

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2022-4-5-16>

УДК 550.8

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ УЧАСТКОВ КОСШОКЫ И ГРАНИТНЫЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

А.В. Комлев, У.А. Игибаев, И.О. Марченко, З.Н. Фролов, В.А. Бардюков

Филиал «Институт геофизических исследований» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

E-mail для контактов: igibaev@igr.kz

В Республике Казахстан имеются условия для организации полного технологического цикла производства атомной электроэнергии, начиная от добычи урановых руд и заканчивая объектами долговременного хранения радиоактивных отходов (РАО) [1]. До сегодняшнего времени не проводились работы по очень важной составляющей этого цикла – созданию пунктов глубинного захоронения РАО, в составе которых предметом отдельного изучения является подземная исследовательская лаборатория (ПИЛ) для подтверждения долговременного безопасного захоронения РАО в выбранном месте размещения пункта глубинного захоронения. Проводимые исследования направлены на разработку методических рекомендаций по применению геолого-геофизических методов в обоснование пригодности потенциальных площадок для размещения ПИЛ.

Ключевые слова: радиоактивные отходы; подземная исследовательская лаборатория; геолого-геофизические исследования; Семипалатинский испытательный полигон; геологическое захоронение.

ВВЕДЕНИЕ

В Республике Казахстан имеются условия для организации полного технологического цикла производства атомной электроэнергии, начиная от добычи урановых руд и заканчивая объектами долговременного хранения и захоронения радиоактивных отходов (РАО). В Республике пока не проводились работы по такой важной составляющей этого цикла, как создание пунктов глубинного захоронения РАО, в составе которых предметом отдельных исследований является подземная исследовательская лаборатория (ПИЛ) для подтверждения долговременной безопасности выбора места размещения пункта глубинного захоронения. Поэтому при реализации данного проекта планируется использовать опыт стран, в которых перед созданием пунктов глубинного захоронения РАО проектировались, строились и эксплуатируются ПИЛ. К таким странам относятся Швеция, Финляндия, Япония, Россия, Китай, Бельгия, Индия, Швейцария и др., где имеются обширные районы развития кристаллических пород, и где глубокие захоронения РАО признаны на законодательном уровне [2–5]. Страны, эксплуатирующие такие объекты, имеют опробованные технологии и опыт разработки, сооружения ПИЛ и пунктов изоляции РАО.

В Казахстане для целей проекта применим опыт исследований на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП), где в течение последних лет проводились работы по выявлению районов развития кристаллических пород и определению методологии геолого-геофизического изучения и выбора участков, пригодных для изоляции РАО.

На территории Семипалатинского испытательного полигона по 20 критериям выделены 9 потенциально перспективных участков для изоляции РАО, проведен отбор и предварительное изучение 3-х уча-

стков интрузивных пород (гранодиоритов и диоритов). На этих участках (Косшоки, Акбота-Западный, Акбота-Восточный) опробован комплекс методов – электроразведки, сейморазведки, магниторазведки и некоторых методов скважинной геофизики (метод заряда, каротажа), и сделан вывод о перспективности их использования в проектах по выбору мест для объектов изоляции РАО, в частности, подземной исследовательской лаборатории.

На территории СИП с 2020 года проводятся работы с применением геолого-геофизических методов для оценки пригодности участка для изоляции РАО и проектирования ПИЛ в пределах горного массива Дегелен (пл. Гранитный).

Горный массив Дегелен был выбран исходя из того, что на его территории производились многолетние ядерные испытания, в результате чего были созданы транспортные, энергетические и другие коммуникации, которые могут быть использованы при создании новой инфраструктуры.

Целью проводимых исследований является усовершенствование и оптимизация методов изучения районов потенциальной локализации ПИЛ до принятия решения о ее создании, и разработка методических рекомендаций по применению геолого-геофизических методов в обоснование пригодности потенциальных площадок для размещения ПИЛ. По результатам анализа проведенных работ по геолого-геофизическому обследованию горного массива Дегелен были выбраны два наиболее подходящих по комплексу характеристик участка – это участки Косшоки и Гранитный.

1. УЧАСТОК КОСШОКЫ

Участок Косшоки находится в северо-западной части горного массива Дегелен, в экзоконтакте гранитного массива с вмещающими породами. Абсо-

лютная высота участка – 663,8 м, относительное превышение над окружающей местностью составляет 110 м.

Были проведены работы по уточнению строения участка, выявлению неоднородностей и анизотропии, изучению гидрогеологического режима, определению состава и физико-механических свойства горных пород.

Для изучения монолитности горных пород по подножию горы, на горизонте вероятного размещения хранилища РАО (горизонт абс. выс. 560 м), проведено сейсмическое просвечивание (рисунок 2, в). Пункты приема и возбуждения сейсмических колебаний располагались на противоположных склонах горы.

По периферии участка значительным развитием пользуются рыхлые четвертичные отложения, затрудняющие картирование палеозойских пород. Поэтому для уточнения геологического строения участка, в том числе для выявления и картирования возможных зон разломов, на участке проведены площадные съемки методами магнитометрии и капшметрии.

Магнитометрия проведена на всей площади участка по сети 20×20 м с использованием протонных магнитометров ММ-61, модифицированных за счет снабжения встроенной памятью и выходом для сохранения накопленной информации в ЭВМ.

Результаты магнитометрии [6] приведены на рисунке 1, б. Видно, что магнитное поле на большей части участка близко к среднему значению – 57800 нТл и варьирует в небольших пределах, что может быть связано с развитием однотипных по составу пород. В этой части закартированы обнажения гранит-порфиров, к которым отнесена полученная характеристика магнитного поля. По периметру гранит-порфиров, на достаточно значительном протяжении, магнитное поле характеризуется пониженными значениями, отвечающим сиенитам и граносиенитам, окаймляющим гранит-порфиры. Размер массива гранит-порфиров определяется по результатам магнитной съемки как 600–700 м×1000–1100 м. Наиболее высокие значения магнитного поля, достигающие 60000–62000 нТл, отмечены в северо-восточной части участка, где имеют место обнажения диоритов и базальтов. Показательно уточнение по результатам магнитной съемки геологического строения в северо-восточной части участка (рисунок 1, а) [7–8]. Здесь по высоким значениям магнитного поля, окаймляющим

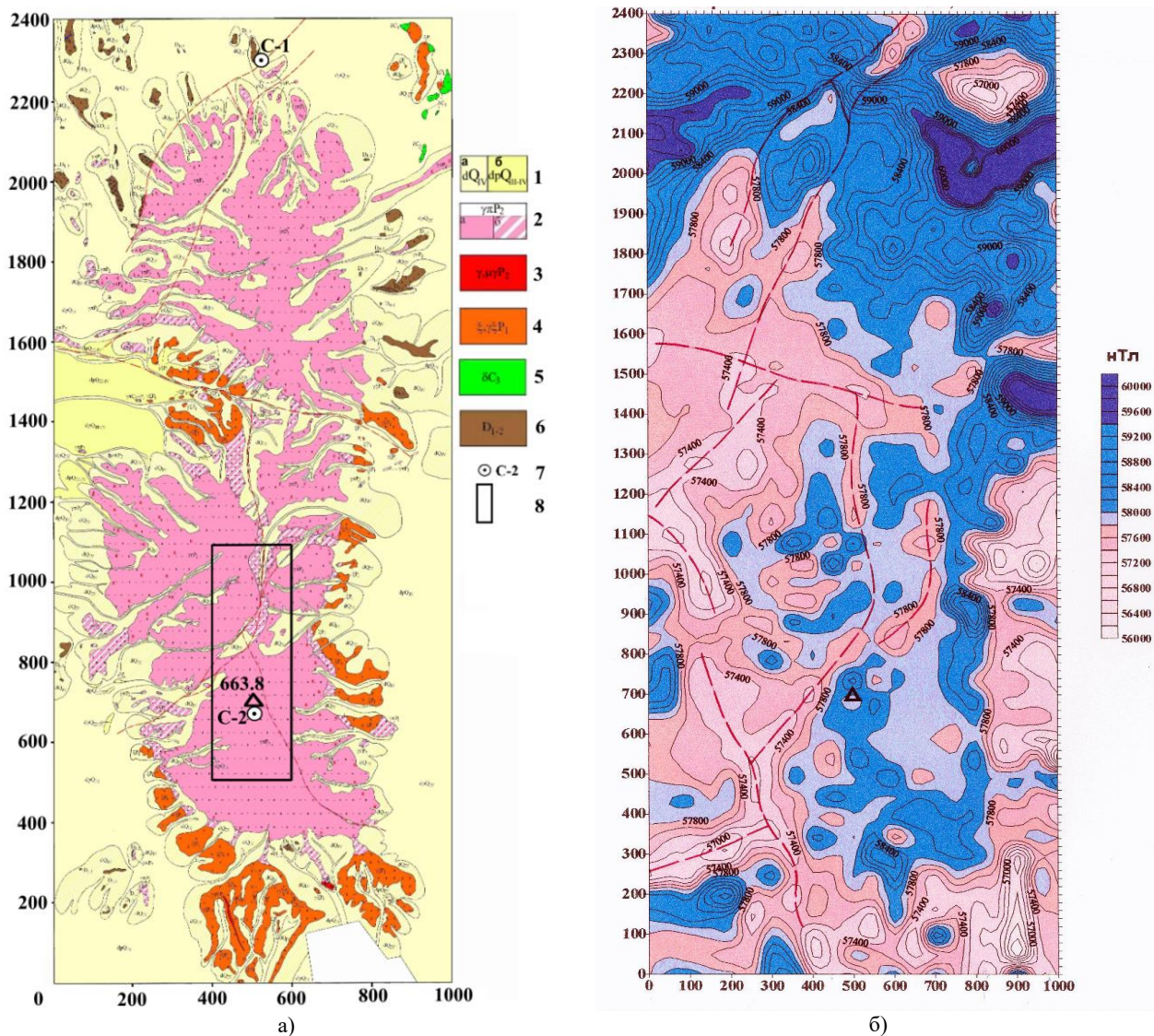
поле низких значений модуля магнитного поля, четко картируется диоритовый массив, прорванный в центральной части сиенитовым интрузивом. Отмечается также несколько линейных зон пониженного магнитного поля, которыми, по всей вероятности, трассируются разрывные нарушения.

Для изучения геологических структур на глубину 300 м и более привлекалась электрометрия. Измерения проведены методом переходных процессов (МПП) в модификации зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗСБ). Измерения выполнены по трем продольным профилям – центральному (через вершину горы Косшоки), восточному (в 80 м от восточной границы участка), западному (вдоль западного края участка). Наблюдения проведены с использованием цифровой электроразведочной станции «Цикл-микро» (Сибирского НИИ геологии, геофизики и минерального сырья).

Вычисление кажущегося электрического сопротивления и обработка результатов измерений проведены согласно инструкции по электроразведке месторождений [9].

На рисунке 2 приведены результаты работ по Центральному профилю. Как следует из рисунка 2, б, геоэлектрический разрез характеризуется постепенным увеличением кажущегося электрического сопротивления с глубиной практически равномерно вдоль всей длины профиля. Такая характеристика сохраняется от дневной поверхности и до абсолютных отметок 550–500 м, которые могут представить интерес для устройства штольни для РАО. Ниже уровня 450 м зафиксировано несколько блоков, характеризующихся повышенным до 700 Ом значением кажущегося электрического сопротивления. В ходе бурения структурно- гидрогеологических скважин 36/1, 48 (рисунок 3) и построения геологического разреза (рисунок 2 а), было установлено, что монолитность пород зафиксирована до уровня 450 м. Породы, лежащие ниже этого интервала, имеют средний показатель качества пород и являются среднетрещиноватыми. Базальтовые лавобрекчии темно-серого цвета имеют нарушенную целостность за счет вскрытия их дайками кварцитов серого цвета (рисунки 4–5), которые так же было видно на геоэлектрических разрезах представленные редкими линейными узлокальными искажениями изолиний, характеризующиеся более низким градиентом кажущегося электрического сопротивления, чем в окружающих породах.

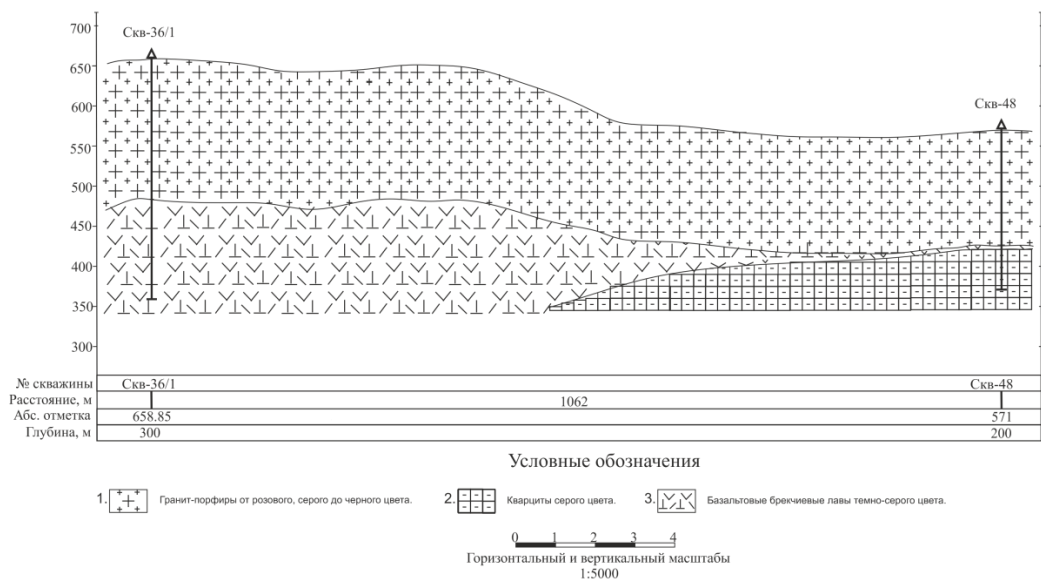
ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ УЧАСТКОВ КОСШОКЫ И ГРАНИТНЫЙ
 ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ



1 – четвертичные отложения: а) голоцен – суглинки, супеси, щебень; б) верхний плейстоцен-голоцен – суглинки, супеси, пески; 2 – позднепермские гранит-порфиры: а) в центральной части массива; б) в эндоконтакте; 3 – позднепермские граниты; 4 – раннепермские сиениты; 5 – позднекаменноугольные диориты; 6 – девонские базальты, песчаники, известняки; 7 – скважины; 8 – участок детальных исследований

Рисунок 1. Геологическая карта (а) и карта изолиний магнитного поля ΔT (б) участка Косшоки

**ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ УЧАСТКОВ КОСШОКЫ И ГРАНИТНЫЙ
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ**



а) геологический разрез скв-36/1 – скв-48

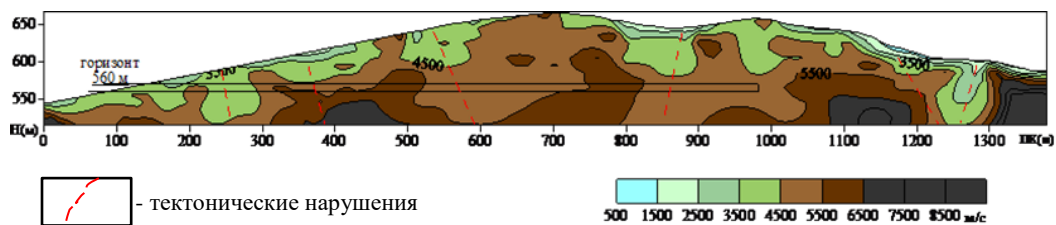
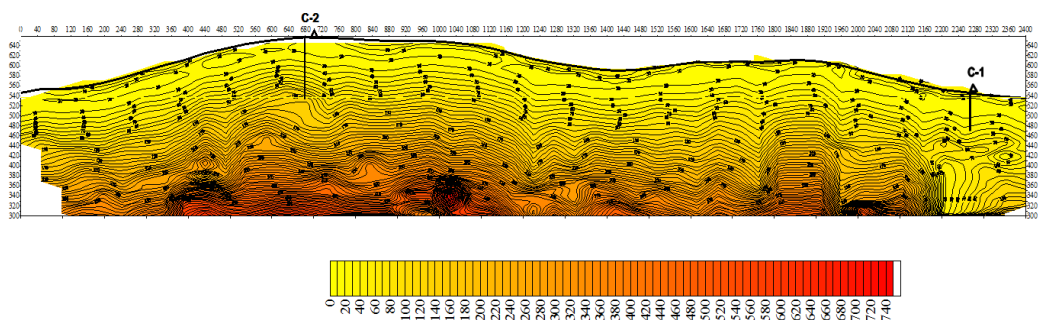
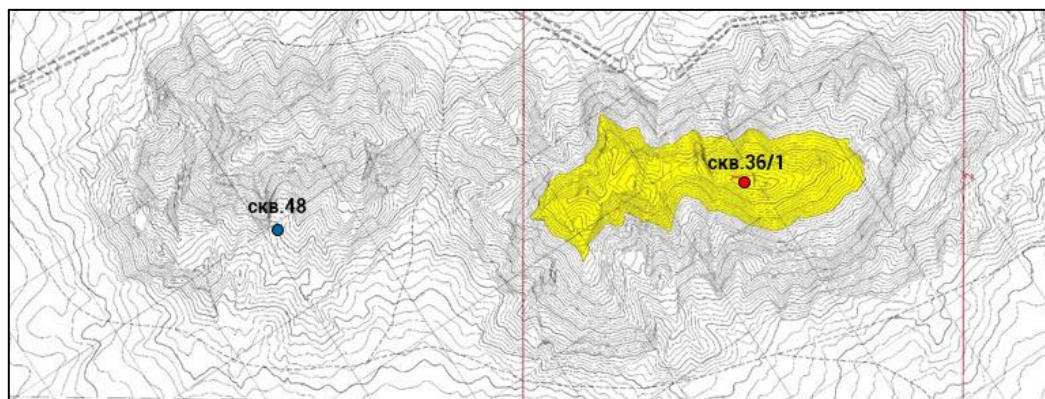


Рисунок 2. Разрезы по осевому профилю ЮЗ – СВ участка Косшоки



синий круг – положение скважины №48 пробуренной в 2021 г., красный круг – положение скважины №36/1; пробуренной в 2016 г.,
красный квадрат – контур участка съемки методом заряда проведенной в 2016 г.

Рисунок 3. Схема участка Косшоки (на топографической основе)

**ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ УЧАСТКОВ КОСШОКЫ И ГРАНИТНЫЙ
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

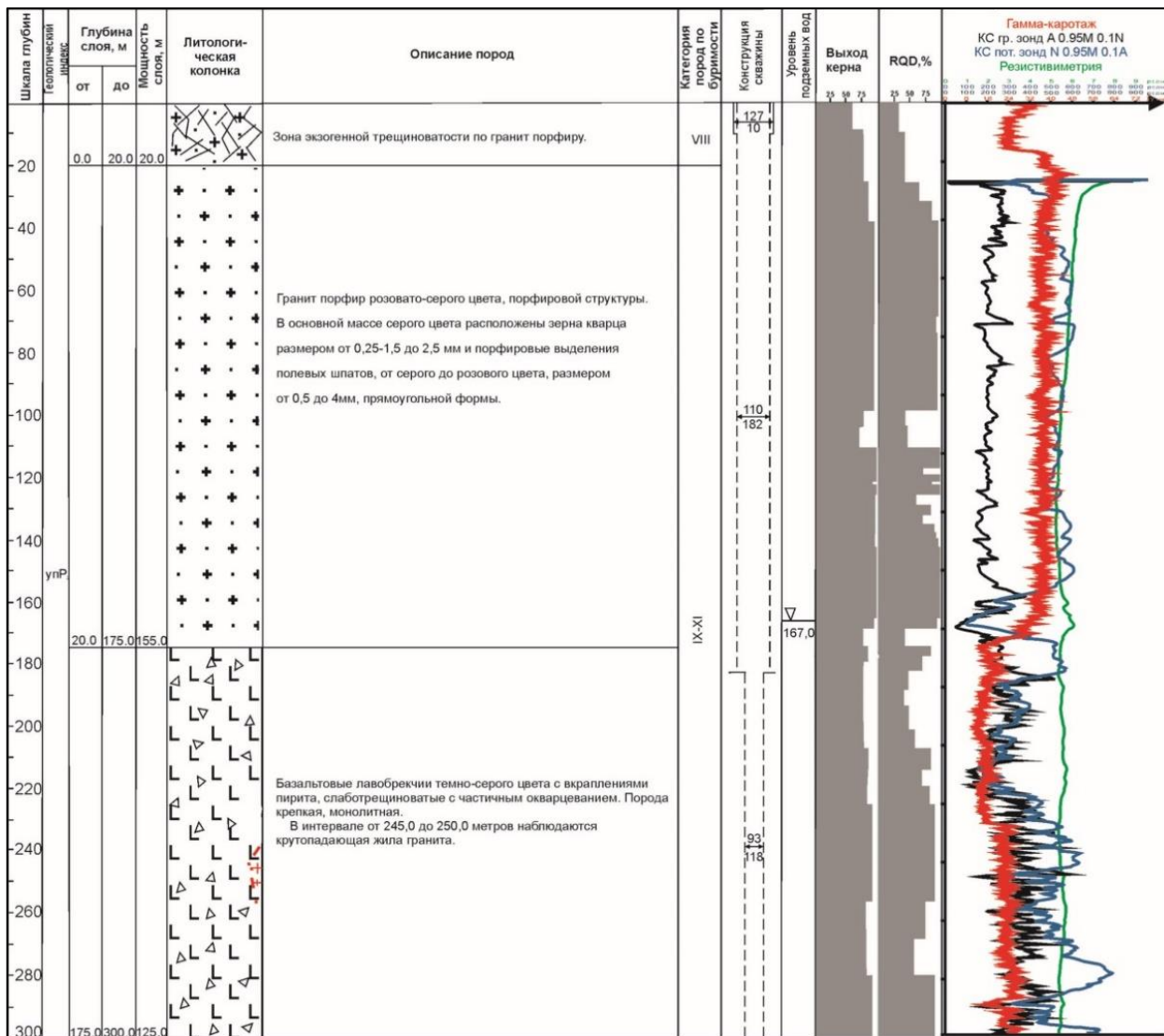


Рисунок 4. Литологическая колонка скважина 36/1

**ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ УЧАСТКОВ КОСШОКЫ И ГРАНИТНЫЙ
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

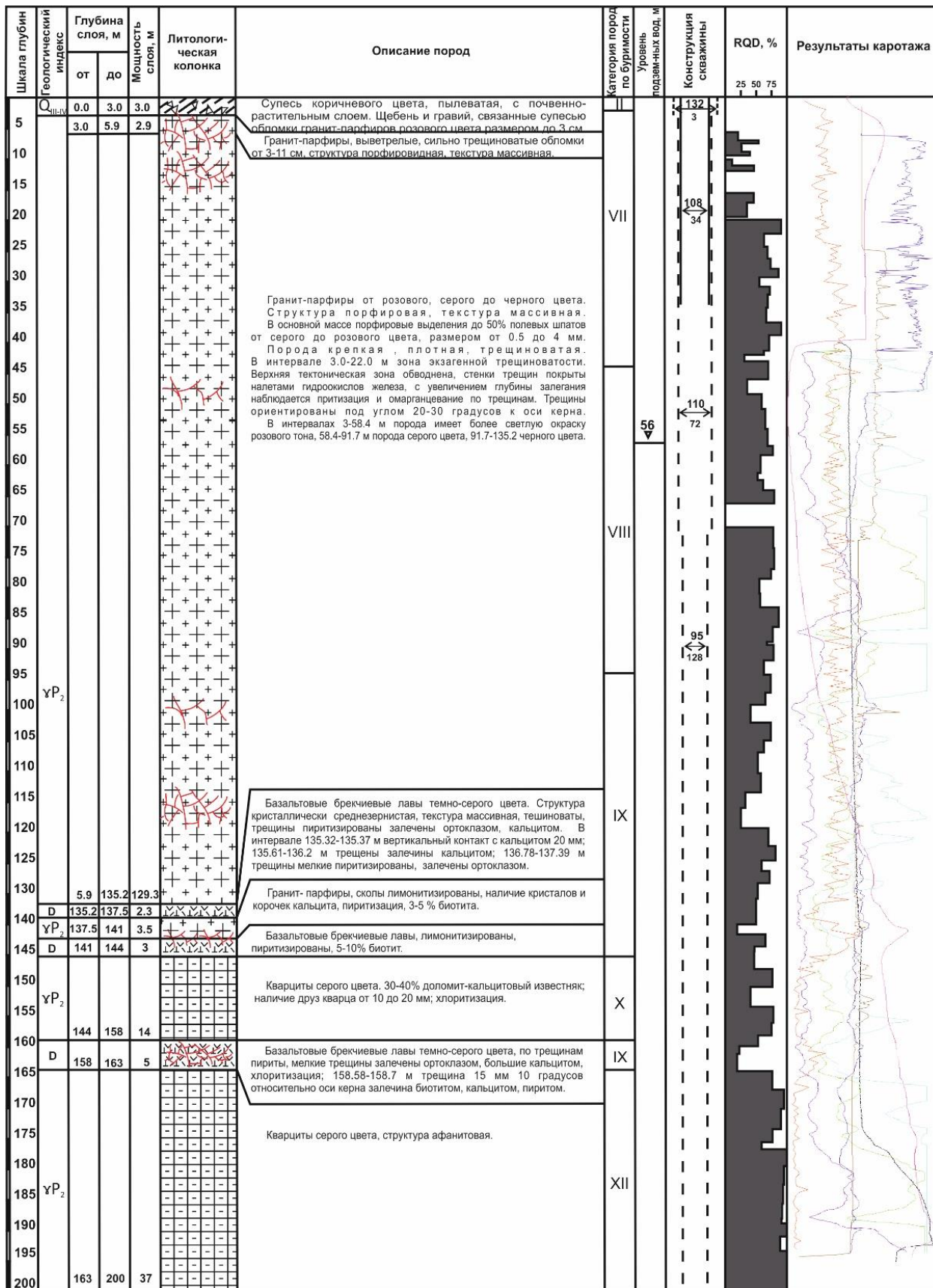


Рисунок 5. Литологическая колонка скважина 48

**ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ УЧАСТКОВ КОСШОКЫ И ГРАНИТНЫЙ
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

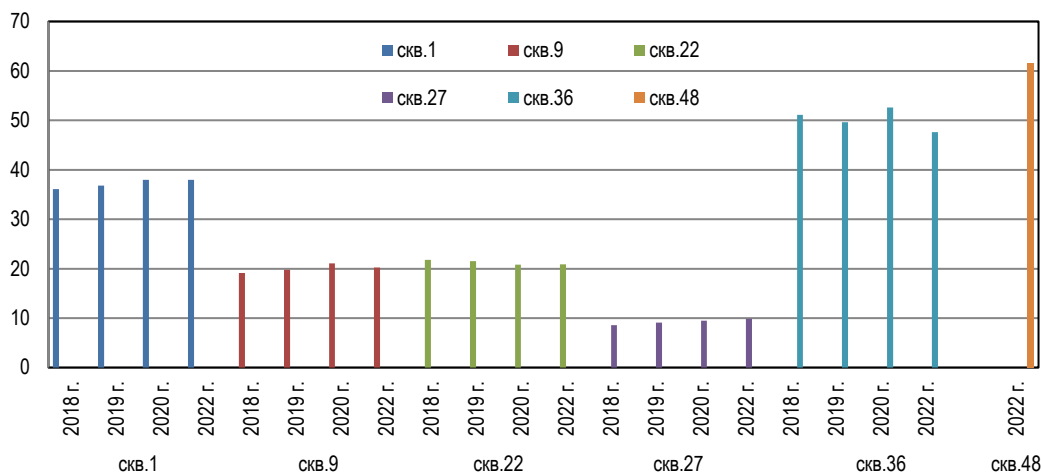
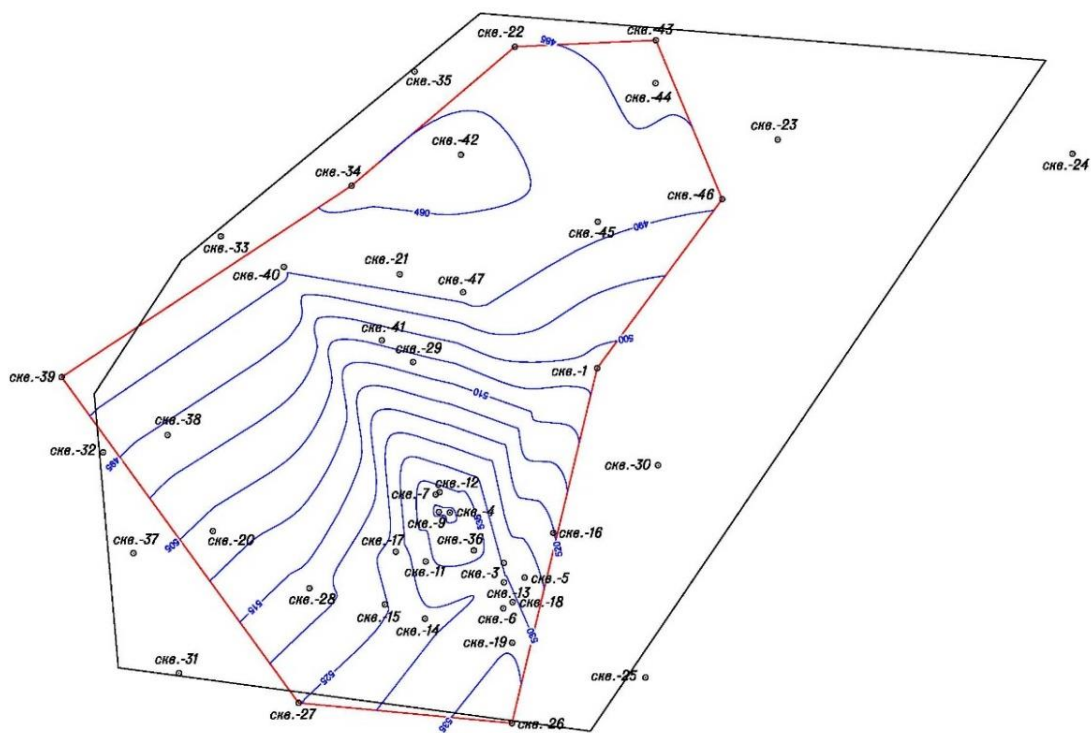


Рисунок 6. Мониторинг скважин 1,9,17, 22, 27, 48 на участке Косшоки за 2018–2022 г.



Масштаб 1:5000

Рисунок 7. Гидрогеологическая карта участка Косшоки

На основании данных мониторинга уровня грунтовых вод (УГВ) исследуемого участка за 2018–2022 г. (рисунок 6), полученных при проведении геологических и гидрогеологических работ, построена схематическая гидрогеологическая карта (рисунок 7) исследуемого участка.

На карте (рисунок 7) видно, что основные области питания сконцентрированы в центральной, южной и северной частях участка, представленных наиболее возвышающимися элементами рельефа, сложенные

скальными породами палеозойского возраста. Зоны питания, по сравнению с ниже расположенными, характеризуются большей проницаемостью коренных пород и соответственно более высокими значениями коэффициентов фильтрации. Абсолютные отметки уровня подземных вод варьируют от 485 до 535 м. Основное направление движения подземных вод ориентировано на запад и на северо-восток.

2. УЧАСТОК ГРАНИТНЫЙ

Участок Гранитный расположен на ЮВ от участка Косшоки в пределах 1,5 км и представляет собой площадку 5×5 км, которая сложена четвертичными отложениями и частично выходами коренных пород на дневную поверхность.

На участке Гранитный была проведена геологическая съемка по 67 профилям масштаба 1:5000 (рисунок 8, а), которая выявила, что участок сложен гранитами и плагиогранитами дегеленского интрузивного комплекса. На значительной части изученной территории коренные породы перекрыты современными четвертичными отложениями, представленными аллювиальными песками, супесями, суглинками и глинами. В целом кристаллические горные породы являются достаточно плотными. Полевое обследование показало, что в изученной части участка система трещин развита незначительно, что позволяет сделать вывод об относительно невысокой проницаемости структуры для атмосферных осадков. По результатам геологической съемки была составлена геологическая карта (рисунок 8, б).

Также на участке Гранитный выполнена площадная пешеходная магниторазведочная съемка, сеть наблюдения по площади 4000 м×5000 м. Все профили ориентированы с Юга на Север. Измерения проводились с шагом 50×50 метров. Полевые наблюдения выполнялись квантовым магнитометром ММРОС-1, имеющим встроенную память, и выходом для сброса накопленной информации на ЭВМ. Обработка данных и интерпретация выполнена в программе Excel и Surfer.

По материалам магнитометрии (рисунок 9) в центре изучаемой площадки выделяется участок, имеющий нормальное значение полного вектора магнитной индукции Земли (58100–59860 нТл), а также зоны, преимущественно в Северо-Западной части исследуемого участка, где отмечается интенсивное увеличение вектора магнитной индукции, значения полного вектора магнитной индукции Земли (59900–63450 нТл). Породы, лежащие за пределами выделенных участков, имеют иные физические свойства.

В 2022 г. был проложен профиль, пересекающий участок Гранитный (рисунок 10). На данном профиле проведен комплекс геофизических работ, включающих в себя: сейсморазведку методом МРВ с шагом ПП10 метров и шагом ПВ 100 метров и электроразведку методом ЗСБ. Петля 100×100 метров, шаг 50 метров. Данные методы позволили выявить наиболее целостный кристаллический массив для выноса и бурения скважины. В скважине планируется провести каротаж и гидрогеологические работы.

С помощью метода зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗСБ) [9] обеспечивается глубинность исследования до 700–1000 м, также метод ЗСБ и помогает выявлять в геоэлектрическом поле области пониженных значений кажущегося сопротивления и повышенных значений удельной проводимости, связанных с разуплотненными участками горных пород.



а) контур участка съемки 4000×5000 метров



1 Q₄ 2 yPt₁

1 – Четвертичная система. Современный отдел. Аллювиальные пески, супеси, суглинки и глины; 2 – Ранние нижнепротерозойские интрузии. Граниты и гранодиориты

б) результаты геологического картирования

Рисунок 8. Альтернативный участок Дегелен, (М 1:5000)

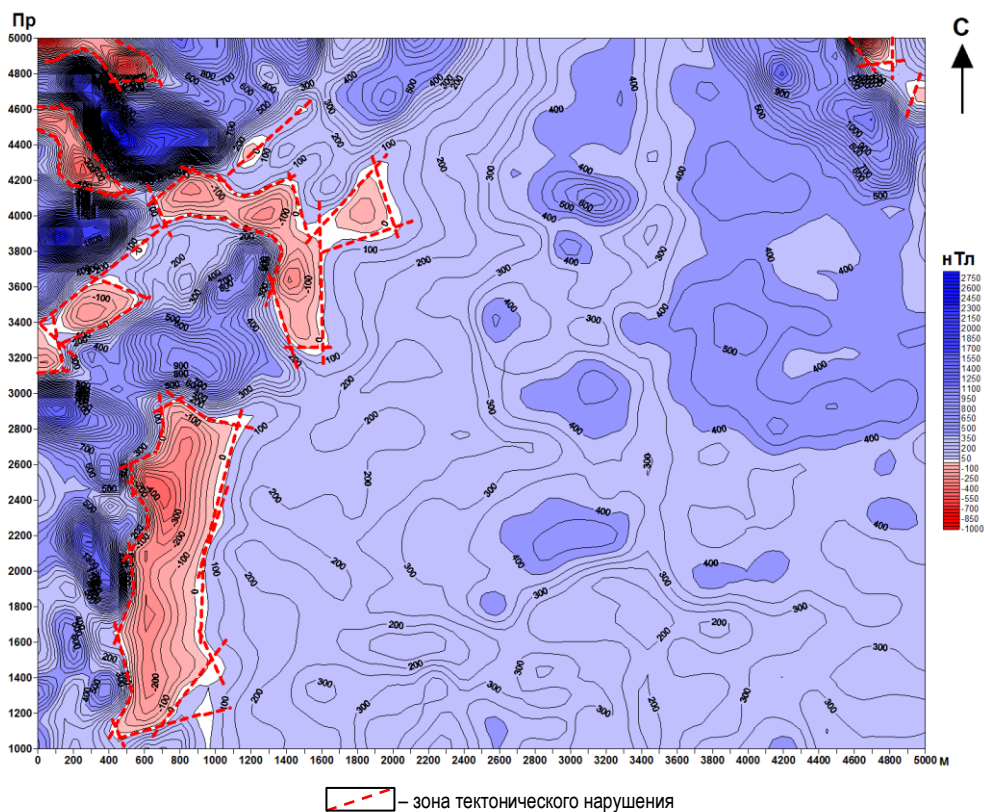


Рисунок 9. Альтернативный участок Гранитный, карта изодинам магнитного поля (М 1:5000)

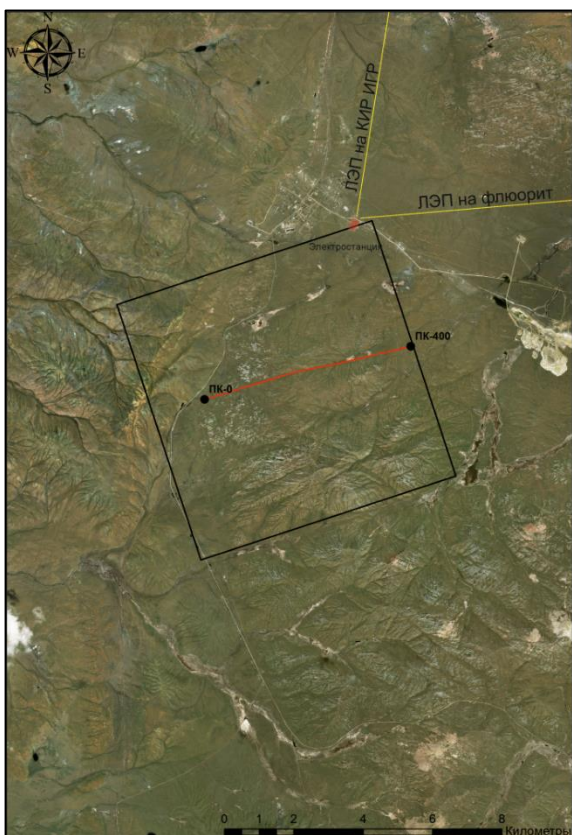


Рисунок 10. Расположение геофизического профиля на участке Гранитный

В результате обработки сейсмограмм построена и увязана по взаимным временам система наблюдаемых годографов вдоль профиля.

Построение скоростного разреза выполнено сейсмотомографическим способом с использованием программного пакета X-Tomo (С-Петербург, РФ). Двумерная стартовая скоростная модель $V(x, z)$ задавалась в виде линейного увеличения скорости с глубиной.

На рисунке 11 представлен полученный в результате томографических расчетов скоростной разрез с учетом изменения рельефа дневной поверхности вдоль профиля. На протяжении всего профиля от 0 до 4100 м, отмечается отсутствие низкоскоростного слоя или зоны выветривания. Сам разрез характеризуется как высокоскоростной. На сейсмотомографическом скоростном разрезе выделяются три ослабленные зоны в районе пикетов 210–500 м, 1680–2020 м и третья, самая большая, 3080–3750 м, а также зоны с разуплотненными горными породами на пикетах 950 м, 2450 м и 2820 м. На пикетах 2180–2380 м хорошо выделяется (показана черной сеткой на разрезе) не нарушенная высокоскоростная зона, которая удовлетворяет нашей цели по поиску монолита. Исходя из описания сейсмотомографического скоростного разреза, можно сделать вывод о рекомендации по бурению картировочной скважины на пикете 2250 м.

**ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ УЧАСТКОВ КОСШОКЫ И ГРАНИТНЫЙ
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

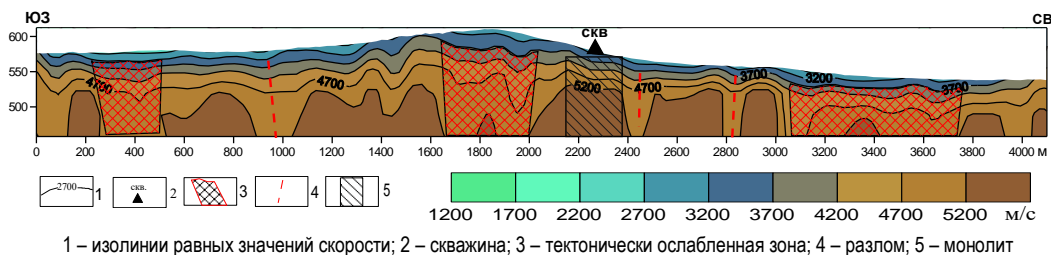
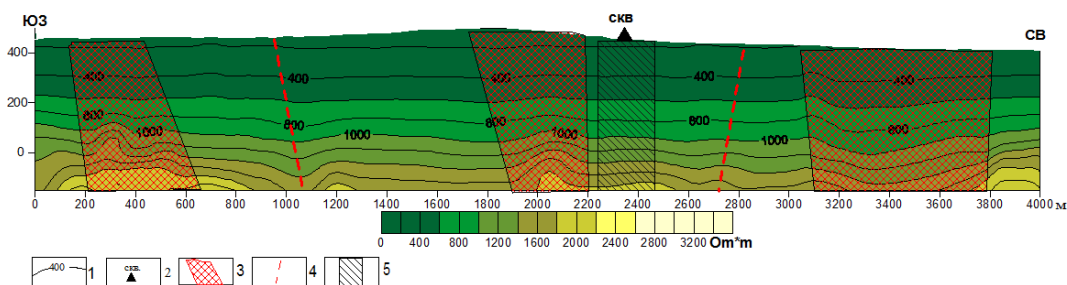
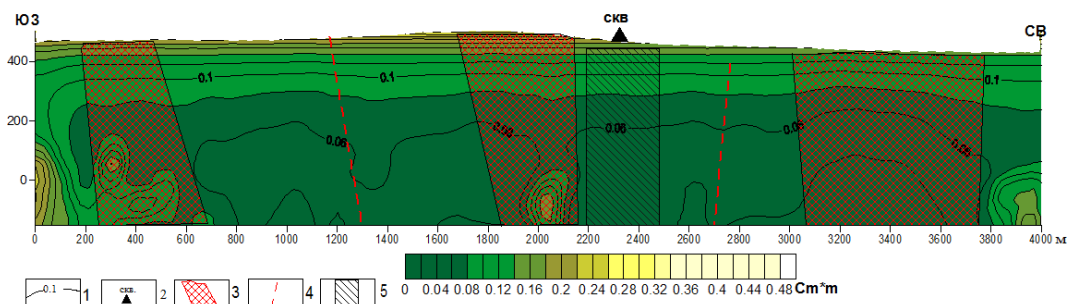


Рисунок 11. Сейсмотомографический скоростной разрез вдоль профиля



1 – изолинии равных значений удельного сопротивления; 2 – скважина; 3 – тектонически ослабленная зона; 4 – разлом; 5 – монолит

Рисунок 12. Геоэлектрический разрез кажущегося удельного электрического сопротивления $\rho_t(t)$



1 – изолинии равных значений проводимости; 2 – скважина; 3 – тектонически ослабленная зона; 4 – разлом; 5 – монолит

Рисунок 13. Геоэлектрический разрез по проводимости (S_t)

На участке Гранитный по профилю длиной 4000 погонных метров была проведена электроразведка методом зондирования становления поля в ближней зоне. Электромагнитные зондирования проводились шагом 50 м, без перекрытий.

На рисунках 12–13 приведен пример геоэлектрического разреза по профилю. Разрез характеризуется в целом небольшими значениями электрической проводимости (S_t от сотых долей до десятых, $S_m \cdot m$). Участок профиля на пикетах 2200–2500 м характеризуется наибольшей проводимостью без каких-либо видимых нарушений, что можно увидеть с помощью сплошных изолиний становления. По интенсивности изменения изолиний на пикетах можно судить о нарушениях однородности массива: 190–620 м, 1800–2180 м, 3100–3750 м.

Таким образом, комплекс геофизических методов [10], включающий в себя сейсмический и электроразведочный методы, позволил выделить в изучаемой геологической среде наиболее подходящий по монолитности участок, пикеты от 2180 м до 2380 м. Опираясь на комплексные геофизические данные, рекомендуется бурение скважины на ПК 2250 для под-

тверждения и уточнения интерпретации полученных данных.

В целом участок Гранитный рассматривается как перспективный для проектирования ПИЛ. Но для доказательства его пригодности для создания ПИЛ необходимо провести следующие работы:

- сейсморазведочные профильные работы методом МРВ-КМПВ;
- глубинная профильная электроразведка методом ЗСБЗ;
- бурение структурно-гидрогеологических скважин, для создания сети мониторинга за подземными водами;
 - опытно-фильтрационные работы;
 - мониторинг гидрогеологических условий на участке;
 - аналитические работы по данным опытно-фильтрационным работам и гидрогеологического мониторинга;
 - бурение структурных скважин глубиной 300 и более метров, с целью отбора проб на петрохимический, петрографический, петрофизический и другие виды анализа вещественного состава горных пород;

- изучение и картирование путей миграции подземных вод;
- сейсмологический мониторинг;
- лабораторные работы по изучению барьерных свойств скальных пород.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные геолого-геофизические исследования показали эффективность применяемых методов при изучении площадок, потенциально пригодных для изоляции РАО. В результате выполненных работ:

- уточнена геологическая позиция интрузивного массива гранит-порфиров и его связь с вулканоплутонической структурой массива Дегелен;
- уточнена морфология массива и оценены его размеры в плане и на глубину (1900–2000×600–700 м, на глубину 250–300 м);
- установлено отсутствие значительных тектонических разломов, нарушающих монолитность блока пород, в пределах интрузива гранит-порфиров;
- оценена степень однородности блоков горных пород массива по геофизическим параметрам: кажущемуся электрическому сопротивлению и скоростным параметрам сейсмических волн.

Полученные результаты позволили сделать заключение, что на данном уровне изученности участков Косшоки можно рассматривать в качестве потенциально пригодного места для размещения подземного хранилища РАО. На участке Гранитный следует провести комплекс геолого-геофизических работ для оценки перспективности его использования под создание ПИЛ.

Выбор комплекса геолого-геофизических работ определяется различностью физико-механических свойств пород потенциальных участков расположения ПИЛ и вмещающих пород и их геометрией. Особое внимание уделялось методам, позволяющим выявлять блочные структуры и определять естественную целостность массива горных пород. Таким образом, физико-геологической моделью для потенциальных мест расположения ПИЛ является плотный, не трещиноватый массив кристаллической горной породы, отличающийся от вмещающих пород повышенной магнитной восприимчивостью, пониженным электрическим сопротивлением и повышенной скоростью распространения продольных волн.

Методические рекомендации по применению скважинных геофизических методов при изучении глубоких горизонтов кристаллических массивов могут представлять интерес для разработчиков проектов по изучению и выбору участков для строительства хранилищ опасных отходов.

Данные исследования финансировались Министерством энергетики Республики Казахстан в рамках научно-технической программы «Развитие атомной энергетики в Республике Казахстан» (ИРН – BR09158470).

ЛИТЕРАТУРА

1. О Стратегическом плане Министерства энергетики Республика Казахстан на 2020–2024 годы. – Приказ Министра энергетики № 445 от 31.12.2019 г. (с изменениями).
2. Обзор зарубежных практик захоронения ОЯТ и РАО / под редакцией И.И. Линге и Ю.Д. Полякова – М.: Издательство «Комтехпринт», 2015. – 208 с.
3. Цебаковская Н.С., Уткин С.С., Пронь И.А., Коновалов В.Ю. Зарубежные проекты захоронения ОЯТ и РАО. Часть III: Зарубежный опыт создания и эксплуатации подземных исследовательских лабораторий. – Москва – 2017. – 34 с.
4. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Sweden, Profile, Organization for Economic Cooperation and Development / Nuclear Energy Agency. – 2013.
5. Overview of the Multinational Collaborative Waste Storage and Disposal Solutions, Cristina Alice Margeanu, Institute for Nuclear Research Pitesti, Romania, 11th Radiation Physics and Protection Conference, Cairo, 25-28 November, 2012.
6. Инструкция по магниторазведке (наземная магнитная съемка, аэромагнитная съемка, гидромагнитная съемка) / Министерство геологии СССР. – Ленинград: Недра, 1981. – 263 с.
7. Развитие геолого-геофизических методов изучения и оценки кристаллических горных пород СИП для экологически безопасной изоляции РАО (промежуточ.) / Институт геофизических исследований; рук. Беляшова Н.Н.; исполн.: Пестов Е.Ю. [и др.]. – Курчатова, 2012. – 74 с. – Библиогр.: с. 74. – № ГР 0112РК00760. – Инв. № 0213РК00351.
8. Методические рекомендации по технологии высокоточных и прецизионных магнитных съемок на основе автоматизации процессов сбора и обработки полевой информации. / В.П. Трипольский [и др.]. – Министерство геологии СССР. – Алма-Ата: КазВИРГ, 1990. – 120 с.
9. Инструкция по электроразведке: наземная электроразведка, скважинная электроразведка, шахтно-рудничная электроразведка, аэроэлектроразведка, морская электроразведка – Министерство геологии СССР. – Ленинград: Недра, 1984. – 352 с.
10. Ляховицкий Ф.М., Хмелевской В.К., Яценко З.Г. Инженерная геофизика. – Москва: Недра, 1989 – 252 с.

REFERENCES

1. O Strategicheskome plane Ministerstva energetiki Respublika Kazakhstan na 2020–2024 gody. – Prikaz Ministra energetiki No. 445 ot 31.12.2019 g. (s izmeneniyami).
2. Obzor zarubezhnykh praktik zakhoroneniya OYAT i RAO / pod redaktsiyey I.I. Linge i Yu.D. Polyakova – Moscow.: Izdatel'stvo «Komtekhprint», 2015. – 208 p.
3. Tsebakovskaya N.S., Utkin S.S., Pron' I.A., Konovalev V.Yu. Zarubezhnyye proekty zakhoroneniya OYAT i RAO. Chast' III: Zarubezhnyy opyt sozdaniya i ekspluatatsii podzemnykh issledovatel'skikh laboratoriy. – Moscow – 2017. – 34 p.
4. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Sweden, Profile, Organization for Economic Cooperation and Development / Nuclear Energy Agency. – 2013.

5. Overview of the Multinational Collaborative Waste Storage and Disposal Solutions, Cristina Alice Margeanu, Institute for Nuclear Research Pitesti, Romania, 11th Radiation Physics and Protection Conference, Cairo, 25-28 November, 2012.
6. Instruktsiya po magnitorazvedke (nazemnaya magnitnaya s'emka, aeromagnitnaya s'emka, gidromagnitnaya s'emka) / Ministerstvo geologii SSSR. – Leningrad: Nedra, 1981. – 263 p.
7. Razvitie geologo-geofizicheskikh metodov izucheniya i otsenki kristallicheskikh gornyx porod SIP dlya ekologicheskogo bezopasnoy izolyatsii RAO (promezhutoch.) / Institut geofizicheskikh issledovaniy; ruk. Belyashova N.N.; ispoln.: Pestov E.Yu. [i dr.]. – Kurchatov, 2012. – 74 p. – Bibliogr.: p. 74. – No. GR 0112RK00760. – Inv. No. 0213RK00351.
8. Metodicheskie rekomendatsii po tekhnologii vysokotekhnicheskikh i pretsizionnykh magnitnykh s"emok na osnove avtomatizatsii protsessov sbora i obrabotki polevoy informatsii. / V.P. Tripol'skiy [i dr.]. – Ministerstvo geologii SSSR. – Alma-Ata: KazVIRG, 1990. – 120 p.
9. Instruktsiya po elektrorazvedke: nazemnaya elektrorazvedka, skvazhinnaya elektrorazvedka, shakhtno-rudnicheskaya elektrorazvedka, aereo elektrorazvedka, morskaya elektrorazvedka – Ministerstvo geologii SSSR. – Leningrad: Nedra, 1984. – 352 p.
10. Lyakhovitskiy F.M., Khmelevskoy V.K., Yashchenko Z.G. Inzhenernaya geofizika. – Moscow: Nedra, 1989 – 252 p.

ГЕОЛОГИЯЛЫҚ-ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР ЖӘНЕ ЖЕР АСТЫ ЗЕРТТЕУ ЗЕРТХАНАСЫН ЖОБАЛАУ ҮШІН ҚОСШОҚЫ ЖӘНЕ ГРАНИТ УЧАСКЕЛЕРІНІҢ ЖАРАМДЫЛЫҒЫН АНЫҚТАУ

Комлев А.В., Игибаев У.А., Марченко И.О., Фролов З.Н., Бардюков В.А.

ҚР ҰЯО РМК «Геофизикалық зерттеулер институты» филиалы, Курчатов, Қазақстан

Қазақстанда уран кенін өндіруден бастап РҚ ұзақ мерзімді сақтау объектілеріне дейін атом электр энергиясын өндірудің толық технологиялық циклін ұйымдастыру үшін барлық жағдайлар жасалған. Республикада осы циклдің маңызды құрамдас бөлігі ретінде РҚ терең көму пункттерін құру бойынша жұмыстар әлі жүргізілген жоқ, оның құрамында жекелеген зерттеулердің нысанасы терең көму пункті орналасып таңдалған жерде РҚ ұзақ уақыт қауіпсіз көмілуін растау үшін жерасты зерттеу зертханасы (ЖЗЗ) болып табылады. Сондықтан осы жобаны іске асыру кезінде РҚ терең көму пункттерін құру алдында ЖЗЗ жобаланып салынған және пайдаланылатын елдердің тәжірибесін пайдалану жоспарлануда. Мұндай елдерге Швеция, Финляндия, Жапония, Ресей, Қытай, Бельгия, Үндістан, Швейцария және т. б. кіреді, мұнда кристалды жыныстардың дамуының кең аудандары бар және РҚ терең жерлеуі заңнамалық деңгейде танылған. Мұндай объектілерді пайдаланатын елдерде сынақтан өткен технологиялар мен даму тәжірибесі бар ЖЗЗ құрылысы мен РҚ арналған оқшаулау пункттері бар.

Түйін сөздер: радиоактивті қалдықтар; жерасты зерттеу зертханасы; геологиялық-геофизикалық зерттеулер; Семей сынақ полигоны; геологиялық көму.

GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL STUDIES AND DETERMINATION OF THE SUITABILITY OF THE KOSSHOKA AND GRANITNY SITES FOR THE DESIGN OF AN UNDERGROUND RESEARCH LABORATORY

A.V. Komlev, U.A. Igibaev, I.O. Marchenko, Z.N. Frolov, V.A. Bardyukov

Branch "Institute of Geophysical Research" RSE NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

In Kazakhstan there are all conditions for the organization of the complete technological cycle of nuclear power generation, from extraction of uranium ores and ending with facilities for long-term storage of radioactive waste. In the Republic there have been no works yet on such an important component of this cycle as creation of underground RW disposal facilities, where the subject of separate investigation is an underground research laboratory (URL) for confirmation of the long-term safe disposal of RW in the selected location of the underground disposal facility. Therefore during implementation of this project it is planned to use experience of the countries, where URL were designed, built and operated before creation of RW disposal sites. Such countries include Sweden, Finland, Japan, Russia, China, Belgium, India, Switzerland, etc., where there are extensive areas of crystalline rock development, and where deep RW disposal is recognized at the legislative level. The countries operating such facilities have proven technologies and experience in development, construction of URL and RW isolation sites.

Keywords: radioactive waste; underground research laboratory; geological and geophysical studies; Semipalatinsk test site; geological disposal.