекунда. Таким образом, внутри каталога */e140data* программа будет создавать отдельные каталоги с соответствующими файлами внутри. Во время работы программа *E140DataLoader* также использует библиотеку *liblcomp.so*. Поэтому ее также необходимо скопировать в каталог с исходными файлами перед сборкой программы.

Запуск программы осуществляется путем выполнения команды:

```
./E140DataLoader -s 0 -c 0 -i 900 -f 1000 -diff -v
```

Для программы можно указать различные опции, например, количество каналов или частоту оцифровки. Более подробный список опций программы *E140DataLoader* приведен в Таблице 2.

Таблица 2

Опции	Определение	Значение по умалчиванию
<i>-s</i>	Чувствительность	0
<i>-c</i>	Количество каналов	1 канал
<i>-i</i>	Интервал времени в секундах, для формирования файлов каждого канала	900 сек
<i>-f</i>	Частота оцифровки	1000 Гц
<i>-diff</i>	Дифференциальный вход	0
<i>-v</i>	Диагностические сообщения	0

Значения, не задаваемые в строке, принимают значения по умолчанию, заданные в исходном коде *E140DataLoader*.

#### Предварительная подготовка системы *Linux*

Для передачи данных, удаленного контроля за работой ОС и программы *E140DataLoader* необходимо создать статическое сетевое подключение. Для этого в файл конфигурации */etc/network/interfaces* вносятся следующие строки:

```
iface enp1s0 inet static
    auto enp1s0
```

Далее следует прописать адрес локального компьютера, маску сети и шлюз. Удаленный контроль за системой достигается по протоколу *SSH*. Для этого на рабочую машину нужно установить *SSH* – сервер и реализовать некоторые настройки в файле конфигурации. Чтобы не использовать пустые пароли в пункте *PermitEmptyPasswords* необходимо указать значение *no*. Для работы с *E140DataLoader* могут понабиться права *root*, поэтому в пункте *PermitRootLogin* следует указать значение *yes*.

С помощью этого протокола можно получить доступ к системе и управлять ею, настраивать работу программ. Подключение к удаленной машине можно осуществить через терминал на другом ПК, если там стоит ОС *Linux*, или с помощью программ – клиентов в системе *Windows*.

Не менее важным будет настройка синхронизации по времени. В ОС *Linux* синхронизация по времени устанавливается с помощью протокола *NTP*, используемого для автоматической синхронизации системных часов компьютера по сети. С помощью *NTP* клиента машина запрашивает текущее время на сервере и используют его для установки своих собственных часов. Для настройки *NTP* в файл конфигурации, расположенный в */etc/ntp.conf* вносятся следующие строки:

```
server 192.168.1.133 prefer
```

Помимо этого, можно добавить адреса других *NTP* – серверов в сети. Команда *prefer* в конце строки указывает, что указанный сервер является предпочтительным. После установки и конфигурирования этих служб их следует перезапустить с помощью команды *service*.

#### **Разработка управляющих *shell* – сценариев для операций с данными**

Растущие объемы регистрируемых данных требуют использование периодических операций копирования и очистки рабочих каталогов. Для этого в *Unix*-подобных системах широко применяются сценарии *shell*-оболочки для автоматизации рутинных задач. Поэтому были разработаны *shell* - сценарии, копирующие выходные данные программы *E140DataLoader*.

Сценарий *archrun.sh* служит для выбора каталогов по заданным параметрам и их резервного копирования. Заданными параметрами являются время создания каталога и наличие в нем файла с расширением *\*.prop*, который записывается туда по окончании сеанса регистрации (обычно, 15 минут). Для отбора по времени необходимо указать в переменной *pwdate* текущую дату. Предварительно задается переменная *day*, значение которой соответствует количеству суток, которое надо отнять от текущей даты, чтобы получить дату начала записи данных. Результат присваивается переменной *olddate*:

```
pwdate=`date '+%Y-%m-%d %H:%M:%S'`
olddate=`date --date="- $day day" '+%Y-%m-%d %H: %M:%S'`
```

Переменные передаются в команду *find*, которая производит поиск каталогов в каталоге *\$SRCD=/e140data*:

```
find $SRCD -mindepth 1 -newermt $olddate! -newermt $pwdate -iname *.prop -type f
```

Далее команда *find* передает параметры при помощи *xargs* для копирования команде *cp*:

```
xargs -I folder cp -R $SRCD/folder $TGTD/folder
```

где *TGTD=/e140log* – резервный каталог.

Сценарий *copyrun.sh* служит для копирования файлов на удаленный сервер. Во избежание сбоев при подключении к сети, для копирования каталогов на удаленный сервер используется временное монтирование удаленного каталога. Пути начальной и конечной точки для копирования присваиваются переменным:

```
TGTD=/e140log
TGTD2="/mnt/data"
```

В начале работы монтируется удаленный каталог *data*:

```
mount -t cifs //192.168.1.133/data $TGTD2 -o user=unknown, password=*****
```

Далее, копируются туда все каталоги из временного хранилища:

```
cp -R --no-preserve=mode $TGTD/* $TGTD2/e140data/
```

Затем, временный каталог очищается его от старых данных:

```
rm $TGTD/*/*.* && rmdir $TGTD
```

далее, размонтирует удаленный каталог:

```
umount //192.168.1.133/data
```

После копирования на удаленный сервер каталоги с временного хранилища удаляются чтобы не занимать пространство на жестком диске. Ход выполнения процесса записывается в *log*-файл, который затем также перемещается в каталог с данными.

### Настройка автозапуска *shell* - сценариев

Для того чтобы в случае сбоя в работе ПК по питанию или перезагрузки сразу стартовала программа *E140DataLoader* необходимо внести ее запуск в конфигурацию автозапуска. Файл автозапуска находится по пути: */etc/rc.local*. Для этого в него вносятся следующие строки:

```
cd /usr/src/dstr
./start
cd /usr/src/dstr/E140DataLoader
./E140DataLoader -s 0 -c 0 -i 900 -f 1000 -diff -v
```

После автозапуска программы данные записываются на жесткий диск локального компьютера. Далее нужно скопировать их с помощью сценария *archrun.sh* в резервный каталог, а затем, с помощью скрипта *copyrun.sh*, необходимо переместить на сервер, предназначенный для долговременного хранения данных. Для этих целей необходимо осуществлять запуск сценариев в определенное время суток или в определенный день недели. Это можно достичь, используя системный планировщик *cron*, служащий для выполнения задач в фоновом режиме в заданное время.

Для этого время запуска скриптов устанавливаются с помощью службы *crontab* с помощью команды:

```
crontab -e
```

Важно, чтобы был подробно указан путь к сценарию и корректно прописана команда его запуска. Запись *crontab* – задачи содержит шесть полей и имеет следующий формат записи:

минуты часы день\_месяца месяц день\_недели команда

Копирование каталогов в резервный каталог можно производить ежедневно, а копирование каталогов на удаленный сервер 1-2 раза в неделю. По соответствующему шаблону выставляются *crontab* – задачи для *shell* – сценариев *archrun.sh* и *copyrun.sh*:

```
7 0 * * * sudo bash /e140data/archrun.sh
```

```
17 0 * * 1 sudo bash /e140log/copyrun.sh
```

Таким образом, копирование в резервный каталог будет происходить каждый день в 7.00 утра, а передача на сервер один раз в неделю по понедельникам в 17.00.

### Тестирование

С помощью встроенной команды *top* проверялось загрузка ОЗУ при различных количествах каналов АЦП. Копирование в резервный каталог использует приличное количество ОЗУ (60-80 %) при 3 каналах. Было апробировано возможное использование архивирования чтобы уменьшить объем исходных данных, но, ввиду большой загрузки ОЗУ (80 -100 %), при 3 каналах (соответственно 7 файлов в каталоге), использование операции сжатия крайне нежелательно. Копирование на удаленный сервер потребляет меньше ресурсов ОЗУ (40-60 %), в независимости от числа каналов.

### Заключение

Подключение внешних устройств к компьютерам, работающих под управлением ОС *Unix*, обладает рядом преимуществ перед подключением к компьютерам под управлением ОС *Windows*, а встроенные сервисы и средства администрирования ОС *Unix* для файловых

операций, автозапуска и запуска ПО в заданное время делает их привлекательными их использование для систем, работающих на удалении от пользователя. Применение *shell* – сценариев *BASH* позволяет производить отбор каталогов по времени и заданным параметрам и копировать данные в резервный каталог и на удаленный сервер. Автозапуск позволяет избежать вмешательства пользователя при перезагрузке, служба *cron* позволяет запускать нужные *shell* - сценарии по заданному расписанию.

#### Литература

1. Ширяев В.В. Компьютерные измерительные средства (КИС). Томск: Изд. ТПУ. 2008. 190 с.
2. E14-140-M: Недорогой внешний модуль АЦП/ЦАП на шину USB. URL: <https://www.lcard.ru/products/external/e-140m?qt-ltab> (Дата обращения 15.02.2021).
3. Уорд Б. Внутреннее устройство Linux. СПб.: Питер. 2016. 384 с.
4. Кофлер М. Linux. Установка, настройка, администрирование. СПб.: Питер. 2014. 768 с.
5. Граннеман С. Linux. Карманный справочник: Пер. с англ. М.: ООО «И.Д. Вильямс». 2010. 416 с.
6. Тейнсли Д. Linux и Unix: программирование в shell. Руководство разработчика: Пер. с англ. Киев: Издат. группа BHV. 2001. 464 с.

## СЕЙСМИЧЕСКОЕ МИКРОРАЙОНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ ПОД ВЫСОТНОЕ ЖИЛОЕ ЗДАНИЕ

Мураталиев Н.М.<sup>2</sup>, Камчыбеков Ы.П.<sup>1</sup>

*melomanlover@gmail.com, yrysmendi@rambler.ru*

<sup>1</sup> Институт сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики, г. Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>2</sup> НИИ «Сейсмостойкое строительство» Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация. Развитие возведения высотных жилых зданий требует отдельного подхода в зависимости от инженерно-геологических условий при сейсмическом микрорайонировании данной площадки. В подземной части высотных зданий часто бывают расположены не только инженерные сектора, но и большие помещения, которые будут служить в качестве офисов бизнеса и технических центров. В связи с этим, фундамент здания уходит на большую глубину. При сейсмическом микрорайонировании может быть определено влияние грунтовых условий на уровне упирания фундамента здания.*

*Ключевые слова: сейсмическое микрорайонирование, инженерно-грунтовые условия, строительная площадка, высотное жилое здание.*

**Введение.** Строительство высотных домов требует при проведении сейсмического микрорайонирования отдельного подхода в зависимости от инженерно-геологических условий данной площадки [1]. В высотном строительстве здание возвышается не только вверх, но и фундаментом уходит вниз. Так как высотные здания обычно являются многофункциональным объектом, то есть подземная часть этих зданий будет служить не только инженерным сектором, где находятся инженерные, водно-канализационные, тепловые и газовые сети, но и будет служить в качестве офисов бизнеса и технических центров. Таким образом, фундаменты многоэтажных зданий уходят вниз и могут опираться на твёрдые грунты в зависимости от инженерно-геологических условий конкретной местности. Перечисленные выше особенности требуют абсолютно нового подхода и новой трактовки при сейсмическом микрорайонировании площадки строительства. Влияние грунтовых условий в сейсмическом микрорайонировании может быть определено для грунтов на уровне упирания фундамента здания.

В конце прошлого века и начале нынешнего сейсмическое микрорайонирование проводилось для поверхностного слоя земли, потому что при планировании архитектуры зданий основной упор делался на типовое строительство 5-9 этажных домов. Это было хорошим решением при планировании в сейсмостойком строительстве. У таких зданий обычно фундаменты были неглубокого заложения и опирались на верхние слои грунта. Инженерные коммуникации находились в фундаментной части здания. Для невысокого здания достаточно было определить сейсмические характеристики верхнего слоя грунта. Но в то же время, начиная с 80-х годов прошлого века, стали строить высотные здания в местах, где грунты были твёрдыми и однослойными. Был ещё опыт в сейсмическом микрорайонировании площадки строительства дымовых труб для ТЭЦ, где грунты были многослойными и фундаменты этих сооружений опирались на твёрдые грунты, и тогда проводились уточнения индивидуального сейсмического микрорайонирования площадки для таких сооружений. Учитывая прошлый опыт строительства, такой метод можно применять и для современных высотных домов, расположенных в многослойных грунтах строительной площадки. Вследствие чего задача по уточнению строительной площадки в строительстве в данное время является актуальной. В неё входит уточнение сейсмической интенсивности

строительной площадки при строительстве высотных зданий, которые расположены в многослойных грунтах.

**Данные.** Сейсмологическими службами разных стран зарегистрировали произошедшее землетрясение 5 августа 2020 г. Параметры этого землетрясения по нескольким службам приведены в таблице 1. Карта эпицентра землетрясения, определенного различными службами, показана на рисунке 1. Разброс расположения эпицентров по данным различных служб связан с отдаленностью сейсмических станций этих служб. Близко и вокруг эпицентра расположены 6 сейсмических станций KRNET Института сейсмологии НАН КР, поэтому определенные параметры землетрясения соответствует действительности. Непосредственно близко расположенная сейсмическая станция «Баткен», и ее код мировой сейсмологической сети ВТК, на расстоянии от эпицентра  $\approx 10,0$  км [2].

Паники у местного населения не было, хотя землетрясение было достаточно ощутимым. Это можно объяснить психологическим фактором жителей малых городов и сельской местности, что они больше связаны с природой по своей жизни и трудовой деятельностью.

Таблица 1 – Параметры землетрясения

Название	Дата	Время	Широта	Долгота	Н, км	М <sub>v</sub>	М <sub>L</sub>	Ма <sub>g</sub>	m <sub>s</sub>	m <sub>b</sub>	M <sub>s</sub>	K
ИС НАН КР (KRNET)	2020-08-05	08:18:51,1	40,13°	70,88°	22	5,3						11,6
КНЦД (KNDC)	2020-08-05	08:18:47,74	39,8448°	70,8311	5	5,2				5,2		11,5
Геофизическая служба РАН	2020-08-05	08:18:51	40,25	70,79	10						4,8	
CSEM-EMSC	2020-08-05	08:18:50,7	40,24°	70,69°	10			4,9				
USGS	2020-08-05	08:18:50	40,16	70,788	10			4,9				

Примечание: ИС НАН КР – Институт сейсмологии Национальной Академии Наук КР; КНЦД – Казахстанский национальный центр данных; CSEM-EMSC - Европейско-средиземноморский сейсмологический центр; USGS - Геологическая служба Соединенных Штатов Америки.

Жители больших городов работают на заводах, фабриках, офисах, торговых центрах и живут в высотных домах, вследствие чего оторваны от природы и как показывает практика больше подвержены панике, если происходит землетрясение с такой силой и на таком расстоянии.

Сейсмичность Баткенской области является высокой. В работах [3-5,8,11,12] она рассмотрена более подробно. На рисунке 2 показана карта сейсмичности этого района. Как видно из карты, эпицентр расположен на сгущенной концентрированной части расположения эпицентров землетрясения. В районе, вблизи эпицентра землетрясения произошли сильные землетрясения в 1902 году  $K \approx 14,4$  интенсивностью  $\approx 7$  баллов и Исфара-Баткенское землетрясение в 1977 году  $K \approx 15,5$  интенсивностью 8 баллов (рис.3). Кроме того, в радиусе 60 км произошли крупные сейсмособытия: 1822 г.  $K \approx 15,2$  интенсивностью 8,9 баллов; 1982 г. Чимионское землетрясение  $K = 14,4$  интенсивностью 7,8 баллов; в 1951 г.  $K = 13,8$ ; в 2011 г. Канское землетрясение  $K = 15,0$  интенсивностью 8 баллов. В основном

эпицентры этих сильных землетрясений расположены в Южно-Ферганской тектонической зоне. Землетрясение 5 августа 2020 г. относится к Северо-Катарскому разлому.

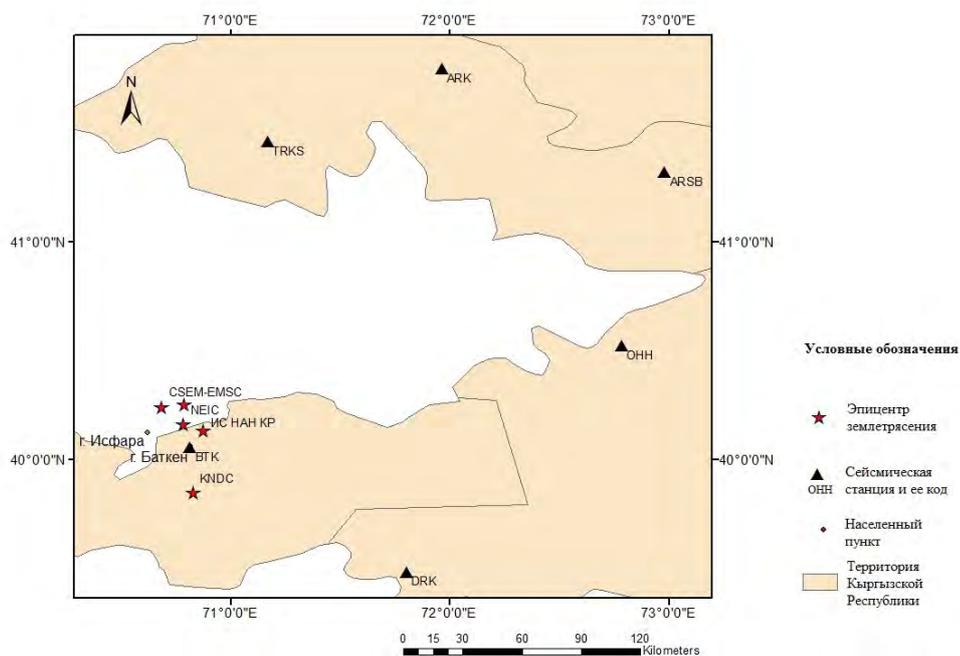


Рисунок 1 – Карта расположения эпицентра землетрясения 5 августа 2020г. по данным разных сейсмологических служб. Примечание код и название сейсмических станций: ARK –Аркит; ARSB – Арсланбоб;ВТК – Баткен; DRK -Дараут-Курган; ОНН – Ош; TRKS - Терек-Сай

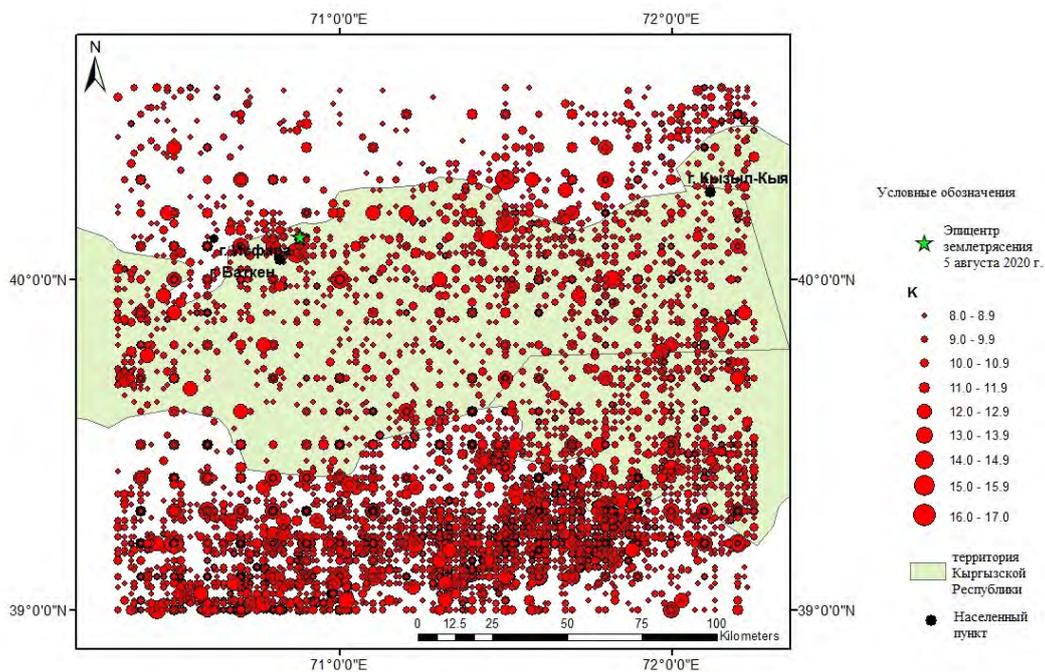


Рисунок 2 – Карта расположения эпицентров землетрясения с исторических времен по 2020 г.  $K \geq 8$  на территории Баткенской области и прилегающих районов

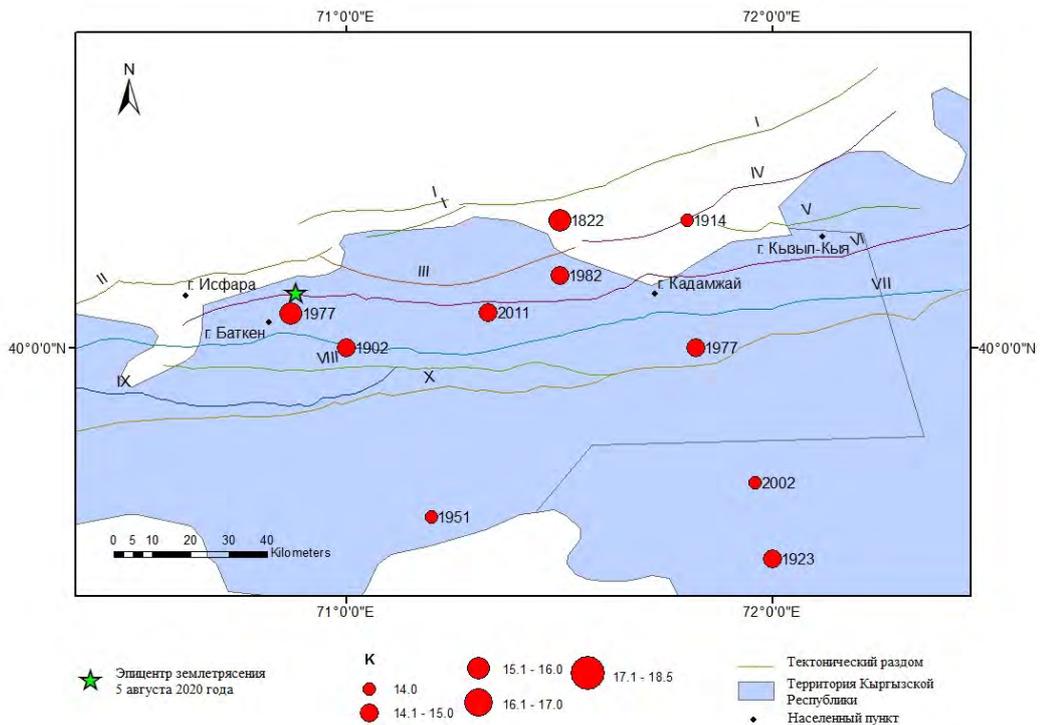


Рисунок 3 – Карта расположения сильных землетрясений. Тектонические разломы в районе эпицентра землетрясения: I – Южно-Ферганский; II – Гузанский; III – Бельсуйский; IV – Чимионский; V – Куvasайский; VI – Северо-Катарский; VII – Южно-Катарский; VIII – Хайдарканский; IX – Ворухский; X – Предтуркестанский.

Записи колебаний скорости амплитуд для 6 сейсмических станций приведены на рисунке 4 и в таблице 2 (максимальные значения амплитуд и ее период колебания).

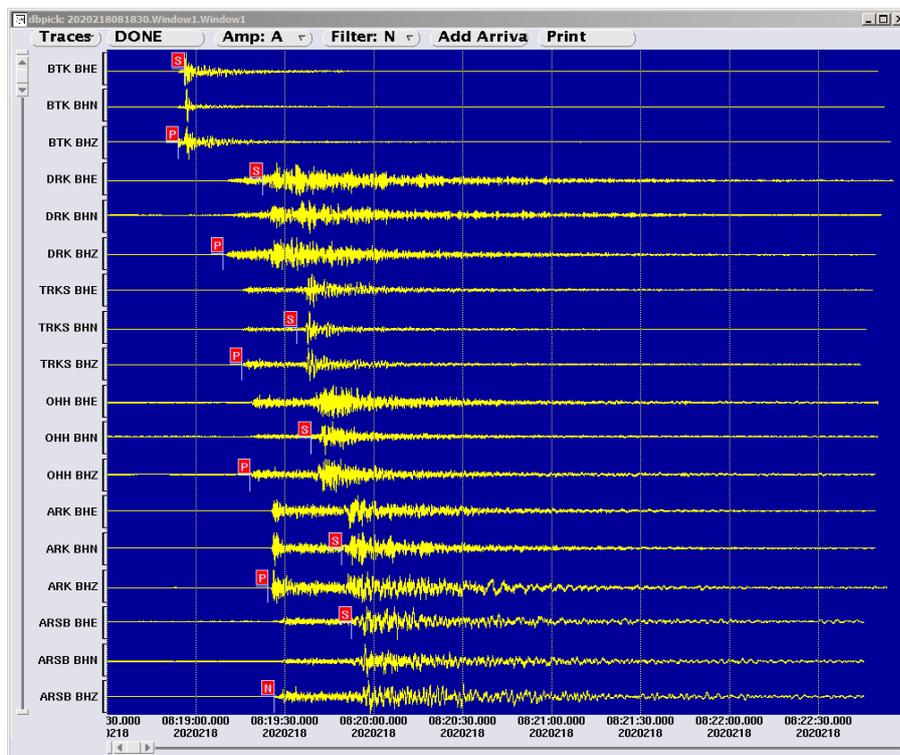


Рисунок 4 – Записи колебаний скорости амплитуд для 6 сейсмических станций. Примечание: с левой стороны указаны код станций (см. рис.1) и направления осей велисометров: BHE – восток-запад; BHN – север-юг; BHZ – вертикальный

Таблица 2 – Максимальные значения амплитуд и ее период колебания записи скорости Р продольной и S поперечной волны

Название сейсмических станций	Код	Р продольная волна		S поперечная волна	
		Максимальная амплитуда, мк/с	Период максимальной амплитуды	Максимальная амплитуда, мк/с	Период максимальной амплитуды
Баткен	BTK	20.618	1.1	129.65	1
Дараут-Курган	DRK	0.8455	0.5	11.523	0.5
Терек-Сай	TRKS	20.4	0.9	36.516	0.9
Ош	ОНН	2.2584	0.6	10.051	0.3
АркиТ	ARK	3.1651	1	3.8535	0.4

Землетрясения такой силой происходят часто в этом регионе. Внимание к этому землетрясению связано с тем, что была установлено инженерно-сейсмометрическая станция в г.Кызыл-Кия (расстояние от эпицентра землетрясения  $\approx 106,4$  км). Станция была установлена на разном уровне в зависимости от грунтовых условий. Что требует современные задачи сейсмического микрорайонирования и со строительством высокоэтажных жилых домов [10].

Вследствие чего задача по уточнению строительной проектируемой площадки в строительстве в данное время является актуальной. В неё входит уточнение сейсмической интенсивности строительной площадки при строительстве высотных зданий, которые расположены в многослойных разнотипных грунтах.

Запись колебаний грунта от землетрясения проводилась шестиканальной сейсмической станцией. В качестве датчиков использовались электродинамические вибрографы типа СМ-3. В рабочем положении период собственных колебаний маятников приборов устанавливался равным 2 с.

Уточнение сейсмичности проектируемой площадки строительства высокоэтажного жилого комплекса с торговыми помещениями и подземным автопаркингом г.Кызыл-Кыя. Для измерения колебаний грунтов от землетрясения было организовано два сейсмопункта наблюдения (рис. 5). Инженерно-грунтовые условия представляет верхний слой (а) – суглинок светло-коричневого цвета, маловлажный, средней плотности, твердой консистенции, с редким включением гравия, непросадочные, нижний слой (б) – галечниковый грунт с песчано-суглинистым заполнителем до 30%, с валунами 5%.

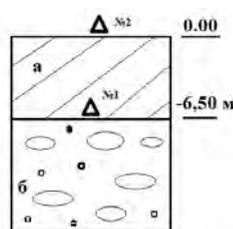


Рисунок 5 – Инженерно-геологическое условие проектируемой строительной площадки и расположение инженерно-сейсмометрических пунктов и их номер

На рисунках 6 и 7 приведены записи скорости колебаний землетрясения на инженерно-сейсмометрических пунктах, амплитудные спектры по двум инженерно-сейсмометрическим пунктам регистрации, что позволило провести их сравнение по амплитудам колебаний и преобладающим частотам.

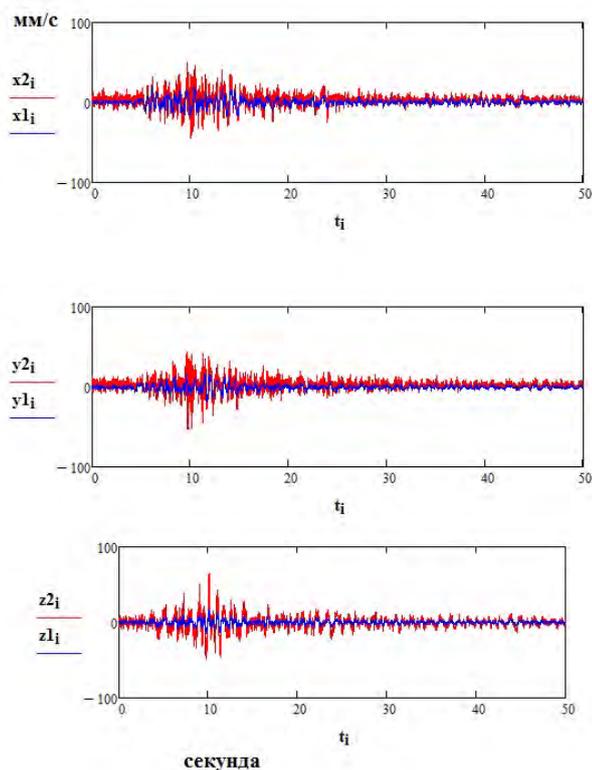


Рисунок 6 – Запись скорости колебаний от землетрясения на поверхности и в яме глубиной 6.5 м метров от поверхности земли:  $x1_i$ ,  $x2_i$  – горизонтальное направление С - Ю;  $y1_i$ ,  $y2_i$  – горизонтальное направление В - З;  $z1_i$ ,  $z2_i$  – вертикальное направление Z

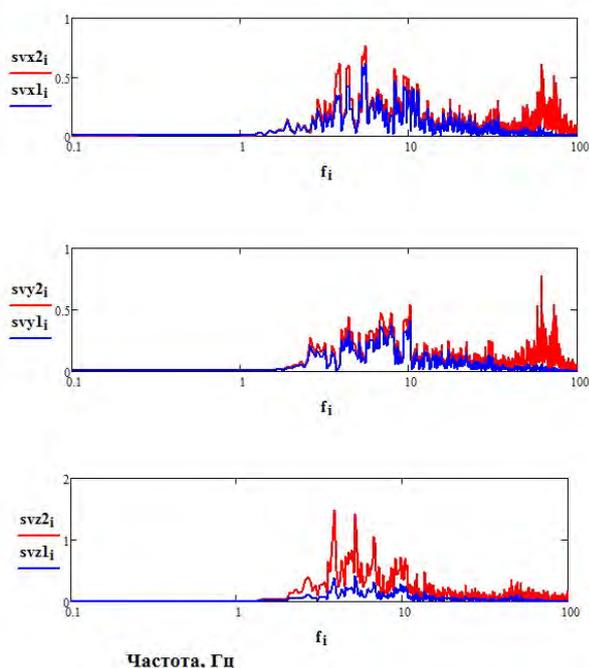


Рисунок 7 – Амплитудные спектры Фурье велосигграмм записи землетрясения на поверхности и в яме глубиной 6.5 метров:  $svx1_i$ ,  $svx2_i$  (С - Ю);  $svy1_i$ ,  $svy2_i$  (В - З);  $svz1_i$ ,  $svz2_i$  (Z)

Приращения сейсмической интенсивности  $\Delta I$  в каждом исследуемом пункте вычисляются относительно фиксированного пункта по формуле, применяемой для расчета  $\Delta I$  по наблюдениям сейсмических колебаний при землетрясениях и взрывах [6,9]:

$\Delta I = 2.13 \lg(A_i/A_0)$ , где  $A_i$  – амплитудный спектр скорости колебаний, вызванных сейсмическим событием в исследуемом пункте, а  $A_0$  – амплитудный спектр скорости колебаний в фиксированном пункте.

В таблице 3 приведены значения приращения сейсмической интенсивности, определенные для территории исследования.

Согласно разделу «Выбор эталонных грунтов» РСМ-85 [9] в качестве эталонных грунтов рекомендуется выбирать средние грунты, к которым условно относится величина исходного балла. Такими образом за эталонные грунты были приняты галечниковые грунты характерные для верхней части разреза исследуемой территории строительства, либо крупно и среднезернистые песчаные грунты средней плотности, либо близкие по составу грунты, относящиеся ко II категории по сейсмическим свойствам. При оценке балльности применяется MSK-64 и EMS-98 [7,13].

Таблица 3 – Значения приращения сейсмической интенсивности в пункте наблюдения, относительно опорной сейсмической станции.

Параметры	Сейсмочка №2			Сейсмочка №1			$\Delta I(f) = 2.13 \lg(A_1/A_2)$		
	С-Ю	В-3	Z	С-Ю	В-3	Z	С-Ю	В-3	Z
Максимальная амплитуда, мм/с	49.90 7	52.86 6	65.03 4	19,76 2	16,57 8	17,08 5	- 0.86	-1.0	-1.2
Преобладающая частота, Гц	5,5	10,2	5,2	5,5	10,2	3,9			
<b>Среднее значение приращения балльности, балл = -1</b>									

**Вывод.** По результатам проведенного эксперимента получено, что сейсмичность проектируемой площадки строительства на глубине ниже – 6,5 м от поверхности земли составляет 8 балл (по шкале сейсмической интенсивности MSK-65). Отсюда следует, что для строительства здания верхний слой грунта можно снять.

### Литература

1. Камчыбеков М.П., Мураталиев Н., Егембердиева К.А., Камчыбеков Ы.П., Кынатова З.Р. Уточнение сейсмичности строительной площадки под высотное жилое здание // Вестник Института сейсмологии НАН КР. 2020. № 1 (15). С. 28-32.
2. Камчыбеков М.П., Мураталиев Н., Камчыбеков Ы.П. Землетрясение 5 августа 2020 г., Кыргызская Республика Баткенская область // Вестник Института сейсмологии НАН КР. 2020. №2 (16). С. 31-37.
3. Джанузаков К. Землетрясения Киргизии и сейсмическое районирование ее территории. Фрунзе: Илим. 1964.115 с.
4. Джанузаков К.Д, Омуралиев М., Омуралиева А., Ильясов Б.И., Гребенникова В.В. Сильные землетрясения Тянь-Шаня (в пределах территории Кыргызстана и прилегающих районов Кыргызстана стран Центральной Азии). Бишкек: Илим. 2003. 216 с.
5. Касымов С.М., Джураев А.И. и др. Карта изосейст Исфара-Баткенского землетрясения 31 января 1977 г. Ташкент: Фан. 1977.
6. Медведев С.В. Инженерная сейсмология. М.: Госстройиздат. 1962. 283 с.
7. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64 // Сейсмическое районирование СССР / Под. ред. С.В. Медведева. М.: Наука. 1968. С. 158-162.

8. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. / Отв. ред.: Н.В. Кондорская, Н.В. Шебалин. М.: Наука. 1977. С. 198-296.
9. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию при инженерных изысканиях для строительства. РСМ-85. М. 1985. 73 с.
10. Камчыбеков М.П., Мураталиев Н., Егембердиева К.А., Камчыбеков Ы.П., Кынатов З.Р. Уточнение сейсмичности строительной площадки под высотное жилое здание // Вестник Института сейсмологии НАН КР. 2020. № 1 (15). С. 28-32.
11. Камчыбеков М.П., Усманова М.Т., Фролова А.Г., Джураев А., Егембердиева К.А., Нурматов У.А., Камчыбеков Ы.П., Чаримов Т.А. Канское землетрясение 19 июля 2011 г. // Землетрясение Северной Евразии, 2011 год., Обнинск: ФИЦ УГС РАН. 2017. С. 379-391.
12. Камчыбеков М.П., Егембердиева К.А., Чаримов Т.А., Камчыбеков Ы.П. Макросейсмическое обследование Канского землетрясения // Вестник Института сейсмологии НАН КР. 2013. № 1. С. 32-41.
13. Grunthal, G. European Macroseismic Scale 1998. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie. 1998. Vol. 15. P. 1-99.

## К ВОПРОСУ О НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ СВИТАХ В ПАЛЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЮЖНОГО УЗБЕКИСТАНА

Нуритдинов Ж.Ф., Хожамуратова З.Х.

*jnuritdinov13@mail.ru*

АО «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», г. Ташкент,  
Республика Узбекистан

*Аннотация. Статья посвящена вопросам поиска и разведки нефтематеринских свит палеогеновых отложений южного Узбекистана. Показано, что рассматриваемые отложения Южного Узбекистана объединяются в самостоятельную карбонатно-терригенную формацию и представляют собой законченный цикл осадконакопления. Отмечено, что в нижнепалеогеновое и особенно среднепалеоценовое время создались благоприятные условия для процессов битумообразования. Приведены сведения о содержании свободного битумоида и гуминовых кислот с учетом литологического состава вмещающих пород. Результаты исследования свидетельствуют о самостоятельном цикле нефтеобразования в кайнозойском периоде осадконакопления Южного Узбекистана, характерной чертой которого является одновременное захоронение минерального и органического материала, обеспечивающее высокую обогащенность их жидкими и газообразными углеводородами.*

*Ключевые слова: нефтематеринская свита, палеогеновые отложения, терригенная формация, осадконакопление, битум, породы, нефтеобразование.*

Палеогеновые отложения Южного Узбекистана объединяются в самостоятельную карбонатно-терригенную формацию и представляют собой законченный цикл осадконакопления.

Нижняя часть состоит из переслаивающихся доломитов, гипсов и известняков, которые накапливались в результате крупного опускания и трансгрессии моря, происходивших на протяжении бухарского века. В период образования этой мелководной карбонатной фации господствовала восстановительная геохимическая обстановка, лишь временами сменяющаяся окислительными осадконакоплениями в северных частях бассейна, о чем свидетельствуют уменьшение сингенетического пирита (28,0-0,6%) и увеличение гуминовых веществ (0,22-27,3%) с юга на север.

В нижнепалеогеновое и особенно среднепалеоценовое время создались благоприятные условия для процессов битумообразования [1].

Образцы, взятые в палеогене Южного Узбекистана, характеризуются максимальной концентрацией свободного битумоида и незначительным содержанием гуминовых кислот. Максимальное содержание органического вещества (ОВ) в них достигает 4%. Высокий процент битумов (72%) в балансе органического вещества (микронепть) является признаком миграции их из нижних горизонтов в верхние. Подобные битумоиды были встречены в Досманагинской, Старотермезской и частично на Гаджакской структурах. Преобладание масел и бензолных смол (52,05%) над асфальтенами и спиртобензолными смолами (47,95%) свидетельствует об их аллохтонном характере, что подтверждается промышленными залежами нефти, приуроченными к отложениям бухарских слоев на месторождениях Ляльмикар, Хаудаг, Учкизыл, Кокайты, Амударьинской и др.

На основании этого можно утверждать, что нижние и средние части разреза карбонатной фации палеоцена, особенно на юге, носят нефтематеринский характер [2].

В сузакское время палеогеновая трансгрессия за короткий отрезок времени достигла своего максимума. На юге накапливались глинистые фации с прослоями горючих сланцев, на

севере – песчано-глинистых. Геохимическая обстановка менялась от окислительной на севере до восстановительной на юге (возрастало в указанном направлении содержание тонкодисперсного рассеянного пирита от 0,3 до 35,0%), что способствовало накоплению и сохранению органического вещества в отлагавшихся осадках. Содержание хлороформного битумоида изменяется в среднем от 0,0065% (Досманага) до 0,0025 (Каратаг), а спиртобензольного, наоборот – 0,002 до 0,01% [3].

Количество гуминовых кислот незначительно, органического вещества на породу в среднем не превышает 0,22%, но высокая степень их битуминизации, иногда достигающая 23%, свидетельствует об аллохтонной природе.

В отложениях сузакских слоев некоторых скважин на площади Хаудаг отмечались нефтегазопроявления по трещинам нарушения (В.Б. Порфирьев, 1938), которые объяснялись ранее миграцией нефти из нижележащих бухарских слоев. Однако, как показали дальнейшие исследования, нарушения с амплитудой 12-70м в большинстве структур, в том числе и на Хаудагской, не затрагивают бухарских слоев (К.В. Бабков, 1962). Следовательно, нефтегазопроявления в сузакских глинах имеют сингенетичный характер, что и подтверждается компонентным составом битумоидов (масла – 34%, бензольные смолы – 16,9%, спиртобензольные – 33,8%, асфальтены – 15,2%) [4].

#### Сведения о содержании свободного битумоида и гуминовых кислот

Слои	Литологич. состав вмещающих пород	Содержание ОБ в породе, %			Состав ОБ, %	
		Битумоид ов А (хл)	Гуминовых кислот	ОБ в целом	Битумоиды	Гуминовые кислоты
Туркестанские	Глины	0,04-0,12(3)	0,038-0,62(2)	0,7-1,7(3)	5,0-8,3	2,2-8,6
	Песчаники	0,08	0,015	0,07	42,8	21,4
Алайские	Глины	0,025-0,05(4)	0,025-0,16(5)	0,06-1,2(5)	4,3-12,5	3,0-47
	Песчаники	0,03	0,015	0,066	43,4	22,7
	Известняки	0,021-0,026	0,0075-0,12	0,04-0,5	4,2-50,0	6,7-24,0
Сузакские	Глины	0,026-0,03(2)	0,027-0,0049(2)	0,13-0,32(2)	8,1-23,0	3,76-8,4
Бухарские	Известняки	0,18-3,3	0,001-0,024	0,03-3,98	49-83	0,22-7,3

Примечание. В скобках указано количество образцов.

Изучив палеогеографические условия, геохимические особенности пород и геохимическую среду осадконакопления сузакских слоев, стало понятно, что отложения сузакского яруса относятся к нефтематеринским свитам.

Начало алайского времени характеризуется общим обмелением бассейна. На территории Южного Узбекистана в основании алайских слоев отлагаются известняки, мергели и песчаники. К концу алайского века область несколько погрузилась, в результате чего накопились глинисто-карбонатные фации. Оценивая геохимическую обстановку алайского бассейна, следует отметить, что здесь на отдельных участках восстановительный режим сменялся окислительным. Так, в компонентном составе, битумоидов, извлеченных из глин верхнего алая, спиртобензольные смолы и асфальтены преобладают (63,3%) над бензольными и маслами (36,7%). Для глин верхнего алая некоторых разрезов также характерно высокое содержание гуминовых кислот (3-47%) в балансе ОБ.

Незначительное содержание пирита в верхней части разреза при сравнительно небольшом количестве битумоида в них (0,0012-0,013%) и палеогеографические условия показывают, что процессы преобразования исходного органического вещества в этих случаях были направлены на гуминообразование. При этом не исключается возможность

нефтематеринского характера образования глинисто-карбонатной толщи нижнего алая в отдельных частях района, где степень битуминизации органического вещества в некоторых образцах глин достигает 12,5%, а содержание битумоидов превышает кларковое значение (старый Термез). Таким образом, в целом нефтематеринская природа алайских слоев менее выражена, чем сузакских.

Промышленные скопления газа в песчано-карбонатной пачке нижней части алая, с которой контактируют сузакские глины, в результате миграции углеводородов перешли из подстилающих сузакских слоев, что доказывают проявления жидкой нефти и газа в глинах сузакского яруса на месторождении Хаудаг.

Следовательно, они не сингенетичны, как утверждают некоторые исследователи, а эпигенетичны.

В прошлых работах выдающихся ученых определено, что в палеогене Южного Узбекистана состав нефти бухарских и алайских слоев (качественная и количественная характеристики металлопорфириновых комплексов и микроэлементов, содержание серы и асфальтово-смолистых веществ этих нефтей) различен.

По усредненным данным многочисленных анализов проб нефтей алайских слоев, концентрация ванадийпорфиринового комплекса (мг на 100г нефти) ниже (0,7%), чем железопорфиринового (1,33%), тогда как в нефтях бухарских слоев содержание железопорфиринового комплекса (1,27%) в десятки раз ниже ванадийпорфиринового (82,46). Отношение ванадийпорфиринового к железопорфириновому (никелепорфириновый) в нефтях бухарских слоев очень высокое (65,0), а в нефтях алайских слоев не превышает 0,53.

Нефти алайских слоев относятся к низкосернистым (количество серы в целом не превышает 0,47), а бухарских типично высокосернистые (3,34), асфальтово-смолистых веществ в нефтях бухарских слоев значительно больше (32,5), чем в алайских (21,2).

Резко отличаются нефти и по содержанию микроэлементов (ванадий и никель): в нефтях бухарских слоев ванадий преобладает (3,1%) над никелем (2,5%), а в нефтях алайских ванадий почти в два раза меньше (0,45%), чем никеля (0,85%).

Различие составов нефтей алайских и бухарских слоев, вероятно, объясняется генетическими особенностями, обусловленными различными исходными органическими веществами и условиями их преобразования [5].

Все это свидетельствует о самостоятельном цикле нефтеобразования в кайнозойском периоде осадконакопления Южного Узбекистана, характерной чертой которого является одновременное захоронение минерального и органического материала, обеспечивающее высокую обогащенность их жидкими и газообразными углеводородами.

### Литература

1. Наср Т.Н. Добыча тяжелой нефти в России: использование опыта Канадских компаний // Waves Of Change. Offshore Technology Conference. Reliant Park. Houston, Texas, USA. 5-8 May, 2008. P. 78-85.
2. Николин И.В. Методы разработки тяжелых нефтей и природных битумов // Наука – фундамент решения технологических проблем развития России. 2007. № 2. С. 31-34.
3. Потенциал освоения ресурсов природных битумов и высоковязких нефтей в РФ / Маркетинговое агентство НАВИГАТОР. Череповец. 2010. 30 с.
4. Геологические условия залегания и особенности размещения природных битумов и горючих сланцев Средней Азии / Хаимов Р.Н., Смольников Ю.Р., Ходжаев Р.А., Пенькова Г.В. М.: ВНИИОЭНГ. 1982. 33 с.
5. Хаимов Р.Н. и др. Оценка ресурсов, составление карты прогноза битумов и высоковязких нефтей (ВВН), разработка научных основ их поисков и разведки на территории Средней Азии с целью подготовки сырьевой базы и комплексного использования природных битумов и ВВН в народном хозяйстве / СредазНИПИнефть. Ташкент. 1983.

## ПРОГРАММА ПЕРВИЧНОЙ ОЦЕНКИ И ФИЛЬТРАЦИИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ КООРДИНАТ И ВЕКТОРОВ СКОРОСТИ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ПАКЕТА GAMIT/GLOBK

Прохоров О.А.  
helgpro@yandex.ru

Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация.* Создана программа *FirstOut* для первичной обработки и фильтрации файлов временных рядов и векторов скорости, полученных после расчетов программой GAMIT/GLOBK. *FirstOut* работает в автоматическом режиме, сортирует данные по допустимому уровню ошибок и значений векторов скорости, объединяет данные по маркам в один пункт, фильтрует данные по заданным границам исследуемой территории, оценивает временной ряд на критическое количество измерений и отделяет некорректные данные, формирует отдельные целевые файлы для анализа и графического отображения.

*Ключевые слова:* программа, dataframe, Python, Qt5, временной ряд, вектор скорости обработки данных

При массовой обработке GPS данных за десятки лет измерений по территории Центрально-Азиатской (ЦА) сети в программе GAMIT/GLOBK мы получаем временные ряды высокоточных координат и векторов скорости. ЦА GPS сеть включает в себя 1582 марки, на которых проводились измерения в период с 1994г и по настоящее время, и эти марки объединятся в 692 пункта на территории Киргизии, Казахстана, Таджикистана, Узбекистана и Китая (рис.1).

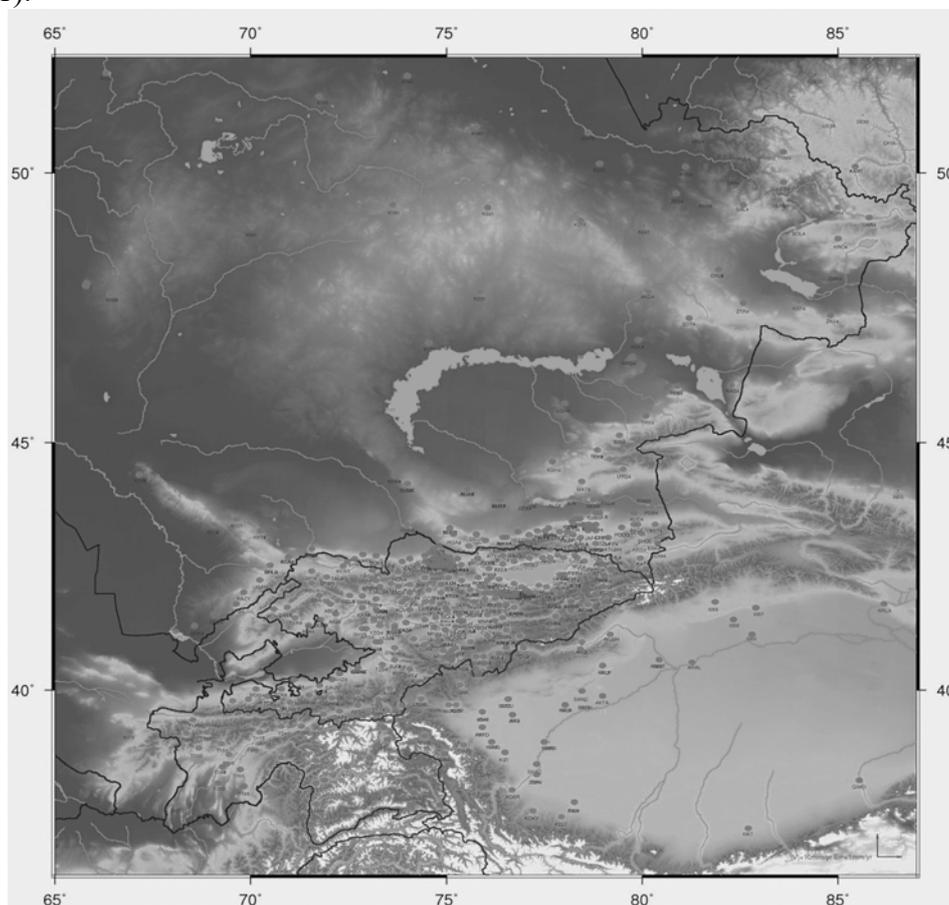


Рисунок 1 – Центрально азиатская GPS сеть

Помимо многолетних входных данных по территории ЦА сети при расчётах в программе GAMIT/GLOBK технологически требуется включение в обработку за этот же интервал измерений данные мировой сети IGS (>500 станций) для привязки координат и векторов скорости к мировой системе отсчета.

Таким образом, на выходе из программы GAMIT/GLOBK мы получаем временные ряды координат для ~2 тысяч марок, каждая из которых содержит от нескольких десятков до 10 тысяч строк с 3-мерными координатами, оценками их ошибок и другой информацией на каждый день измерений марки. Представление о такой информации по ежедневной позиции марки можно получить из фрагмента текстового результирующего файла (рис.2).

```
soln....."rapid", "final", "suppl/suppf", "campd", or "repro" corresponding to products generated with rapid or final
End Field Description
YYYYMMDD HHMMSS JJJJJ.JJJJ.....X.....Y.....Z.....Sx.....Sy.....Sz.....Rxy.....Ryz.....Ryz
19950613.115900.49881.4993.1468140.86101.4531968.19662.4228489.82743.0.00650.0.01323.0.01294.0.670.0.814.0.900.
19950905.115900.49965.4993.1468140.85314.4531968.20154.4228489.82221.0.00861.0.01939.0.01469.0.678.0.814.0.877.
19950906.115900.49966.4993.1468140.85228.4531968.25069.4228489.84748.0.00770.0.03198.0.02019.0.536.0.815.0.908.
19960911.115900.50337.4993.1468140.81831.4531968.20021.4228489.82801.0.05095.0.02734.0.03020.0.469.0.551.0.446.
19960912.115900.50338.4993.1468140.81862.4531968.17365.4228489.80502.0.00540.0.02312.0.01546.0.819.0.887.0.972.
19960913.115900.50339.4993.1468140.82311.4531968.19435.4228489.81460.0.04645.0.02596.0.02768.0.429.0.483.0.557.
19960914.115900.50340.4993.1468141.07144.4531968.12618.4228489.90996.0.67461.0.39046.0.50638.0.440.0.066.0.184.
19970825.115900.50685.4993.1468140.80025.4531968.20771.4228489.83642.0.00319.0.00763.0.00681.0.615.0.606.0.899.
19970826.115900.50686.4993.1468140.80006.4531968.19867.4228489.83141.0.00352.0.00861.0.00770.0.625.0.639.0.898.
19990930.115900.51451.4993.1468140.73938.4531968.20539.4228489.81864.0.00355.0.00841.0.00757.0.671.0.680.0.885.
19991001.115900.51452.4993.1468140.73767.4531968.19724.4228489.81402.0.00340.0.00796.0.00706.0.643.0.644.0.875.
20020530.115900.52424.4993.1468140.68398.4531968.24325.4228489.84589.0.00313.0.00745.0.00684.0.688.0.678.0.905.
20020531.115900.52425.4993.1468140.67415.4531968.23158.4228489.83907.0.00304.0.00640.0.00590.0.566.0.598.0.876.
20040531.115900.53156.4993.1468140.62188.4531968.24722.4228489.84758.0.00286.0.00600.0.00546.0.670.0.622.0.879.
20040601.115900.53157.4993.1468140.62948.4531968.23296.4228489.84153.0.00300.0.00607.0.00546.0.592.0.620.0.869.
20070614.115900.54265.4993.1468140.53847.4531968.26231.4228489.86310.0.00421.0.00730.0.00608.0.663.0.647.0.874.
20070615.115900.54266.4993.1468140.54104.4531968.25580.4228489.85710.0.00287.0.00627.0.00535.0.562.0.566.0.887.
```

Рисунок 2 – Фрагмент файла временного ряда координат для одной марки

На первом этапе необходимо перебрать каждый такой файл (из ~2 тысяч), выбирая необходимую для нас информацию и формируя единую таблицу временных рядов координат. Одна строка такой таблицы на одно измерение содержит в себе: название марки, дату измерения, координаты в двух системах (картезианской – XYZ и геодезической – LLA), стандартные отклонение по компонентам (оценки ошибок).

Затем к суммарной таблице временных рядов координат необходимо добавить столбец принадлежности марки к пункту (станции), т.к. каждый пункт может объединять в себе одну или несколько отдельных марок. Но группа марок одного пункта должна вести себя как единый целостный блок с геодезических и геодезических позиций. Например, итоговой многолетний вектор скорости рассчитывается с учетом всех марок пункта, и всем маркам пункта присваиваются одинаковые покомпонентные значения скорости. Хотя каждая марка пункта содержит разные по объему и характеру вариаций временные ряды координат. Для присвоения каждой марке ее принадлежности к пункту и территории страны необходима отдельная таблица, которая постоянно обновляется в связи с уничтожением или при закладке новых марок и пунктов в пределах ЦА GPS сети (рис. 3).

Mark	Site	Longit_d	Latit_d	Altit_m	Country
720	720	87.71224	43.79676	900.751	China
2100	2100	87.68651	43.79479	902.721	China
ODCT	ODCT	87.76537	44.01913	561.349	China
OSMG	OSMG	87.71263	43.79679	900.954	China
OSRG	OSRG	87.79335	43.85763	876.021	China
AAC4	AACH	73.75466	42.16804	2263.169	Kyrgyzstan
AACH	AACH	73.75467	42.16806	2262.928	Kyrgyzstan
ABD4	ABDU	72.05016	41.78408	1109.159	Kyrgyzstan
ABD5	ABDU	72.04979	41.78405	1102.343	Kyrgyzstan
ABD6	ABDU	72.05016	41.78408	1108.959	Kyrgyzstan
ABDU	ABDU	72.04999	41.78407	1107.096	Kyrgyzstan
ABS4	ABSH	76.45324	42.13992	2267.243	Kyrgyzstan

Рисунок 3 – Фрагмент файла, содержащего информацию о связке Марка (Mark) – Пункт (Site), о координатах и стране нахождения

В результате описанных выше манипуляций будет собрана сводная таблица временных рядов координат для марок ЦА GPS сети с 1994г и на последний год измерений. Но помимо этого требуется провести ряд трудоемких операций для формирования сводной таблицы векторов скорости уже для пунктов ЦА GPS сети. Информация по векторам скорости для марок сосредоточена в специальном файле, пример содержания такого файла приводится ниже (рис.4).

```

9512 /gamit_globk/dataset_gps/glx/glx_oooo/2020/h2009141200_oooo.glx ..... 1.000000 ..... 0.000 ..... 1.433 ..... -1.000 ..... USED
9513 /gamit_globk/dataset_gps/glx/glx_oooo/2020/h2009151200_oooo.glx ..... 1.000000 ..... 0.000 ..... 1.414 ..... -1.000 ..... USED
9514 /gamit_globk/dataset_gps/glx/glx_oooo/2020/h2009161200_oooo.glx ..... 1.000000 ..... 0.000 ..... 1.651 ..... -1.000 ..... USED

SUMMARY VELOCITY ESTIMATES FROM GLOBK Vers 5.34 .....
Long. .... Lat. .... E & N Rate. .... E & N Adj. .... E & N +--- RHO ..... H Rate ..... H adj. .... +--- SITE
(deg) ..... (deg) ..... (mm/yr) ..... (mm/yr) ..... (mm/yr) ..... (mm/yr)
281.92863 45.95580 -22.22 -3.58 -0.30 -0.18 0.04 0.193 4.00 0.57 0.17 ALGO_3PS
281.92863 45.95580 -22.22 -3.58 -0.30 -0.18 0.04 0.04 0.193 4.00 0.57 0.17 ALGO_4PS*
281.92863 45.95580 -22.22 -3.58 -0.30 -0.18 0.04 0.04 0.193 4.00 0.57 0.17 ALGO_5PS*
140.08751 36.10568 -27.23 6.93 1.42 0.77 0.13 0.14 0.013 2.26 1.71 0.28 TSKB_7PS
140.08751 36.10568 -27.23 6.93 1.42 0.77 0.13 0.14 0.013 2.26 1.71 0.28 TSKB_9PS
140.08749 36.10568 -27.24 6.92 1.42 0.77 0.13 0.14 0.013 2.26 1.71 0.28 TSKB_2PS
140.08749 36.10568 -27.22 6.92 1.42 0.77 0.13 0.14 0.013 2.26 1.71 0.28 TSKB_3PS
140.08749 36.10568 -27.23 6.93 1.42 0.77 0.13 0.14 0.013 2.26 1.71 0.28 TSKB_6PS
138.36205 36.13311 -17.30 8.36 2.56 -1.31 0.32 0.33 -0.034 0.33 4.90 1.12 USUD_6PS
138.36204 36.13311 -17.30 8.36 2.56 -1.31 0.32 0.33 -0.034 0.33 4.90 1.12 USUD_4PS
138.36205 36.13311 -17.30 8.36 2.56 -1.31 0.32 0.33 -0.034 0.33 4.90 1.12 USUD_5PS
128.86642 71.63447 -0.97 0.44 0.06 -0.25 0.11 0.12 0.007 -0.54 -1.09 0.24 TIXI_2PS
128.86642 71.63447 -0.98 0.43 0.06 -0.25 0.11 0.12 0.007 -0.54 -1.09 0.24 TIXI_3PS
121.53655 25.02133 11.33 -2.86 1.73 -2.61 0.97 0.71 -0.114 -3.59 -3.62 1.91 TAIW_2PS
121.53655 25.02133 11.33 -2.86 1.73 -2.61 0.97 0.71 -0.114 -3.59 -3.62 1.91 TAIW_3PS
121.53655 25.02133 11.33 -2.86 1.73 -2.61 0.97 0.71 -0.114 -3.59 -3.62 1.91 TAIW_4PS
121.20045 31.09964 5.81 -0.73 0.66 1.07 0.10 0.09 -0.035 -1.91 -1.57 0.20 SHAO_GPS
121.20045 31.09964 5.81 -0.72 0.66 1.07 0.10 0.09 -0.035 -1.92 -1.57 0.20 SHAO_3PS

...

POS STATISTICS: For 27 RefSites WRMS ENU 2.57 4.03 5.34 mm NRMS ENU 5.18 7.88 5.98 sorted.gdl
POS MEANS: For 27 RefSites East 0.61 +- 0.49 North 0.53 +- 0.78 Up -2.97 +- 1.03 mm sorted.gdl

PARAMETER ESTIMATES FROM GLOBK Vers 5.34 .....
# PARAMETER Estimate Adjustment Sigma
Int. ALGO_3PS 918129.29300 -4346071.28923 4561977.87917 -0.02045 -0.00926 0.00008 2010.001
1. ALGO_3PS X coordinate (m) 918129.00912 -0.06488 0.00967

```

Рисунок 4 – Фрагмент файла векторов скорости

При этом из файла скоростей построчно выбирается нужная информация о марке: название, три компоненты вектора скорости и по ним же оценки ошибок, так же для каждой марки находится соответствующий ей пункт. В итоге у нас будут сформированы таблицы векторов скорости и временных рядов для всех марок, попавших в расчет на последний год измерений. Потом данные полученных 2 таблиц фильтруются по признаку вхождения в границы ЦА GPS сети, при этом отбрасывается часть марок, расположенных за пределами исследуемой нами площади. Таблица временных рядов координат сформирована и готова для дальнейшего геодинимического анализа.

Далее мы работаем только с таблицей векторов скорости, в которую добавляются полные картезианские и геодезические координаты на последний день измерений, страна в которой находится марка и пункт. После этого проводится процедура фильтрации, таблица скоростей упрощается до одной основной марки пункта, т.к. все марки пункта имеют одинаковые параметры скорости.

На следующих шагах мы оцениваем качество вектора скорости для каждого отдельного пункта, сначала отделяются в отдельную таблицу пункты с горизонтальными ошибками >3 мм/год и/или со скоростями >30 мм/год по одной из компонент. Каждый такой проблемный пункт проверяется на количество измерений по таблице временных рядов. Если за всю историю марки пункта измерялись <3 раз и менее чем за 3 года, то такой пункт удаляется и в дальнейшем не принимается во внимание. Если пункт имеет достаточное количество измерений, но его скорость и/или оценки ошибок скорости велики, то необходимо провести анализ и найти причину такой ситуации. При этом могут выявляться технические погрешности в измерении, ошибки оператора, сбой записывающей аппаратуры, техногенные или геодинимические процессы, другие причины. В итоге будет сформирована таблица корректных векторов скорости, пригодная для дальнейшего геодинимического анализа.

Уже много лет подряд все перечисленные выше шаги по преобразованию и фильтрации координат и векторов скорости, полученных после расчетов в программе GAMIT/GLOBK, проводятся ежегодно в Excel и отдельными скриптами. Из-за большого объема анализируемых данных приходится их делить на несколько частей (файлов). Все процедуры приходится

выполнять вручную или в полуавтоматическом режиме с большими затратами времени, отсюда следует актуальность данной работы и необходимость в автоматизации вышеперечисленных манипуляций с временными рядами координат и векторами скорости.

Для автоматизации такого процесса анализа и преобразования выходных файлов из программы GAMIT/GLOBK был выбран язык программирования Python [1], который содержит множество мощных библиотек и позволяет решить обозначенные выше задачи. Для реализации интерфейса программы используется библиотека графического Фреймворка Qt [2], в виде графического расширения Python. После запуска программы FirstOut.exe – на экране появляется заставка программы (рис.5).

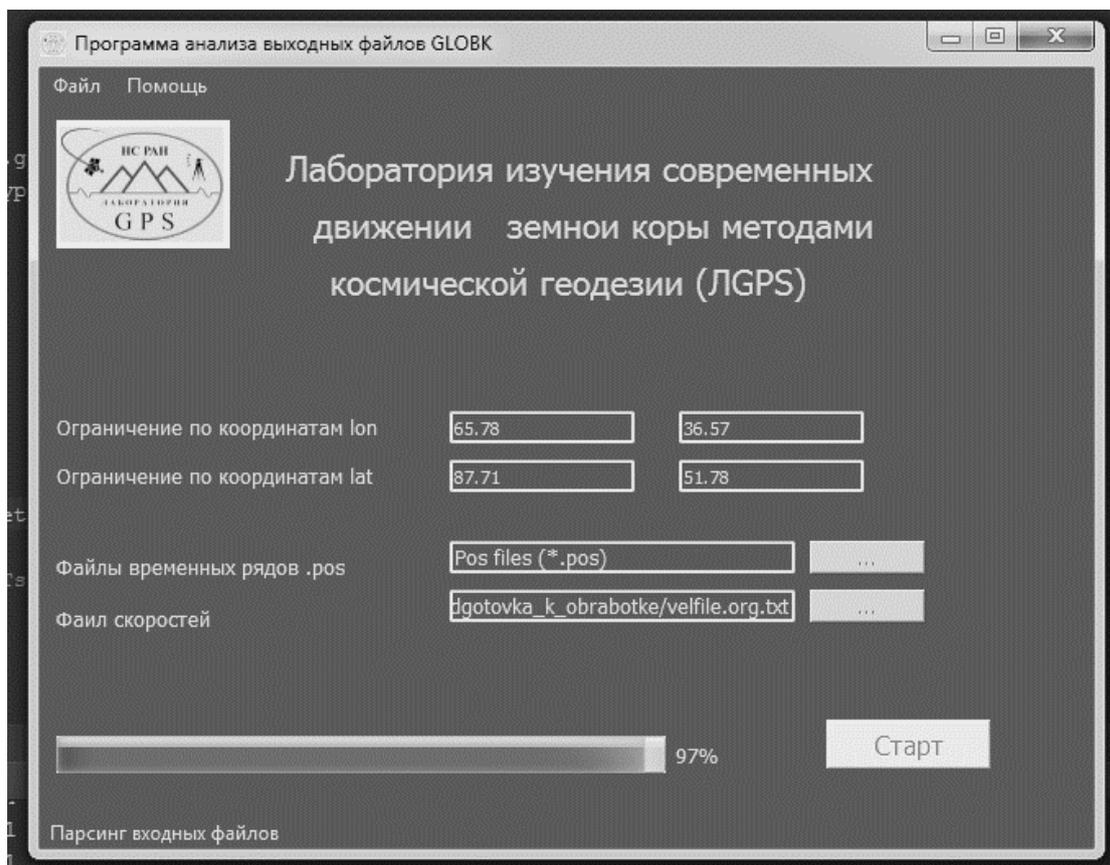


Рисунок 5 – Интерфейс программы FirstOut

Для работы в программе необходимо указать входные файлы временных рядов и векторов скорости, так же можно задать ограничение по исследуемой территории в координатах. Во вкладке файл можно экспортировать готовый результат в формате Excel. Кнопка «Старт» запускает все вышеперечисленные процессы поэтапно. Каждый процесс отображается в прогресс баре в процентах.

Хранение и манипуляция данными осуществляется средствами библиотек NumPy и Pandas [3]. Данные хранятся в DataFrame, это проиндексированный многомерный массив значений, позволяющий импортировать данные из разных источников и выполнять необходимые действия над наборами данных. Программа запускается привычным exe-файлом без ручного скачивания зависимостей, работает под управлением ОС Windows 7/10 в режиме закрытого консольного приложения. Размер исполняемого файла 278 Мбайт Алгоритм работы приведен ниже (рис.6).

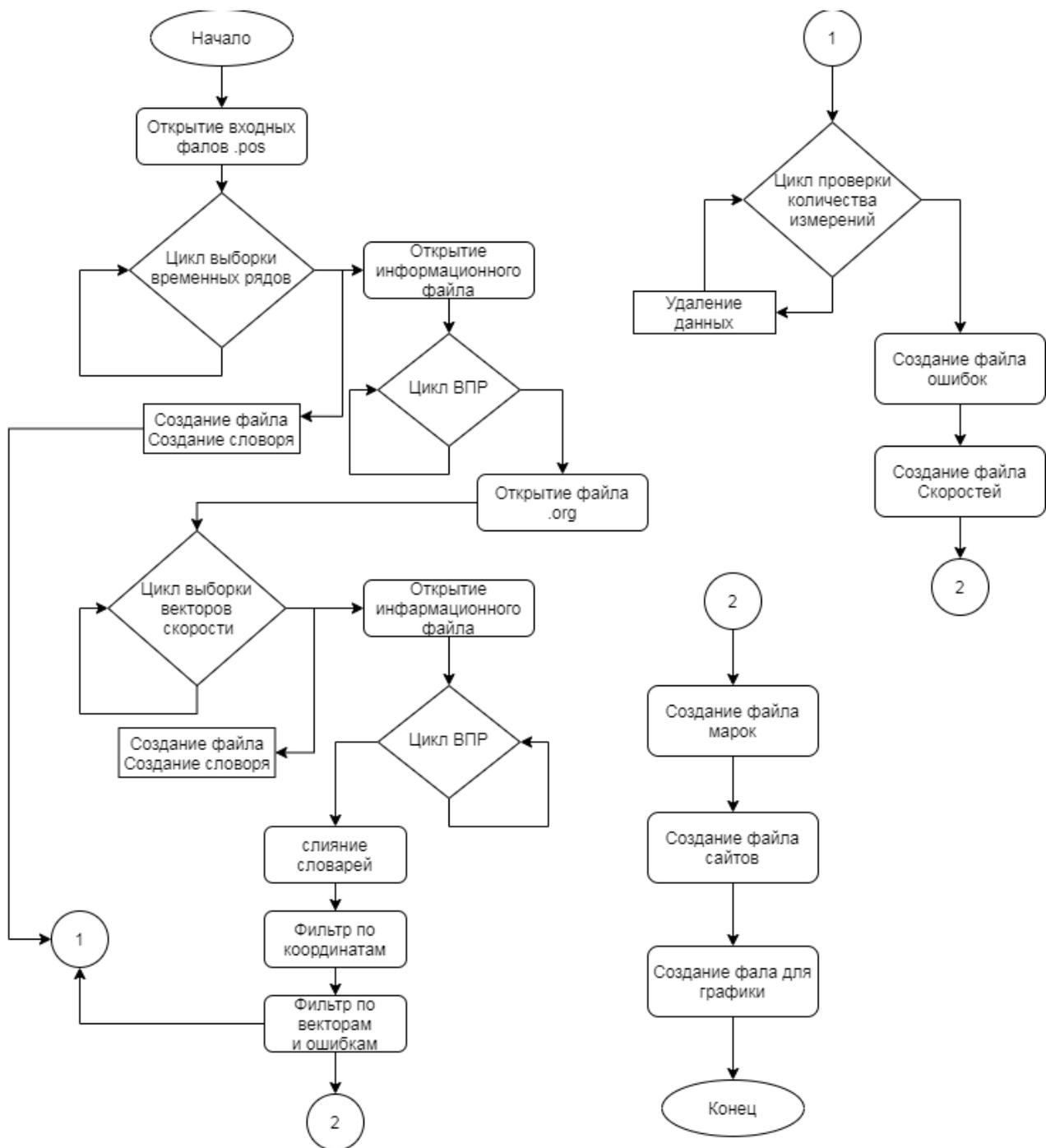


Рисунок 6 – Блок схема алгоритма программы FirstOut

Основные процедуры выполняются в файле "main.py" подгружающий модуль библиотеки "pars\_lib.py" и модуль интерфейса программы "lgpsFace.py". По окончании расчетов программа формирует несколько файлов. Основной файл содержит векторы скорости, оценки ошибок, координаты пунктов и страну нахождения. Отдельно формируется файл с пунктами, у которых скорости и/или ошибки больше критических значений. Кроме этого формируется файл временных рядов координат для всех марок выделенной территории.

В настоящее время программа FirstOut и ее алгоритм находятся в режиме тестирования и улучшения работы отдельных сегментов, но основную задачу по преобразованию и фильтрации данных после расчетов в программе GAMIT/GLOBK она выполняет. В будущем будет реализован алгоритм анализа и оценки временных рядов всех марок каждого пункта и построение вектора скорости по пригодным данным марок.

*Автор выражает благодарность своему научному руководителю к.ф.-м.н., заведующему ЛГПС ИС РАН Кузикову С.И. за советы при выполнении работ и рекомендации по оформлению текста.*

### **Литература**

1. Бейдер Д. Чистый Python. Тонкости программирования для профи. СПб.: Питер. 2018. Режим доступа: <https://www.step-develop.com/downloads/python-book-01.pdf> (ссылка актуальна на 13.04.2021).
2. В.М. Harwani Introduction to Python® Programming and Developing GUI Applications with PyQt 2012. Режим доступа: <https://www.programmer-books.com/wp-content/uploads/2020/01/Introduction-to-Python-Programming-and-Developing-GUI-Applications-with-PyQT.pdf> (ссылка актуальна на 13.04.2021).
3. By Jake VanderPlas Python Data Science Handbook: Essential Tools for Working with Data 2017. – Режим доступа: <https://tanthiamhuat.files.wordpress.com/2018/04/pythondatasciencehandbook.pdf> (ссылка актуальна на 13.04.2021).

## ОБНАРУЖЕНИЕ УТЕЧКИ НЕФТИ НА НЕКОНТРОЛИРУЕМОМ УЧАСТКЕ НЕФТЕПРОВОДА

Сагындикова А.Ж.

*Sagyndikova\_aigul@mail.ru*

НАО «Алматинский университет энергетики и связи» имени Гумарбека Даукеева,  
г. Алматы, Республика Казахстан

*Аннотация. Приводится обзорная информация по методам и средствам контроля утечек на трубопроводах. Турбинный расходомер на каждой секции нефтепровода определяет расход нефти, и этот расход сравнивается с последующим. Если между соседними участками нефтепровода нет расхождения по расходу нефти, то на этом участке все нормально, в противном случае, блок управления и индексации фиксирует наличие утечки нефти и эти данные отображают на табло блока индексации. Обработка и передача информации о состоянии нефтепровода с использованием выше указанного метода возможна с применением современных оптоволоконных систем, обладающих большими возможностями.*

*Ключевые слова: трубопровод, система обнаружения утечек, способ определения утечки нефти, датчик определения утечки нефти, расходомеры*

Длительный срок эксплуатации и повышение требований к экологической безопасности объектов трубопроводного транспорта нефти и газа ставят в ряд важнейших задач и вопросы обеспечения их надежной и безотказной работы, предупреждения и снижения количества аварийных ситуаций, разработки эффективных методов ликвидации последствий аварий [1]. Среди них важное значение имеет задача обнаружения и определения места повреждения подземных трубопроводов, обусловленная:

1. значительными загрязнениями поверхности земли;
2. увеличением числа незаконных врезок и хищений нефтепродуктов;
3. крупными затратами на производство ремонтных работ и ликвидацию последствий утечек углеводородов.

Эти причины выдвигают высокие требования к системам обнаружения утечек для различных условий эксплуатации:

- оперативность (быстродействие);
- высокая чувствительность и точность определения места утечки;
- надежность и достоверность автоматического обнаружения в режиме "on line";
- отсутствие воздействия помех на режимы обнаружения;
- экономичность.

В нескольких работах приводится обзорная информация по методам и средствам контроля утечек на трубопроводах, рассмотрим некоторые из них.

Когда режим работы трубопровода установившийся, то обнаружение повреждения производится по изменению статических параметров потока. Заслуживает внимания метод обнаружения утечек по изменению давления и расхода во времени, применяемый на магистральном трубопроводе Роттердам-Рейн [2]. Он заключается в том, что при пуске насосов на насосной станции, обслуживающей контролируемый участок трубопровода, через небольшой интервал времени измеряется давление и расход до достижения им максимальной величины. По полученным данным строят график изменения давления от времени и сравнивают полученную кривую с эталонной, построенной при пуске нефтепровода в эксплуатацию. Описанный метод позволяет обнаруживать утечки от  $2,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$  до  $10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ .

Возникающие утечки можно зафиксировать по изменению расхода перекачиваемого продукта на входе трубопровода, по сравнению с расходом на выход [3], для чего в начале и в конце каждого участка нефтепровода устанавливаются датчики турбинного типа или термодатчики. Сигнал с указанного датчика поступает на ЭВМ, находящуюся на центральном диспетчерском пункте. Система становится более надежной, если вырабатываемые датчиками сигналы подаются в вычислительные блоки, формирующие сигналы, соответствующие количествам потока жидкости в указанных местах трубопровода.

В [4] описывается динамическая система, предназначенная для обнаружения утечек  $5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ , что составляет 1 % расхода трубопровода диаметром 560 мм и длиной 710 км с двумя насосными станциями. Система работает следующим образом. Используя входные данные, ЭВМ рассчитывает расход и уровень так называемого стационарного давления, определяемого как среднее между давлением на входе на станцию и давлением на ее выходе, и сравнивает уровень модельного давления и давления реального потока.

В работе [5] описывается система, основанная на так называемой зависимости Бергерона-Шнайдера. Результаты измерения давления и расхода подаются на ЭВМ, работающую в масштабе реального времени так, чтобы вычислить две функции оценки состояния  $\lambda(t)$  и  $\mu(t)$ . Когда возникает утечка или разрыв, то квазистационарные  $\lambda(t)$  и  $\mu(t)$  значения изменяются таким образом, что можно извлечь информацию о «дефектности» трубы. Особенность данного способа заключается в том, что он позволяет учесть отраженную волну, распространяющуюся в трубопроводе, и повысить точность оценки волнового изменения давления и расхода.

В данной работе предлагается способ определения утечки нефти, согласно которому неконтролируемый участок по длине нефтепровода разбивают на ряд секций и в начале каждой секции устанавливают турбинные расходомеры. На рисунке 1 представлена схема определения утечки нефти и расположения  $n$  турбинных расходомеров на определенном расстоянии.

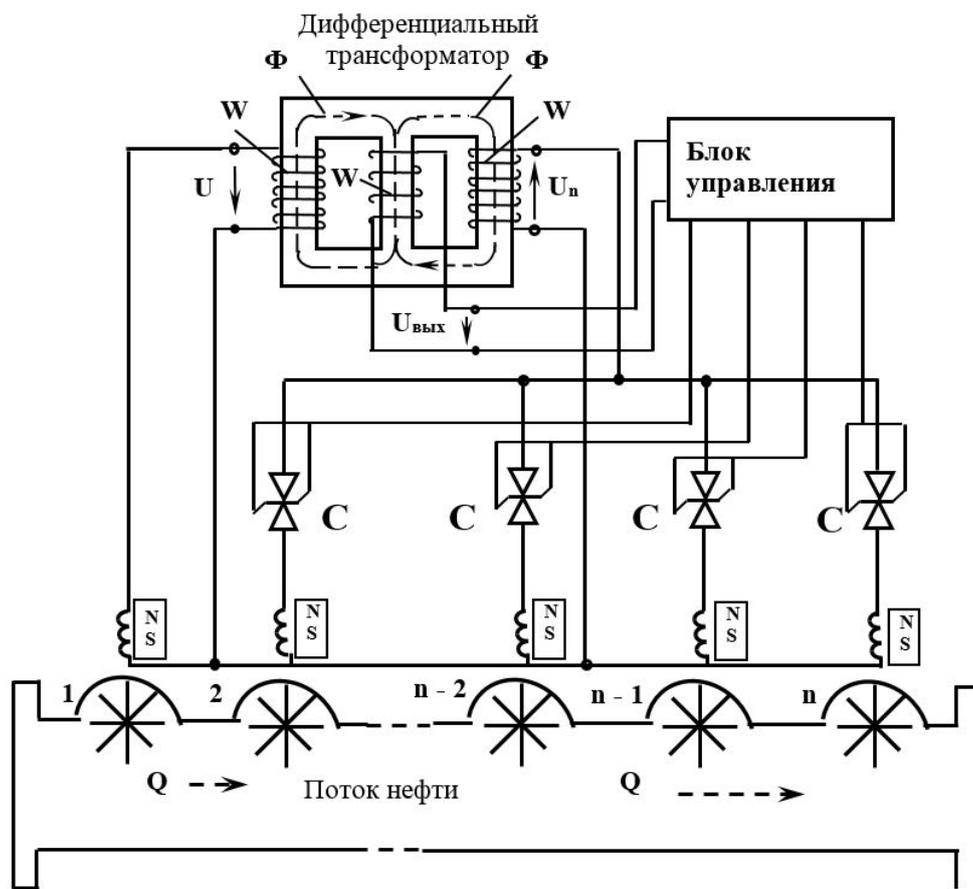


Рисунок 1 – Устройство для определения утечки нефти и газа

Принцип работы турбинных расходомеров, заключается в том, что там содержится постоянный магнит, с помощью которого в якорной обмотке будет наводиться электродвижущая сила (ЭДС), которая пропорциональна частоте вращения турбины и соответственно расходу нефти на данном участке нефтепровода.

Якорная обмотка турбинного расходомера номер 1 подается на первичную обмотку дифференциального трансформатора, а другие якорные обмотки  $n$  турбинных расходомеров через симисторы  $C_n$  подаются на вторичные обмотки этого же трансформатора. Поочередное подключение  $C_n$  симисторов к вторичным обмоткам трансформатора осуществляется с помощью блока управления и индексации. Функция дифференциального трансформатора заключается в том, что он сравнивает напряжение с двух турбинных расходомеров и если эти напряжения равны как по частоте, так и по амплитуде, то в средней обмотке  $W$  напряжение  $U_{\text{вых}}$  будет равно нулю, потому что магнитные потоки  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  в среднем сердечнике направлены навстречу друг другу и равны между собой. Равенство нулю напряжение  $U_{\text{вых}}$  означает, что на данном участке между двумя турбинными расходомерами не произошла утечка нефти. Противном случае, когда напряжение  $U_{\text{вых}}$  не равно нулю, это означает, что на данном участке между двумя турбинными расходомерами произошла утечка нефти. Не равенство нулю напряжение  $U_{\text{вых}}$  возможно в том случае, если расход нефти между двумя турбинными расходомерами уменьшился и второй расходомер выдают напряжение меньшее как по частоте, так и по амплитуде.

Блок управления и индексации производит поочередное подключение якорных обмоток  $n$  турбинного расходомера с помощью симистора, при этом опрашивая наличия выходного напряжения. Кроме того, этот блок будет определять место расположения утечки нефти. Турбинный расходомер на каждой секции нефтепровода определяет расход нефти, и этот расход сравнивается с последующим. Если между соседними участками нефтепровода нет расхождения по расходу нефти, то на этом участке все нормально, в противном случае, блок управления и индексации фиксирует наличие утечки нефти и эти данные отображают на табло блока индексации.

На рисунке 2 показан алгоритм включения датчиков и определения утечки нефти. В начальном состоянии якорная обмотка 2 второго турбинного расходомера (рисунок 1) подключается к вторичной обмотке дифференциального трансформатора, при этом остальные обмотки турбинных расходомеров отключены от дифференциального трансформатора.

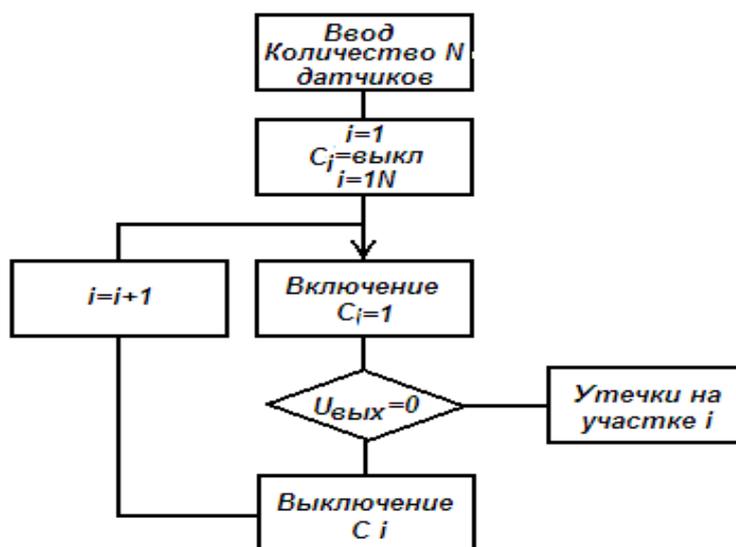


Рисунок 2 – Алгоритм определения утечки нефти

Таким образом, на первом такте опроса контролируется участок 1 – 2 нефтепровода. Если напряжение на выходе дифференциального трансформатора не равно нулю, то значит на

участке 1 - 2 произошла утечка, в противном случае идет команда на опрос участка 2 – n-2 для этого отключают симистор 2 и включают симистор С n-2, На втором такте опроса, также как и на первом - контролируется участок 2 – n-2. Таким образом, согласно алгоритму будут опрошены все участки нефтепровода. В общем случае, при опросе будет включиться только 1 симистор, опрашиваемого участка.

Этот метод сочетает высокое быстродействие, который эффективен при обнаружении крупных утечек, с менее оперативным, но более чувствительным методом моделирования на ЭВМ, позволяющим локализовать малые утечки. Если турбинные расходомеры будут располагаться относительно друг друга на близком расстоянии, тем точнее можно будет определить место утечки. Обработка и передача информации о состоянии нефтепровода с использованием выше указанного метода возможно с применением современных оптоволоконных систем, обладающих большими возможностями.

### Литература

1. Чупин В.Р., Майзель Д.И. Обнаружение утечек газа из магистрального газопровода // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2011. № 1. С. 142-148
2. Spreng A., Gruyff F. Обнаружение утечек на нефтепроводе Роттердам-Рейн (Нидерланды-ФРГ) // Siemens.1973. 21. № 15-16. С. 563-564.
3. Трубопроводный транспорт нефти и газа / Р.А. Алиев, В.Д. Белоусов, А.Г. Немудров и др. М.: Недра. 1988. 368 с.
4. Трубопроводный транспорт нефти и газа / В.Д. Белоусов, Э.М. Блейхер, А.Г. Немудров и др. М.: Недра. 1978. 407 с.
5. Галиуллин З.Т., Леонтьев Е.В. Интенсификация магистрального транспорта газа. М.: Недра. 1991. 271 с.
6. Талзима Исао. Способ детектирования утечки жидкости. №3987662, США, 1976.

## ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Сагындикова А.Ж., Наухан Е.М.

*a.sagyndikova@aues.kz*

НАО «Алматинский университет энергетики и связи» имени Гумарбека Даукеева, г. Алматы,  
Республика Казахстан

*Аннотация. Представлено состояние теплоэнергетического оборудования Республики Казахстан. Показана необходимость создания современной системы, которая будет работать с использованием ретроспективных данных на основе распределенных вычислительных инфраструктур. Проанализированы современные информационные системы теплоэнергетической диагностики, предложены критерии контроля состояния теплоэнергетического оборудования. Вопросы энергосбережения и эффективного использования энергоносителей являются основной проблемой национальной безопасности Республики Казахстан. Теплоэнергетический комплекс является основой энергетического сектора. Необходим анализ существующих информационных систем (ИС) теплоэнергетического диагностирования и выработка критериев для дальнейшей разработки, внедрения и сопровождения ИС-мониторинга и анализа режимов функционирования объектов теплоэнергетики с учетом их текущего технического состояния. В связи с этим актуальность создания информационной системы диагностирования и мониторинга состояния теплотехнического оборудования не вызывает сомнений.*

*Ключевые слова: теплоэнергетика, котельная, информационная система, диагностика, мониторинг, распределенная вычислительная инфраструктура*

Вопросы энергосбережения и эффективного использования энергоносителей являются основной проблемой национальной безопасности Республики Казахстан. Теплоэнергетический комплекс является основой энергетического сектора.

Основным источником получения тепла является котельная установка, это один из наиболее частых источников возникновения неисправностей, среди которых повреждение поверхностей нагрева котлов, систем топливоподачи, вспомогательного оборудования, автоматики и т.д. В таблице 1 приведены распределение отказов оборудования энергоблоков мощностью 400 МВт [1, 2].

Таблица 1 – Распределение отказов оборудования энергоблоков

Элементы	Процентное соотношение отказов, %
Поверхности нагрева	81,2
Дополнительное оборудование	4,5
Топливоподача, газопроводы	1,5
Регенеративные воздухонагреватели	0,3
Арматура	4,6
Автоматика и управление	7,4
Другое оборудование	0,5

На сегодняшний день 85% теплоэнергетического оборудования в Республике Казахстан вырабатывает свой ресурс, в связи с этим возникает проблема создания систем контроля, технической диагностики и мониторинга теплоэнергетического оборудования.

К основным причинам отказов котлов, вспомогательного оборудования котельных установок относятся неполадки и неисправности дымососов, дутьевых вентиляторов, регенеративных воздухоподогревателей и др.

В топке и газоходах возможны взрывы и стуки через накопления значительного количества несожженного топлива. Причинами этого могут быть осаждения топлива на пол или в холодную воронку, отнесенных в газоходы вследствие некорректной организации процесса горения в топке.

Низкая надежность теплотехнического оборудования приводит к авариям и значительным потерям теплоты и, как следствие, к большим экономическим затратам и значительному количеству ремонтных работ. Статистика повреждения и теплопотерь в тепломагистралях РК на рис. 1 [3].

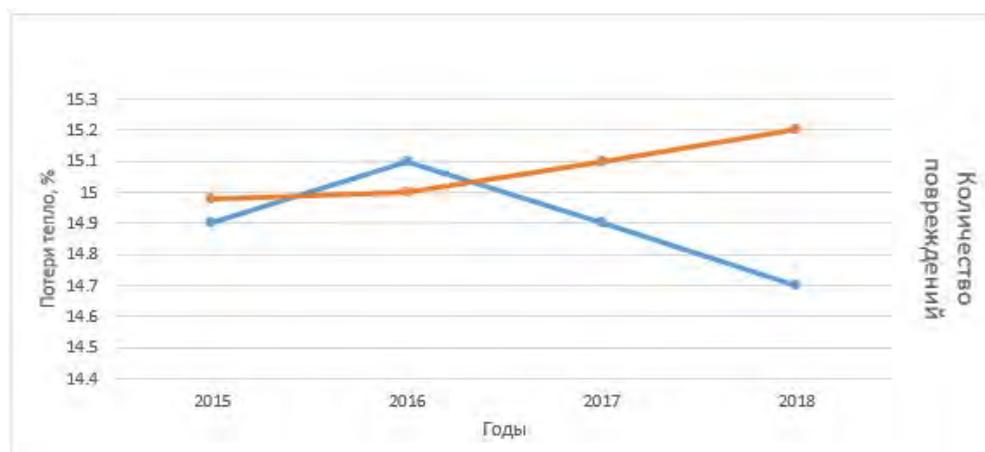


Рисунок 1 – Статистика повреждений и теплопотерь в тепломагистралях РК

Для повышения надежности теплоэнергетического оборудования необходимо накопление и систематизация данных длительной эксплуатации установок, которые производились раньше, и создание на этой основе установок, которые будут приспособлены к определенным условиям эксплуатации [4].

Основным развитием, с одной стороны, методы технической диагностики для выявления, локализации и предупреждения отказов элементов теплотехнического оборудования, определяющих вероятные отказы и повреждения, с другой – разработка эффективных методов статистической обработки полученных данных для определения на их основе показателей надежности.

Своевременное обнаружение точных координат повреждения обеспечивает определения:

- в плановом (не аварийном) порядке провести ремонт и тем самым не допустить развития повреждения до критической стадии, когда внезапно нарушается работоспособность теплопровода, а ситуация перерастает в аварийную с выбросом теплоносителя на поверхность земли;

- снизить объемы и соответственно затраты при ремонтных работах;
- уменьшить перерывы теплоснабжения потребителей;
- уменьшить потери теплоносителя;
- снизить затраты на послеаварийные восстановительные работы, штрафы.

Целью работы является анализ существующих информационных систем (ИС) теплоэнергетического диагностирования и выработка критериев для дальнейшей разработки, внедрения и сопровождения ИС мониторинга и анализа режимов функционирования объектов теплоэнергетики с учетом их текущего технического состояния.

В настоящее время целый ряд технических и физических методов диагностики (акустические методы, методы использования магнитной памяти металла и др.) с тем или

иным успехом используются при исследовании технического состояния теплоэнергетического объекта. Технические данные, получаемые при диагностике различными методами, подлежат качественной расшифровке и количественному анализу, в результате которого весь спектр обнаруженных потенциально опасных участков на исследуемом объекте должен классифицироваться по степени своей опасности для дальнейшей безопасной эксплуатации.

Для диагностирования теплотехнического оборудования применяется разрушающий и неразрушающий контроль.

Разрушающий контроль (РК) – это совокупность методов измерения и контроля показателей качества изделия, по завершении которого нарушается пригодность объекта контроля к использованию по назначению. Позволяет контролировать качество материалов конструкций и их элементов, определять предел прочности и надежности. Преимущество разрушающего контроля состоит в том, что он позволяет получать количественные характеристики материалов.

Неразрушающий контроль (НК) – это контроль свойств и параметров объекта, при котором не должна быть нарушена пригодность объекта к использованию и эксплуатации. Метод является основным при проведении диагностики состояния оборудования и элементов конструкций, которые требуют особой надежности. Преимущество неразрушающего контроля состоит в том, что не требуется выведение объекта из рабочего режима либо его демонтаж.

Достоинства методов неразрушающего контроля (МНК):

- сравнительно большая скорость контроля,
- высокая надежность (достоверность) контроля,
- возможность механизации и автоматизации процессов контроля,
- возможность применения МНК в пооперационном контроле изделий сложной формы,
- возможность применения МНК в условиях эксплуатации без разборки машин и сооружений и демонтажа их агрегатов,
- сравнительная дешевизна контроля и др.

Одним из наиболее частых распространённых методов неразрушающего контроля для контроля теплотехнического оборудования является дефектоскопия.

Дефектоскопия — это совокупность методов, которые выявляют дефекты конструкций, оборудования на предприятиях, металлических изделий и заготовок.

Основной принцип проведения дефектоскопии (или метод неразрушающего контроля) – выявление потенциально опасных участков для предупреждения аварий, при этом не технологический процесс не должен быть остановлен, а демонтаж объекта исследования не требуется. Тщательный контроль — залог безопасности. Особо важные объекты, которые интенсивно эксплуатируются, проверяются регулярно.

В зависимости от физических явлений, МНК подразделяют на 9 видов:

- акустический,
- ультразвуковой (магнитный),
- вихретоковый,
- проникающими веществами,
- радиоволновый,
- радиационный,
- оптический,
- тепловой,
- электрический.

Под акустическим видом неразрушающего контроля понимают вид, основанный на регистрации параметров упругих колебаний, возбуждаемых и (или) возникающих в контролируемом объекте, рисунок 2.

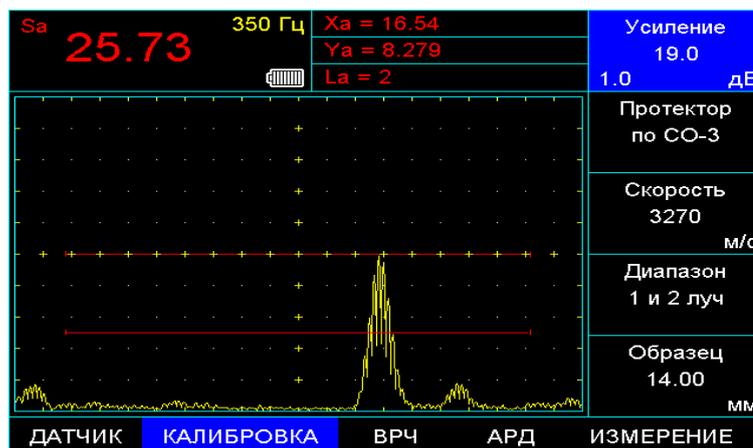


Рисунок 2 – Акустический вид неразрушающего контроля

В акустическом виде неразрушающего контроля чаще всего применяют звуковые и ультразвуковые частоты, т.е. используют диапазон частот приблизительно от 25,73 Гц до 350 Гц. В случае, когда при контроле используют частоты свыше 20 Гц, допустимо применение термина «ультразвуковой» вместо термина «акустический», рисунок 3.

По характеру взаимодействия упругих колебаний с контролируемым материалом акустические методы подразделяют на следующие основные методы:

- прошедшего излучения (теневой, зеркально-теневой);
- отраженного излучения (эхо-импульсный);
- резонансный;
- импедансный;
- свободных колебаний;
- акустико-эмиссионный.

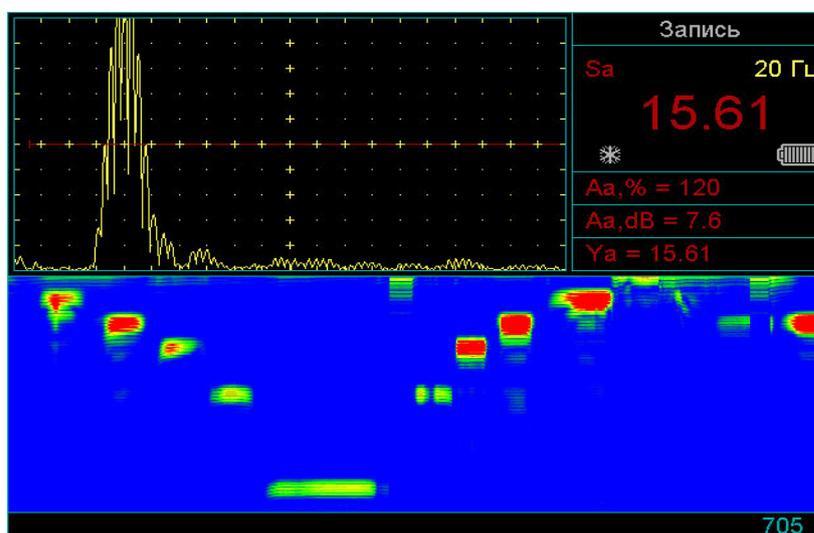


Рисунок 3 – Диагностика труб - дефекты коррозии внутренней поверхности трубы

Акустические методы по характеру регистрации первичного информативного параметра подразделяются на амплитудный, частотный, спектральный, решают следующие контрольно-измерительные задачи:

- метод отраженного излучения обнаруживает дефекты типа нарушения сплошности, определяет их координаты, размеры, ориентацию путём прозвучивания изделия и приёма отраженного от дефекта эхо-сигнала;

- резонансный метод применяется в основном для измерения толщины изделия (иногда применяют для обнаружения зоны коррозионного поражения, непропаев, расслоений в тонких местах из металлов);

- акустико-эмиссионный метод обнаруживает и регистрирует только развивающиеся трещины или способные к развитию под действием механической нагрузки. Метод имеет высокую чувствительность к росту дефектов позволяет обнаружить увеличение трещины на 1-10 мкм, причём измерения, как правило, проходят в рабочих условиях при наличии механических и электрических шумов;

- метод свободных колебаний применяется для обнаружения глубинных дефектов.

Вихретоковый контроль трубопроводов выявляет микротрещины поверхности труб и сварных швов в местах изгибов и деформации трубы трубопровода. Вихретоковый контроль трубопроводов можно применять в условиях высоких температур стенок труб, где неприменим капиллярный контроль поверхности.

По результатам применения активного акустического МНК представленного на рисунке 4, представлено, что в левой части рисунка изображен объект, не имеющий дефектов и соответствующий его проверке график, на котором отображены информативные параметры акустической волны (в данном случае время прохождения через объект). Справа изображен график, соответствующий наличию дефекта.

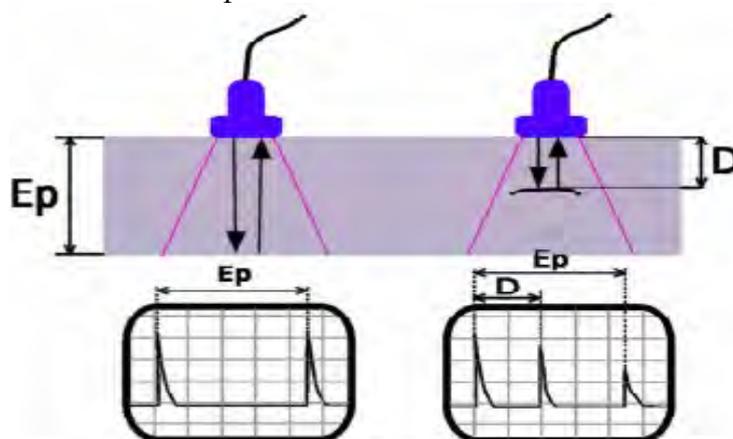


Рисунок 4 – Результат применения активного акустического МНК (отражения)

Выбор оптимального метода неразрушающего контроля следует осуществлять исходя из его: реальных особенностей; физических основ; степени разработки; области применения; чувствительности; разрешающей способности; технических условий отбраковки; технических характеристик аппаратуры.

Измерительная система неразрушающего контроля должна быть скомплектована из прибора, преобразователя и контрольного образца. Основные функции, которые должна выполнять разрабатываемая ИС для диагностики и мониторинга состояния теплотехнического оборудования:

- сбор результатов измерений параметров работы котельной в реальном времени;
- мониторинг эксплуатационных режимов;
- контроль значений параметров технологических процессов котельной;
- своевременное выявление нестандартных и критических ситуаций, предупреждение аварийных;
- формирование архива результатов измерений параметров;
- формирование и визуализация графиков;
- анализ ретроспективной информации;
- учет выработанной и отпущенной тепловой энергии, а также расходов на собственные нужды;
- подготовка отчетной документации; расчет экономических показателей котельной.

Современные технологии, в частности Internet of Things (IoT, «интернет вещей»), открывают новые возможности для улучшения существующих систем. Применение такой технологии приведет к увеличению эффективности, снижению издержек, внедрение энергосберегающих технологий.

IoT – это глобальная сеть подключенных к Интернету физических устройств – «вещей», оснащенных сенсорами, датчиками и устройствами передачи информации. Эти устройства объединены посредством подключения к центрам контроля, управления и обработки информации.

На рисунке 5 показана упрощенная структурная схема разрабатываемой ИС. С помощью сенсоров возможно будет получать данные и накапливать их в течение продолжительного времени. В случае возникновения внештатной ситуации, фиксируются ее параметры, а также принятые действия. Это позволит построить прогнозирующую модель, которая позволит по накопленным данным не только предвидеть те или иные события, но и выработать рекомендации для дальнейшего функционирования объекта диагностики.



Рисунок 5 – Структурная схема разрабатываемой ИС

Базой для создания диагностических моделей могут служить процессы Бунимовича-Райса (модели шумовых сигналов) [5]:

Простейшей диагностической моделью могут служить процессы Бунимовича- Райса (1,2):

$$\xi(t) = \sum_{k=1}^{v(t)} \eta_k h(t-t_k), \quad (1)$$

где  $v(t)$  -однородный процесс Пуассона с интенсивностью  $\lambda$  описывает число импульсов на интервале  $[0,t]$ ; моменты времени возникновения импульсов  $t_k$  являются однородным пуассоновским потоком событий; неслучайная функция  $h(t)$  интенсивности появления импульсов  $\lambda$ . Поэтому диагностическими признаками могут являться вероятностные характеристики шумовых сигналов[6].

Таким образом, использование ИС на базе распределенных вычислительных инфраструктур с использованием ретроспективной информации позволит на качественно новом уровне подойти к диагностированию и мониторингу объектов теплотехники.

В заключении проведенного анализа установлено, что большая часть теплотехнического оборудования, которое используется в Республике Казахстан, технологически и морально устарело. В связи с этим актуальность создания информационной

системы диагностирования и мониторинга состояния теплотехнического оборудования не вызывает сомнений.

В данной статье предложено создание нового типа ИС для теплотехнической диагностики, которая базируется на анализе ретроспективной информации с использованием распределенных вычислительных инфраструктур («облаков»). Наиболее вероятный вариант реализации такой системы возможен с использованием цифровой технологии IoT.

В настоящее время ведется анализ параметров контроля, необходимых для создания ИС. Одним из наиболее важных параметров станет состав дымовых газов, который можно измерять при помощи системы контроля за процессом горения.

### **Литература**

1. Казаков А.В. Надежность, диагностика элементов энергетического оборудования. Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та. 2010. 224 с.
2. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС: Учеб. пособие для вузов / Г.П. Гладышев и др.; Под ред. А.И. Андрющенко. М.: Высш. шк. 1991. 303 с.
3. Ахметзянов А.М., Дубравский Н.Г., Тунаков А.П. Диагностика состояния ВРД по термогазодинамическим параметрам. М.: Машиностроение. 1983. 206 с.
4. Биргер И.А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение. 1978. 240 с.
5. Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов. М.: Наука, 1974. 416 с.
6. Технология эксплуатации, диагностики и ремонта газотурбинных двигателей: Учеб. пособие / Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов, К.А. Малиновский, В.Г. Попов. М.: Высш. шк. 2002. 355 с.

## ПОРТАТИВНОЕ ПРОМЫВОЧНОЕ УСТРОЙСТВО

Тишуров М.К., Мосияченко А.С.  
*mihasic9898@mail.ru*

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация. В статье описывается устройство, относящееся к геологоразведочному и обогатительному оборудованию, и предназначено для промывки металлосодержащих песков гравитационным способом для концентрации благородных металлов в получаемом шлихе. Рассматривается актуальная для промывочного оборудования проблема промывки металлосодержащих песков при добыче золота, возникающих при производственном процессе. Необходимо минимализировать потери извлекаемого полезного компонента при промывке металлосодержащих песков россыпных месторождений, снизить трудоёмкость работы при увеличении производительности и повысить надёжность работы промывочного устройства. Предложен один из возможных вариантов решения этих задач, выполненной на изобретательском уровне. Автор приводит принципиальное описание конструкции и работу устройства, позволяющего достичь положительных результатов при решении производственных проблем. Предложено устройство, которое позволит повысить надёжность работы оборудования, снизить трудоёмкость работы при увеличении производительности и повысить качество извлечения полезного компонента.*

*Ключевые слова: промывочное устройство, портативное устройство, промывка металлосодержащих песков, гравитационный способ, россыпные месторождения золота, увеличение производительности, минимализация потерь, повышение надёжности.*

Промывочное устройство – установка, предназначенная для промывки металлосодержащих песков [1].

Промывка песков - один из важнейших процессов добычи золота, происходящий непосредственно на россыпных месторождениях или вблизи них, включающий в себя практически все этапы гравитационного обогащения. Конечным продуктом этого процесса является концентрат тяжелых минералов, в котором содержится золото.

На протяжении всей истории развития добычи золота из россыпей применялись промывочные установки различных конструкций, которые, как правило, приспособивали к горно-геологическим условиям разрабатываемых месторождений и качеству минерального сырья [2].

Задачей изобретения является снижение трудоёмкости при промывке горной массы и повышение надёжности работы промывочного устройства при повышении производительности.

Изобретение относится к геологоразведочному и обогатительному оборудованию ручного пользования и может применяться для промывки горной массы гравитационным способом для концентрации благородных металлов в получаемом шлихе.

Известен лоток, включающий желоб с отверстиями в днище, улавливающий карман со сливным каналом, закрепленный на днище, вибратор, соединенный с желобом [3].

Недостатком известного лотка является потеря мелких фракций благородного металла в потоке пульпы из шлюза, за счёт того, что в решетке отверстия пропускают крупные фракции в улавливающий карман, что приводит к его заиливанию и, соответственно, последующий поступающий материал вымывается из кармана, не успев осесть в нем. Названный недостаток обуславливает снижение качества обогащения благородного металла из пульпы. Другой недостаток известного лотка заключается в интенсивном заиливании улавливающего кармана из-за попадания в него большего количества крупного материала через отверстия и его

осаждения в основании кармана, что приводит к увеличению трудоёмкости и снижению производительности промывки из-за необходимости частой очистки улавливающего кармана. Также недостатком лотка является невысокая надежность работы, обусловленная возможным отказом в работе вибратора.

За прототип принят портативный промывочный прибор, состоящий из корпуса с установленными в нем ячейками одна под другой, сеток, расположенных в ячейках, частота которых увеличивается сверху-вниз по высоте корпуса, вибратора, установленного в торцах корпуса в виде полых направляющих, напольного покрытия, размещенного на днище нижней ячейки, ручного водяного насоса, подключенного шлангами через отверстия к ободу верхнего торца корпуса, ручек на корпусе [4].

Недостатком прототипа является повышенная трудоемкость при промывке горной массы из-за необходимости частого разбора промприбора для очистки сеток ячеек от пустой породы и выборки с них отсортированного материала, что снижает производительность промывки при большем объеме обрабатываемого материала. Кроме этого, недостатком известного промприбора является пониженная надежность работы, обусловленная вероятностью отказа в работе вибраторов, из-за чего прибор невозможно применять по назначению.

Задачей изобретения является снижение трудоёмкости при промывке горной массы и повышение надежности работы промывочного устройства при повышении производительности.

Поставленная задача решается тем, что в портативном промывочном устройстве, включающем корпус, сито, установленное в корпусе, дренажный ковер, размещенный в корпусе под ситом, опоры корпуса, ручки, закрепленные на корпусе, корпус выполнен в виде полуцилиндра и полуконусов, установленных по его торцам, и расположен полостью вверх, сито снабжено рифлями, жестко закреплёнными на нём и направленными вверх, опора выполнена в виде стоек и подвижно установленных на них подвесок, соединенных с корпусом. При этом, корпус установлен на опоре с возможностью движения по окружности относительно горизонтальной геометрической оси, образуемой креплением подвесок к стойкам.

Выполнение опоры в виде стоек и подвижно установленных подвесок, соединенных с корпусом и установкой корпуса на опоре с возможностью движения по окружности относительно горизонтальной геометрической оси, образуемой креплением подвесок к стойкам, позволит повысить надежность портативного промывочного устройства посредством исключения из конструкции вибратора. Вышеприведенное конструктивное исполнение устройства обеспечит снижение трудоемкости промывки за счёт исключения ручной поддержки устройства и снижения частоты разборки устройства для очистки ячеек сита от застрявшей в них горной массы и выборки отсортированного материала из дражного ковра. Также, производительность работы повысится посредством прижима промывочной жидкости центробежной силы к днищу корпуса при его движении по окружности относительно горизонтальной геометрической оси, образуемой креплением подвесок к стойкам, чем обеспечивается интенсивность воздействия потока жидкости на промываемую горную массу.

Выполнение корпуса в виде полуцилиндра и полуконусов установленных по его торцам, позволит снизить трудоемкость очистки полости корпуса за счет уменьшения заиливания и облегченного удаления из него пульпы. Оснащение сита рифлями повысит качество промывки за счет образования в потоке жидкости вихрей при набегании на них жидкости, чем повысится производительность работы.

Портативное промывочное устройство показано на чертеже, где на рисунке 1 представлен вид на корпус устройства сверху; на рисунке 2 – продольный разрез А-А; на рисунке 3 – поперечный разрез Б-Б; на рисунке 4 – вид устройства в аксонометрии, расположенного на опоре.

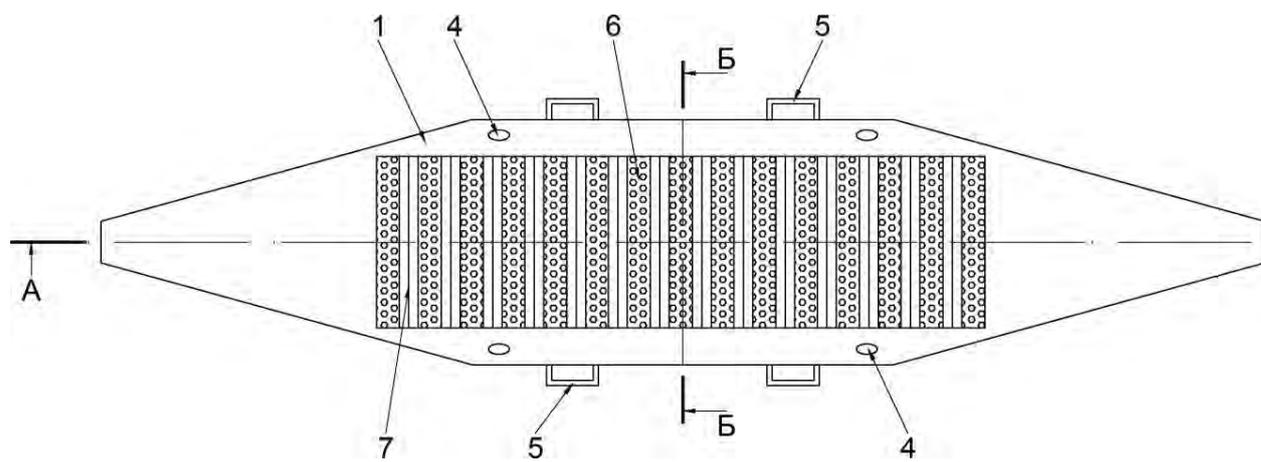


Рисунок 1 – Вид на корпус устройства сверху

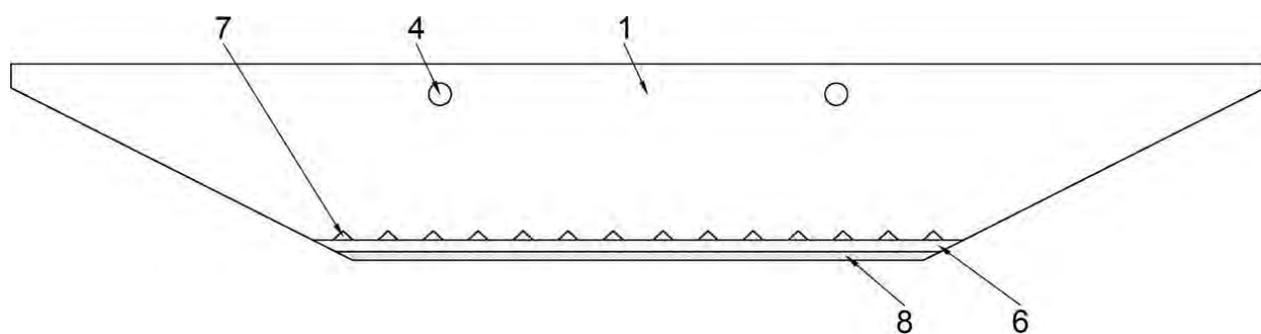


Рисунок 2 – Продольный разрез А-А

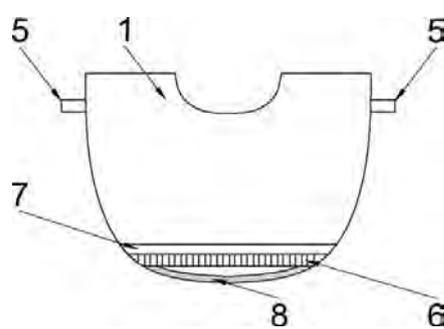


Рисунок 3 – Поперечный разрез Б-Б

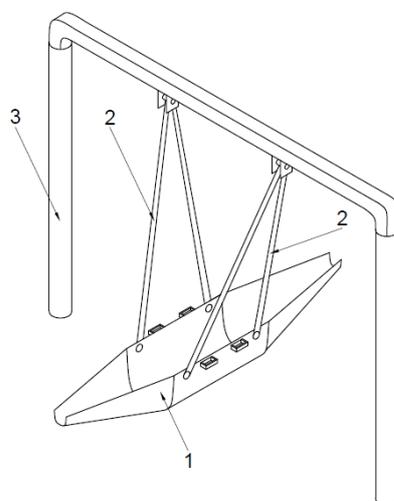


Рисунок 4 – Вид устройства в аксонометрии, расположенного на опоре

Портативное промывочное устройство включает корпус 1, закреплённый на подвесках 2, подвижно установленных на стойках 3 с возможностью вращения в вертикальной плоскости. На корпусе 1 выполнены отверстия 4, через которые корпус 1 соединен с подвесками 2. С внешней стороны корпуса 1 закреплены ручки 5. На дне корпуса 1 размещено съёмное сито 6, выполненное с рифлями 7. Под ситом 6 расположен дражный ковер 8.

Портативное промывочное устройство работает следующим образом. Подготовка к работе устройства начинается с установки дражного ковра 8 на днище корпуса 1 и закреплении сита 6 над ним. Далее, устанавливаются стойки 3 и крепят к ним подвески 2, с которыми соединяют корпус 1 через отверстия 4. Таким образом, устройство установлено как качели и подготовлено к работе.

Последовательность промывки горной массы следующая. Горную массу загружают в корпус 1 на сито 6 и подают в корпус 1 воду. Раскачивая корпус 1 на стойках 3 – ручки 4 для удобства – создают поток жидкости в корпусе 1, который размывает породу, и перемещает её вдоль корпуса 1 по ситам 6. Движение корпуса 1 по окружности относительно горизонтальной геометрической оси, образуемой креплением подвесок 2 к стойкам 3, создает центробежную силу, которая прижимает промываемую массу к ситам 6, что создаст эффект «терки» за счет выпуклостей рифлей 7. То есть, в конце колебания – качка – корпуса 1 создается поток жидкости за счёт ее инерции и масса перемещается по ситам 6 под действием силы инерции воды, что обеспечивает её трение о сито 6.

Таким образом, под действием потока жидкости и центробежной силы горная масса будет размываться и распадаться на фракции кускового материала, который сортируется по крупности и плотности через сито 6. Менее плотный материал будет вымываться вместе с потоком жидкости, а крупный для ячеек сита 6 будет задерживаться на его поверхности. Так, в дражном ковре 8 задерживаются только плотные частицы материала и благородный металл.

Также, за счёт удара потока жидкости о корпус 1 при его инерционном движении и разности скорости потока над ситом 6 и под ним будет создаваться вихревое движение жидкости. Рифли 7 на сите 6 создают в потоке жидкости дополнительные вихри при набегании на них жидкости, что обуславливает дополнительную эффективность промывки и снижение заливания дражного ковра 8 за счёт вымывания из него легкого материала. При этом, образуется пульпа из массы, которая содержит только легкий материал и которую необходимо переместить в отвал для продолжения обогащения. Для этого корпус 1 наклоняется в сторону отвала под таким углом, чтобы пульпа вместе с содержимым свободно перемещалась в отвал. Далее, снова заливают воду, и процесс промывки повторяется до тех пор, пока дражный ковер 8 не будет заполнен шлиховыми пробами. По окончании промывки устройство разбирают: снимают корпус 1 с опоры, вынимают сито 6 и дражный ковер 8.

Таким образом, использование предложенного портативного промывочного устройства позволит снизить трудоёмкость при промывке горной массы и повысить надёжность его работы при повышении производительности промывки.

Заявка на изобретение №3636 от 09.12.2020 на изобретение «Портативное промывочное устройство». Авторы: Тишуров М.К., Мосияченко А.С.

### Литература

1. Лешков В.Г. Разработка россыпных месторождений: Учеб. пособие. М.: Горная книга. 2007. 906 с.
2. Ваулин О.В. Разработка и обогащение россыпей золота. Справочник (для условий Средней Азии и Казахстана). Бишкек: РОКИЗОЛ. 2016. 622 с.
3. Патент RU 2035234, В 03В 5/26, 20.05.1995
4. Патент KG №1806; В 03В 5/00, В 03В 5/70; 30.11.2015

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫХ ВОД

Хасанова Г.И.<sup>1</sup>, Бакиев С.А.<sup>2</sup>

*khasanova.gulhayo.89@mail.ru*

<sup>1</sup>Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан, г. Ташкент, Республика Узбекистан

<sup>2</sup>ГП «Институт гидрогеологии и инженерной геологии», г. Ташкент, Республика Узбекистан

*Аннотация. В статье представлены результаты мониторинга результатов геохимического анализа, проведенного на приборе ICP MS с июля 2019 года по февраль 2021 года на гидродинамическом полигоне Ташкентского института овощебахчевых культур и картофеля, мониторинга количественных изменений микрокомпонентов тяжелых металлов в подземных водах. Глубина скважины 1350-1400 м. Термоминеральные воды приурочены к верхнемеловым сеноманским отложениям. В подземных водах проведены анализы 64 редких и редкоземельных элементов.*

*Ключевые слова: тяжелые металлы, цезий, ртуть, железо, скандий, микрокомпоненты, подземные воды.*

Землетрясение — подземные толчки и колебания земной поверхности. Согласно современным взглядам, землетрясения отражают процесс геологического преобразования планеты. Считается, что первопричиной землетрясений являются глобальные геологические и тектонические силы, глубинные разломы и другие процессы, однако в настоящее время их природа не совсем ясна. Появление этих сил связывают с глубинными процессами, движением литосферных плит. Большинство землетрясений возникает на окраинах тектонических плит [1, 2, 3, 4, 5].

Республиканский Центр Сейсмопрогностического Мониторинга МЧС сообщает: 09.07.2020 г. в 11:39 по Ташкентскому времени (09.07.2020 г. в 06:39 по Гринвичу) произошло землетрясение в Таджикистане. Координаты: 39,96 градуса северной широты; 69,31 градуса восточной долготы. Магнитуда  $M=4,7$ . Глубина эпицентра 10 км. Расстояние от эпицентра до Ташкента 145 км в южном направлении.

Сила подземных толчков на территории Узбекистана:

До Ташкента: 145 км, магнитуда 3.0 [7,8]

Республиканский Центр Сейсмопрогностического Мониторинга МЧС сообщает: 26.12.2020 г. в 15:28 по Ташкентскому времени (26.12.2020 г. в 10:28 по Гринвичу) в Кыргызстане произошло землетрясение. Координаты: 40,19 градуса северной широты; 71,66 градуса восточной долготы. Магнитуда  $M=5,3$ . Глубина эпицентра 10 км. Расстояние от эпицентра до Ташкента 238 км в юго-восточном направлении.

Сила подземных толчков на территории Узбекистана:

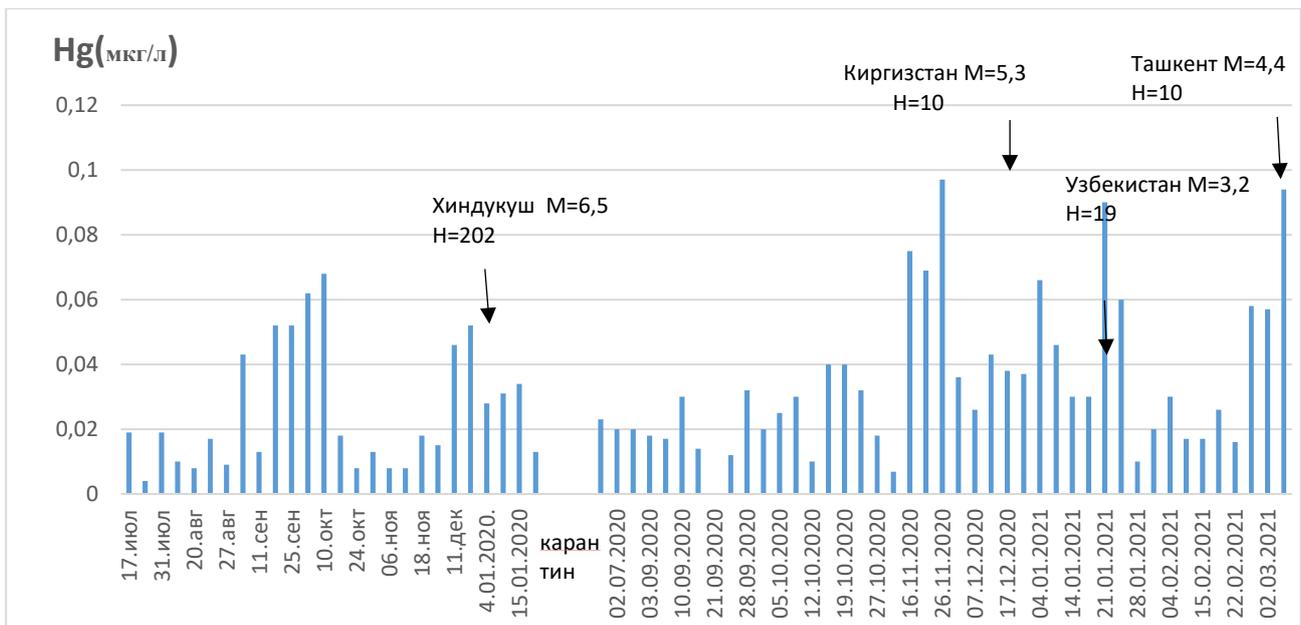
До Ташкента: 238 км, Магнитуда 2-3 [8].

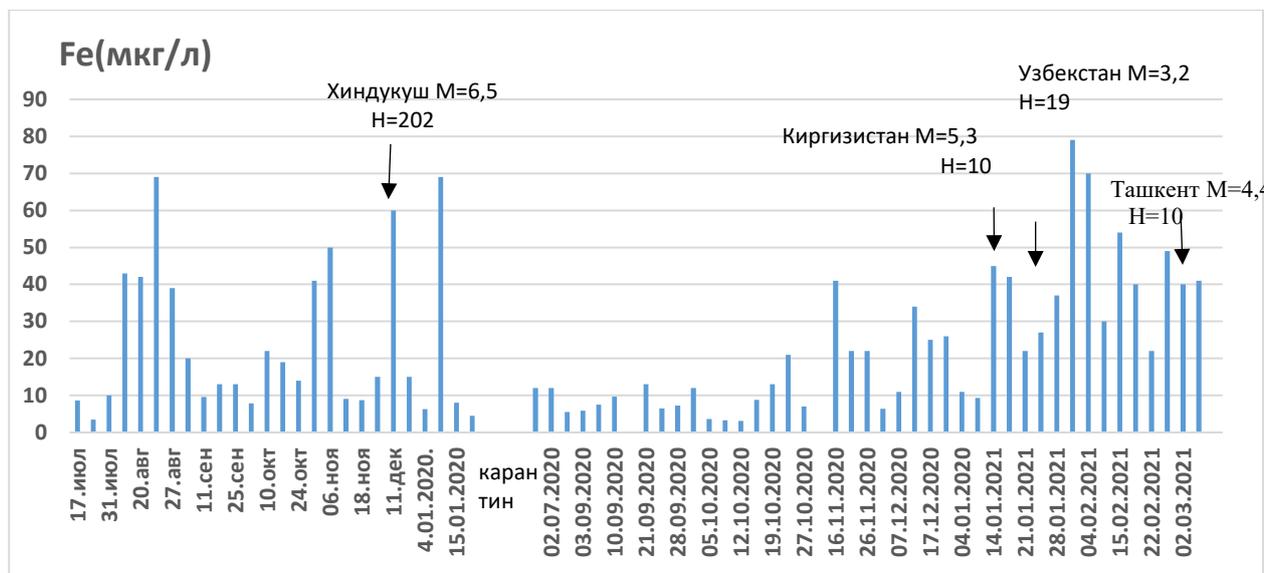
Республиканский Центр Сейсмопрогностического Мониторинга МЧС сообщает: 06.03.2021 г. в 02:52 по Ташкентскому времени (05.03.2021 г. в 21:52 по Гринвичу) в Узбекистане произошло землетрясение. Координаты: 40,89 градуса северной широты; 69,5 градуса восточной долготы. Магнитуда  $M=4,4$ . Глубина эпицентра 10 км. Расстояние от эпицентра до Ташкента 48 км в юго-восточном направлении [8].

Сила подземных толчков на территории Узбекистана: Ташкент: 48 км, 4 балл [8]



Республиканский центр сейсмопрогностического мониторинга МЧС сообщает: 20.12.2019 года в 02:52 в Ташкенте произошло землетрясение в Авгонистане. Координаты землетрясения: 36,64 градуса северной широты; 70,41 градуса восточной долготы. Магнитуда  $M=6,5$ . Глубина  $N=202$  км. Расстояние от эпицентра землетрясения до Ташкента составляет 505 км к югу. В Ташкенте ощущалось с магнитудой 3 балла [7]





Проведение мониторинговых исследований показывают изменения концентрации редких редкоземельных элементов и химического состава подземных вод. Связанные с Глубокого культурного Памира- Гиндукушскими и другие сильными землетрясениями. Эти изменения концентраций элементов могут быть дополнительными прогностическими показателями при прогнозе землетрясений только в Узбекистане но других сейсмоактивных регионах. Считаю, что такое исследования надо продолжать на всех сеймопрогностических станциях.

#### Литература

1. Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 г. Ташкент: Фан. 1971. 672 с.
2. Зиявуддинов Р.С. Особенности проявления гелия в подземных водах сейсмоактивных районов Центральной Азии. Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Ташкент. 2011. 143 с.
3. Ибрагимова Т.Л. Закономерности изменения параметров сейсмического режима и гидрогеохимических показателей подземных вод сейсмоактивных зон Узбекистана. Автореф. ... д-ра физ.-мат. наук. Ташкент. 2017. 59 с.
4. Ниязов Р.А Оползни, вызванные Памиро-Гиндукушскими землетрясениями. Ташкент: ГП "Институт ГИДРОИНГЕО". 2015. 224 с.
5. Хасанова Г.И., Бакиев С.А., Кудратов А.М. Закономерности изменения химического макро-микро компонентного состава вод в системе порода-вода при повышении термобарических условий.
6. Хасанова Г.И. Изучить влияние высокого давления и температуры на химический состав подземных вод в лабораторных условиях.
7. Каталог Памиро-Гиндукушских Землетрясений (г. Беркли, США) за период с 1964 по 2013 г.
8. Каталог Республиканского Центра сеймопрогностического мониторинга за 2019-2020 гг.

## АНАЛИЗ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОГО СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА В РАМКАХ Q – ГАУССОВА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Чешев М.Е., Имашев С.А.  
cheshev.mihail@yandex.ru

Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Аннотация.* В данной работе проведен анализ временных рядов с позиции неаддитивной статистики Тсаллиса для модельных и сейсмоакустических сигналов. Было показано, что для рядов с монофрактальной размерностью, независимо от значения параметра Херста, неэкстенсивный параметр  $q$  стремится к единице, а  $q$ -Гауссово распределение аналогично функции нормального распределения. Для ряда с мультифрактальной размерностью функция  $q$ -Гауссова распределения имеет “тяжелые” хвосты, увеличенный эксцесс и значение параметра  $q = 1.92$ . Показано, что в момент перехода от монофрактального Гауссова шума к мультифрактальному сигналу характеризуется резким увеличением параметра  $q$ . Указанная особенность была использована для анализа сигналов сейсмоакустики, зарегистрированных на территории Научной станции РАН в г. Бишкек. Так, момент перехода от нормального распределения ( $q \sim 1$ ) к  $q$ -Гауссову ( $q \sim 2$ ), позволяет регистрировать момент вступления сейсмоакустической волны и ее продолжительность.

*Ключевые слова:* акустическая эмиссия, параметр Херста,  $q$ -Гауссова функция распределения, неэкстенсивный параметр

**Введение.** Акустическая эмиссия представляет собой упругие колебания, возникающие в результате обратимых или необратимых деформационных процессов твердых тел, таких как образование пор и трещин, изменение химического состава пород, локальные перераспределения напряжений[1]. Распространение напряжений земной коры, предшествующую сейсмическим событиям, можно эффективно контролировать с помощью мониторинга сейсмоакустической эмиссии[2]. Особый интерес представляет собой мониторинг низкоэнергетических акустических сигналов, появляющихся на ранних этапах деформационных процессов. Для анализа подобных сигналов зачастую используют методы фрактального [3] анализа.

Как было показано в работе [4], временной ряд сейсмоакустической эмиссии является комплексным сигналом, обладающей различными фрактальными свойствами на различных временных периодах. В рамках статистического анализа комплексных систем, характеризующихся мультифрактальностью, применяется подход на основе неэкстенсивной статистики Тсаллиса [5,6,7], которая представлена как обобщение статистики Больцмана-Гиббса, характеризующееся неэкстенсивным параметром  $q$  и выражается в виде функции  $q$ -Гауссова распределения.

**Методика.** В 1988 году К. Тсаллис предложил обобщение классической, аддитивной статистической механики Больцмана-Гиббса. Такой подход позволил проводить анализ комплексных систем, части которых могли находиться в неравновесном или нестационарном состоянии.

Аналогично свойствам статистической механики, неаддитивная статистика Тсаллиса выражается через функцию распределения плотности вероятности (probability distribution function, PDF), которая называется  $q$ -Гауссовым распределением[8], и определяется уравнением:

$$p(z) = C_q [1 - (1 - q)\beta z^2]^{1/(1-q)}$$

где  $C_q$  – нормирующий коэффициент,  $\beta$  – константа,  $q$  – неэкстенсивный параметр

Для случайной величины, распределение которой подчиняется нормальному (Гауссову) распределению,  $q \rightarrow 1$ , а  $q$ -Гауссиан преобразуется в функцию нормального распределения. В качестве иллюстрации рассмотрим случайную величину, распределенную по Гауссову закону (рис.1а). Нелинейная аппроксимация экспериментальной функции распределения  $q$ -Гауссианом дает значение неэкстенсивного параметра  $q = 1.01$ , что соответствует теоретическому значению (рис1.б).

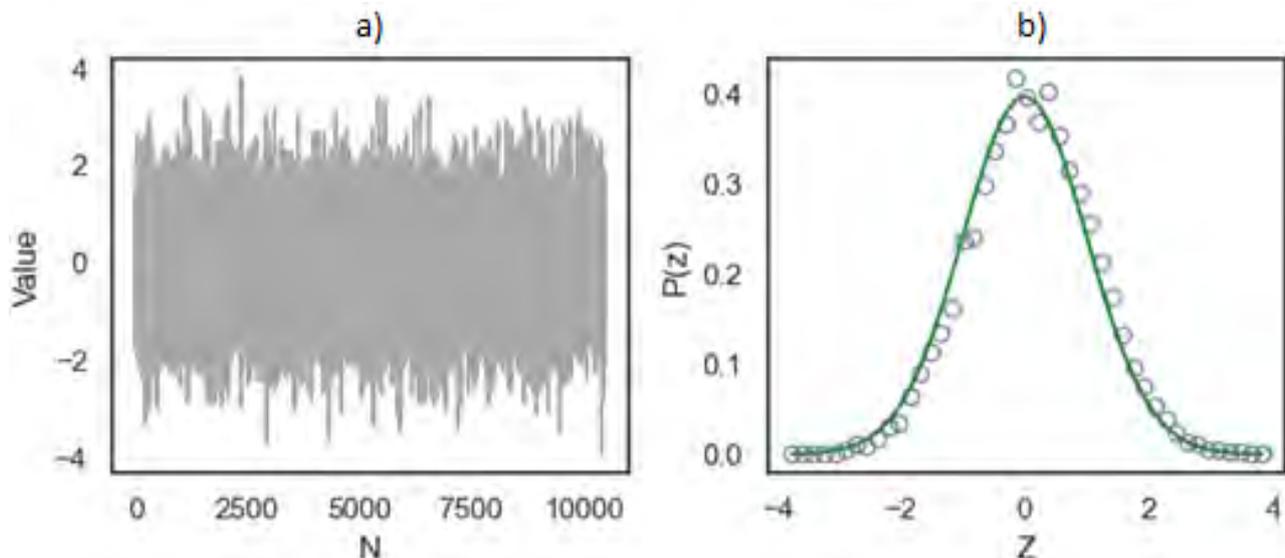


Рисунок 1 – (а) временной ряд случайной величины, распределенной по нормальному закону (б) экспериментальная функция распределения (кружки) и ее аппроксимация функцией  $q$ -Гауссова распределения (зеленая линия) с  $q = 1.01$

Рассмотренный выше временной ряд случайной величины является монофрактальным Гауссовским шумом с параметром Херста  $H=0.5$  (белый шум), который соответствует классическому Броуновскому движению. Далее приведены результаты применения указанной выше методики для набора монофрактальных временных рядов с различной фрактальной размерностью.

**Результаты и обсуждение.** Расчет параметра  $q$  для десяти сгенерированных монофрактальных рядов с различным значением параметра Херста представлен в таблице 1.

Таблица 1. Значение  $q$  для рядов с различным параметром Херста

H	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
q	1.01	1.04	1.012	1.06	1.04	1.01	1.01	1.01	1.01	1.04

Как видно из таблицы, изменение фрактальной размерности ряда в целом не приводит к изменению его статистических свойств, следовательно, параметры  $q$ -распределения для любого монофрактального Гауссовского шума будут одинаковыми, в отличие от мультифрактального сигнала. В качестве иллюстрации, рассмотрим монофрактальный и мультифрактальные сигналы (рис.3).

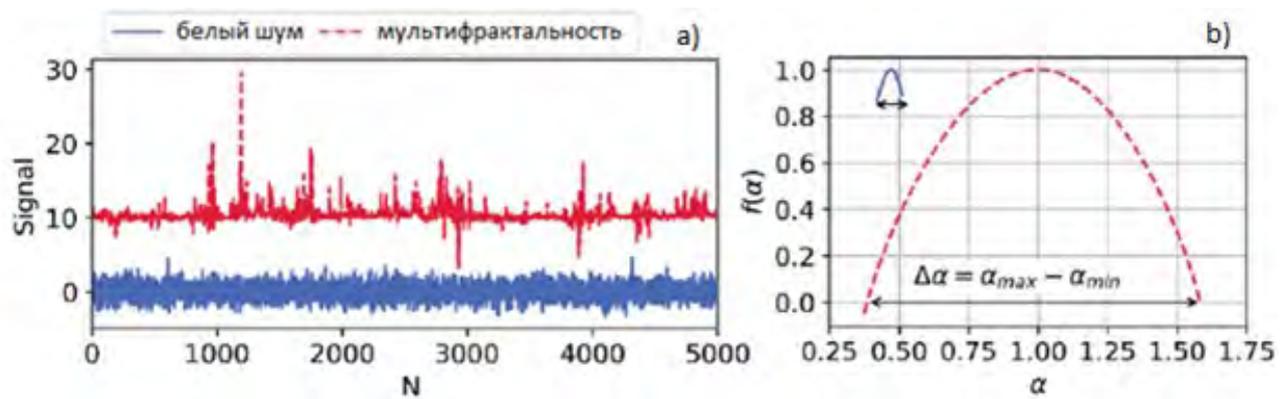


Рисунок 2 – (а) монофрактальный Гауссовский шум с параметром Херста = 0.5 и мультифрактальный сигнал (б) спектр сингулярности для моно и мультифрактального сигнала

Ширина спектра сингулярности  $\Delta\alpha$  для белого шума узкая и составляет 0.1, тогда как для мультифрактального сигнала, она значительно шире и примерно равна 1.2 [Imashev et al]. Как ожидалось, параметры q-Гауссова распределения в случае мультифрактального сигнала (рис.4) значительно отличаются от параметров монофрактального Гауссова шума, в частности, в форме распределения, определяемое параметрами  $\beta$  и  $q$ .

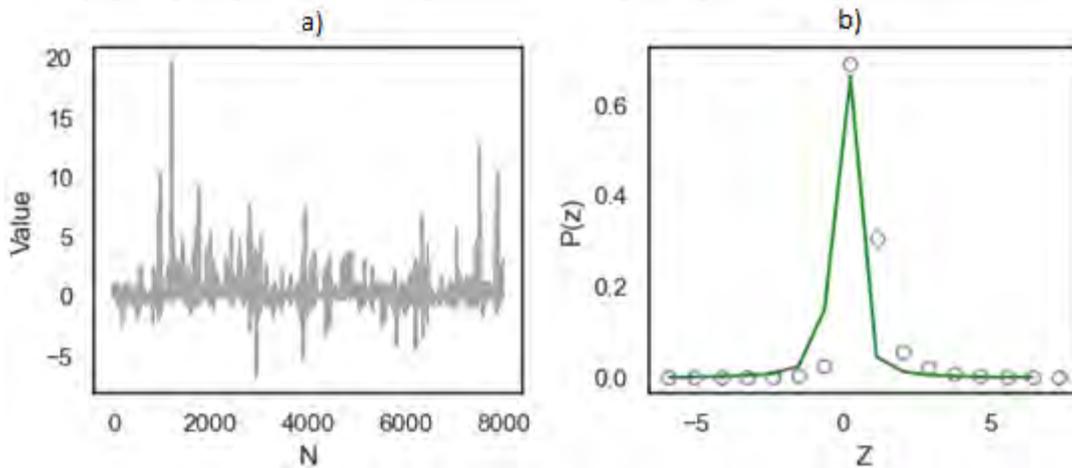


Рисунок 3 – (а) мультифрактальный сигнал (б) экспериментальная функция распределения (кружки) и ее аппроксимация функцией q-Гауссова распределения (зеленая линия) с  $q=1.92$

На рис. 4б видно, что полученная кривая распределения характеризуется “тяжелыми” хвостами и увеличением эксцесса. При этом, количественным показателем перехода от монофрактальной к мультифрактальной структуре может быть рост значения параметра  $q$ . Для этой цели сгенерируем модельный временной ряд, являющийся последовательным включением монофрактального и мультифрактального сигнала и рассчитаем неэкстенсивный параметр  $q$  в скользящем окне (рис.5)

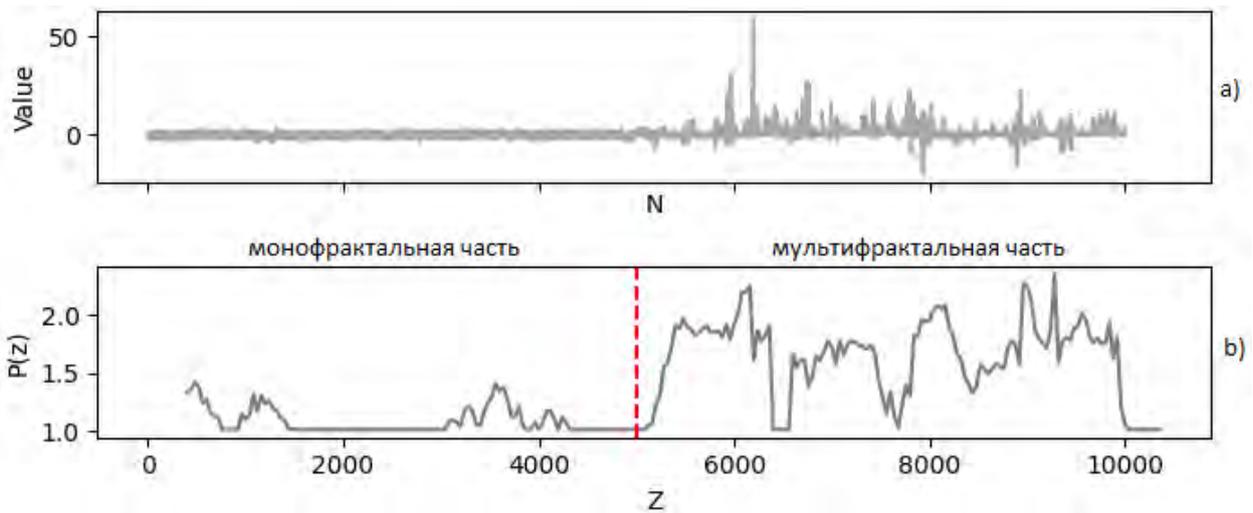


Рисунок 4 – (а) временной ряд с переходом фрактальных характеристик в середине (b) расчёт параметра  $q$  в скользящем окне

Для монофрактальной части сигнала среднее значение параметра  $q$  составляет 1.12, тогда как для мультифрактальной – 1.65. Полученное резкое увеличение параметра  $q$  в середине ряда (рис.5b) продолжается на всем протяжении сигнала

Поскольку временной ряд, содержащий вступление сейсмоакустической волны является мультифрактальным, проанализируем запись сейсмоакустического сигнала с точки зрения изменения значений параметра  $q$ , до, во время и после прохождения сейсмоакустической волны (рис.6).

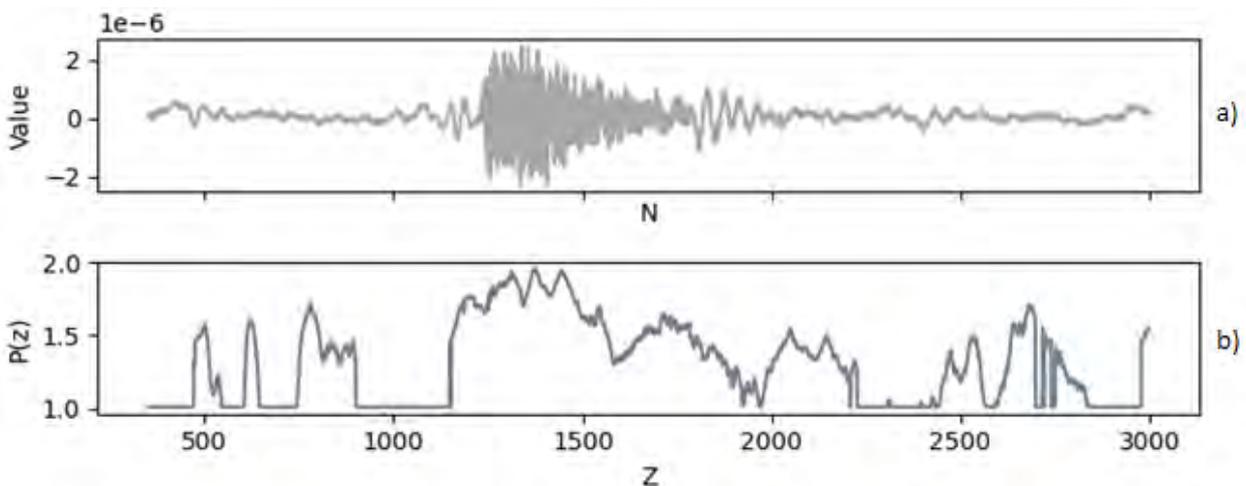


Рисунок 5 – (а) запись сейсмоакустического сигнала, инициированного взрывом (b) значение параметра  $q$  в скользящем окне

Рассчитанные значения  $q$  в скользящем окне показывают переход от монофрактального сигнала к мультифрактальному сигналу, содержащего несколько фаз сейсмоакустической волны. При этом участок вариаций параметра  $q$ , соответствующий сейсмической волне, состоит из нескольких отдельных областей, которые можно отнести к различным фазам, таким как P, S-волны и coda волны.

**Заключение и выводы.** Рассмотренный подход к анализу временных рядов в рамках неаддитивной статистики Тсаллиса показал, что параметр  $q$  стремится к единице для любого монофрактального Гауссовского шума, независимо от значения параметра Херста, а  $q$ -Гауссово распределение аналогично функции нормального распределения. Функция  $q$ -Гауссова распределения для ряда с мультифрактальной размерностью имеет “тяжелые” хвосты, увеличенный эксцесс и значение параметра  $q = 1.92$ . Рассчитанные значения  $q$  для

модельного временного ряда, являющегося включением монофрактального Гауссова шума и мультифрактального сигнала, показали резкое увеличение в момент перехода от монофрактальной части к мультифрактальной. Анализ записи сейсмоакустического сигнала так же показывает переход от сейсмошума к сейсмоакустическому сигналу, который содержит несколько фаз и имеет мультифрактальную размерность. Полученное увеличение значения  $q$  от  $\sim 1$  до  $\sim 2$  позволяет регистрировать момент вступления сейсмоакустической волны и длину ее коды.

#### Литература

1. Марапулец Ю.В., Шевцов Б.М. Мезомасштабная акустическая эмиссия. Владивосток: Дальнаука. 2012. 126 с.
2. Paparo G., Gregori G. P., Ugo C., R. de Ritis and Taloni. A. Acoustic Emission (AE) as a diagnostic tool in geophysics // ANNALS OF GEOPHYSICS. 2002. V. 45. № 2. P. 401-416.
3. Gregori G. P., Poscolieri M., Paparo G., Simone S., Rafanelli C. and Ventrice G. "Storms of crustal stress" and AE earthquake precursors // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2010. V. 10. P. 319–337.
4. Imashev S., Mishchenko M. and Cheshev M. Fractal analysis of seismoacoustic signals of near-surface sedimentary rocks in Kamchatka // GEOFIZIKA. 2019. V. 36. № 2. P. 153-169.
5. Tsallis C. Possible generalization of Boltzmann-Gibbs statistics // J. Stat. Phys. 1988. V. 52. P. 479-487.
6. Tsallis C., Mendesc R.S., Plastino A.R. The role of constraints within generalized nonextensive statistics // Physica A. 1998. V. 261. P. 534–554.
7. Tsallis C. Nonadditive entropy and nonextensive statistical mechanics - An overview after 20 years // Brazilian Journal of Physics. 2009. V. 39. № 2A. P. 337-356.
8. Umarov S., Tsallis C. and Steinberg S. On a  $q$ -Central Limit Theorem Consistent with Nonextensive Statistical Mechanics // Milan Journal of Mathematics. 2008. V. 76. P. 307-328.

---

## **СОДЕРЖАНИЕ**

---

# ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

- ЛИТОЛОГО-ФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЮРСКИХ ТЕРРИГЕННЫХ РЕЗЕРВУАРОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШЕГЕ** 4  
Абзалов А.П., Мершина Е.Е., Шодмонов Ш.Ш., Пирматов С.Ф.
- ВЫДЕЛЕНИЕ НЕСТРУКТУРНЫХ ЛОВУШЕК ТИПА «ПАЛЕОРУСЕЛ» В ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВЕРХНЕЮРСКОГО ВОЗРАСТА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ УСТИУРТСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО РЕГИОНА** 11  
Алданазаров А., Юлдашева М.Г., Кароматов Р.Р.
- ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕРДАХСКОГО ВАЛА (НА ПРИМЕРЕ ПЛОЩАДИ СЕВЕРНЫЙ УРГА)** 16  
Аманходжаева К.С., Абзалов А.П., Омонбоев З.О., Дангалов А.А.
- МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА** 21  
Амиров Н.Б.
- РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ИОНОСФЕРНЫХ ВОЛНОВЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ GPS ТЕС** 25  
Андреев А.Б., Малимбаев А.М., Луценко В.Ю.
- ПОВЫШЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ (НА ПРИМЕРЕ СУРХАНСКОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО БЛОКА)** 30  
Арслонхонов К.А., Юсупхужаев С.С., Расулов Б.Б.
- РЕГИСТРАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ НАД РЕГИОНАМИ С ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТЬЮ** 33  
Баден А.С., Мукушев А.А., Сагатдинова Г., Грищенко В.Ф.
- ФОРМИРОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН НА ПЛОЩАДИ ЖАЙРОН** 38  
Бегматов Б.Б., Давиров А.О., Мирзаахмедов М.М., Шеров М.Р.
- ПРОГРАММА CS-PROJECT ДЛЯ АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ ПО ДАННЫМ МИРОВЫХ КАТАЛОГОВ NEIC, EMSC, ISC** 43  
Воронцова Е.В.
- ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГАРБИЙ ХАККУЛ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ МАТЕРИАЛОВ ГИС И ПОДСЧЁТА ЗАПАСОВ** 47  
Давиров А.О., Мирзаахмедов М.М., Шеров М.Р., Бегматов Б.Б.
- СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В НАУЧНОЙ СТАНЦИИ РАН: ОПРЕДЕЛЕНИЕ КВАЗИОПТИМАЛЬНОГО ПАРАМЕТРА РЕГУЛЯРИЗАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ДВУМЕРНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ МТЗ** 52  
Забинякова О.Б.
- КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ГИС НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВОСТОЧНЫЙ БЕРДАХ (УСТИУРТ)** 63  
Ибрагимов Х., Эшанкулова С.

<b>ПЕТРОФИЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ГИС ДЛЯ ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ЮРСКОГО ВОЗРАСТА НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУЙИ СУРГИЛЬ</b> Каримов А.А.	73
<b>СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ РАСЧЁТА ВНУТРИСУТОЧНЫХ ПОЗИЦИЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ BERNESE</b> Кенигсберг Д.В.	81
<b>ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ПЛОЩАДИ КАРАКУДУК</b> Ким Ж.Л., Абзалов А.П., Маликов М.Р., Бердиназаров Б.Б.	87
<b>УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА С ШУМОПОДОБНЫМИ ЗОНДИРУЮЩИМИ СИГНАЛАМИ</b> Коломейцев Д.В.	92
<b>ЛИТОЛОГО–ФАЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ФИЛЬТРАЦИОННО–ЕМКОСТНЫЕ СВОЙСТВА ПОРОД КАРБОНАТНОЙ ФОРМАЦИИ ЮРЫ СЕВЕРО–ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧАРДЖОУСКОЙ СТУПЕНИ (НА ПРИМЕРЕ КАНДЫМСКОГО ПОДНЯТИЯ)</b> Кудашева Л.Р., Евсеева Г.Б.	102
<b>ВАРИАЦИИ ПОЛНОГО ВЕКТОРА ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ВО ВРЕМЯ ПУСКОВ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНОЙ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ (ЭРГУ-600-2)</b> Лазарева Е.А., Имашев С.А.	107
<b>ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РОЕВ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ИХ АФТЕРШОКОВ В РЕГИОНЕ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ</b> Лютикова В.С.	113
<b>НАБОР ПРОГРАММ-ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «THE GENERIC MAPPING TOOLS» ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ С РАЗЛИЧНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ</b> Мансуров А.Н.	117
<b>О ПЕРВЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ПОЛУЧЕНИЯ ДВУМЕРНОЙ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПО МАГНИТЕЛЛУРИЧЕСКИМ ПРОФИЛЯМ ВДОЛЬ МЕРИДИАНА 75°</b> Матюков В.Е.	125
<b>ПРИМЕНЕНИЕ СКВАЖИННЫХ МИКРОИМИДЖЕРОВ ДЛЯ ДЕТАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГИС И ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРНА</b> Махмудова М.С., Мусаев Х.П.	130
<b>НОВАЯ СХЕМА ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФЕРГАНСКОЙ МЕЖГОРНОЙ ВПАДИНЫ</b> Мирзаахмедов М.М., Шеров М.Р., Бегматов Б.Б., Давиров А.О.	135
<b>НОВАЯ КАРТА ОБЛАСТЕЙ ОЖИДАЕМОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ УЗБЕКИСТАНА</b> Мирзаев М.А., Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л.	141
<b>ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ И КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД ЮРСКОЙ ТЕРРИГЕННОЙ ФОРМАЦИИ БУХАРО–ХИВИНСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ КУЛЬБЕШКАКСКОГО ПОДНЯТИЯ)</b> Музаффарова Ш.М., Евсеева Г.Б.	148

<b>АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ КАТАЛОГОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВИЗУЛЬНОГО АНАЛИЗА ИХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК</b>	153
Непеина К.С.	
<b>ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД РАЗДЕЛЕНИЯ НЕПРЕРЫВНЫХ ДАННЫХ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ СЕЙСМО-ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ</b>	159
Непеина К.С., Валуйский А.Ю.	
<b>ЗАВИСИМОСТЬ ТОЧНОСТИ ВНУТРИСУТОЧНОГО GPS ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОТ КОНФИГУРАЦИИ СОЗВЕЗДИЯ СПУТНИКОВ</b>	168
Саламатина Ю.М.	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОВЕДЕНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ НА ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ ОРБИТЕ В 2017-2020 гг.</b>	174
Сейфуллина Б.Б., Крякунова О.Н., Цепакина И.Л.	
<b>РОЛЬ СОЛЯНОЙ ТЕКТониКИ В РАЗВИТИИ ЯХСУЙСКОЙ ВПАДИНЫ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ ТАДЖИКИСТАН)</b>	180
Талбонов Р.М., Фозилов Дж.Н.	
<b>ЮРСКИЙ ЭТАП УГЛЕНАКОПЛЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ РАВНОУ (ЗАПАДНЫЙ ДАРВАЗ)</b>	183
Фозилов Дж.Н., Алидодов Б.А., Талбонов Р.М.	
<b>ЗОЛОТОНОСНЫЕ ТЕЛА В РУДНЫХ ЗАЛЕЖАХ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ТАЛДЫБУЛАК ЛЕВОБЕРЕЖНЫЙ (КЫРГЫЗСТАН)</b>	187
Чарский В.П.	
<b>ОПТИМАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЮРСКИХ ПЕСЧАНИКОВ ПЛАТО УСТЮРТ)</b>	190
Шеров М.Р., Бегматов Б.Б., Мирзаахмедов М.М., Давиров А.О.	
<b>ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОЕНИЯ НИЖНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕРДАХСКОГО ВАЛА СЕВЕРО-УСТЮРТСКОЙ ВПАДИНЫ</b>	196
Эшметова Ш.У., Юлдашева М.Г., Мухутдинов Н.У.	
<b>ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮРЫ НА ПРИМЕРЕ ДЕНГИЗКУЛЬ-УРТАБУЛАКСКОЙ ЗОНЫ ИССЛЕДОВАНИЙ</b>	201
Юлдашев Н.Н., Нуриллоев Х.Х., Худойбердиев И.Р.	
<b>ОЦЕНКА ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ РЕЖИМНЫХ ПУНКТОВ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ</b>	203
Юнусов А.И.	
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ АЛГОРИТМОВ ДВУМЕРНОЙ И ОДНОМЕРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ С ЦЕЛЬЮ ПОДАВЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ НА СЕЙСМОГРАММАХ ОПВ</b>	208
Юсупов Д.Д., Маткаримов Э.Т., Юсупов Б.Д.	

## ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ОПАСНОСТИ

<b>CHEMICAL POLLUTION OF THE RIVER “ALAMEDINE” IN CHUI PROVINCE</b> Gettueva E., Asanov B., Orunbaev S.	214
<b>ASSESSMENT OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF WATER IN THE KOFARNIKHON AND ELHOK RIVERS IN DUSHANBE</b> Mamadnosirova D.M., Orunbaev S.Z.	220
<b>ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ СЕЛЕВОГО ПОРАЖЕНИЯ АВТОДОРОГИ В ДОЛИНЕ РЕКИ БАРСКАУН</b> Ерохин С.А., Загинаев В.В.	225
<b>К ПРОБЛЕМЕ ИЗУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ ПЛАТФОРМЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ СРЕДНЕЙ АЗИИ (НА ПРИМЕРЕ ДЕХКАНАБАДСКОГО ПРОГИБА)</b> Зиёмов Б.З., Турапов М. К., Хусомиддинов А.С.	242
<b>АНАЛИЗ СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В ПЕРИОД С 2010 ПО 2020 ГОДЫ</b> Исакунова А.С.	246
<b>РИСКИ И ПРИРОДНЫЕ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ САЛАМ-АЛИКСКОГО АЙЫЛЬНОГО АЙМАКА, УЗГЕНСКОГО РАЙОНА, ОШСКОЙ ОБЛАСТИ</b> Кенжебаев Т.П.	250
<b>ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ИЗМЕРЕННЫХ МЕТОДОМ РСА-ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ</b> Кузьмин Д.К.	254
<b>СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ</b> Мамбетказиев Т.К., Мамбеталиев Т.С., Ордобаев Б.С.	258
<b>ВОССТАНОВЛЕНИЕ РЯДОВ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГОДОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТОКА РЕК ИССЫК-КУЛЬСКОГО БАССЕЙНА КЫРГЫЗСТАНА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА</b> Мамбетова А.К., Ершова Н.В.	264
<b>НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕКТониКИ И РАЗРЫВООБРАЗОВАНИЯ В ОЧАГАХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ УКРАИНСКОГО ПРЕДКАРПАТЬЯ</b> Назаревич Л.Е., Назаревич А.В., Олийнык Г.И., Келеман И.Н	271
<b>ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА БИШКЕК (КЫРГЫЗСТАН)</b> Тилек кызы Г.	278
<b>МЕРОПРИЯТИЯ ПРОТИВ ПУЧЕНИЯ ГРУНТОВ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ</b> Халимова Ш.Р., Ахмедов Ш.Б., Олтиев Б.Ш.	282
<b>ИЗМЕНЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАНИЯ ПЛОТИНЫ ГИССАРАКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (ЮЖНЫЙ УЗБЕКИСТАН)</b> Хамидов Х.Л., Ибрагимов Ф.И., Ганиева Б.Р.	288

**ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОЩАДИ И БАЛАНС МАССЫ ЛЕДНИКОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧОН-КЫЗЫЛ-СУУ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 50 ЛЕТ** 295  
Эрменбаев Б.О., Чонтоев Д.Т., Сатылканов Р.А.

**ОБ ОПОЛЗНЯХ ЧАРВАКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА** 303  
Ядигаров Э.М., Хусомиддинов А.С., Ёдгоров Ш.И.

## **МЕХАНИКА И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ**

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНОВЫХ СМЕННО-СУТОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА (ГТК)** 307  
Абдижамиллов Э.У., Александров В.Г.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «МУСТАКИЛЛИКНИНГ 25 ЙИЛЛИГИ» (ГАДЖАК) СУРХАНДАРЬИНСКОГО РЕГИОНА** 312  
Арслонхонов К.А., Юсупхужаев С.С., Расулов Б.Б.

**ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ЧУЙСКОЙ ОБЛАСТИ** 315  
Аскарбеков С.Н.

**ТЯГОВЫЙ КАНАТ ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ** 320  
Гордиенко В.С.

**СРАВНЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ МЕТОДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ** 324  
Джанабиллова С.О., Тилек кызы Г.

**АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НАЧАЛЬНЫХ ПЛАСТОВЫХ ДАВЛЕНИЙ НЕФТЕГАЗОВЫХ И РАЗВЕДОЧНЫХ ПЛОЩАДЕЙ ТАДЖИКИСТАНА** 329  
Зияев Дж.Ш., Гарибмахмадова С.Н.

**УСТАНОВКА, НАСТРОЙКА И МОДЕРНИЗАЦИЯ ПО АЦП E14-140-M ДЛЯ ОС СЕМЕЙСТВА LINUX** 334  
Кирилов А.А.

**СЕЙСМИЧЕСКОЕ МИКРОРАЙОНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ ПОД ВЫСОТНОЕ ЖИЛОЕ ЗДАНИЕ** 340  
Мураталиев Н.М., Камчыбеков Ы.П.

**К ВОПРОСУ О НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ СВИТАХ В ПАЛЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЮЖНОГО УЗБЕКИСТАНА** 348  
Нуритдинов Ж.Ф., Хожамуратова З.Х.

**ПРОГРАММА ПЕРВИЧНОЙ ОЦЕНКИ И ФИЛЬТРАЦИИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ КООРДИНАТ И ВЕКТОРОВ СКОРОСТИ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ПАКЕТА GAMIT/GLOBK** 351  
Прохоров О.А.

**ОБНАРУЖЕНИЕ УТЕЧКИ НЕФТИ НА НЕКОНТРОЛИРУЕМОМ УЧАСТКЕ НЕФТЕПРОВОДА** 357  
Сагындикова А.Ж.

<b>ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ</b> Сагындикова А.Ж., Наухан Е.М.	361
<b>ПОРТАТИВНОЕ ПРОМЫВОЧНОЕ УСТРОЙСТВО</b> Тишуров М.К., Мосияченко А.С.	368
<b>РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫХ ВОД</b> Хасанова Г.И., Бакиев С.А.	372
<b>АНАЛИЗ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОГО СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА В РАМКАХ Q – ГАУССОВА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ</b> Чешев М.Е., Имашев С.А.	375

Научное издание

**ХIII МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ**

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ  
В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

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

**28-30 апреля 2021 года  
Научная станция РАН  
г. Бишкек, Кыргызская Республика**

Тираж 100 экз.  
Отпечатано в НС РАН  
720049, Кыргызстан, Бишкек-49  
Тел.: +996 (312) 61 31 40