УДК 550.8.07

Научная статья

Опыт работы с геофизической аппаратурой на участках месторождений «Асачинское» и «Аметистовое» с целью получения материалов об инженерно-геологических условиях

А. С. Кокорева¹, В. А. Соловьев¹, Е. С. Рылов²

¹ Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга, 683032, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Пограничная, 4

² ООО «НИЦ «Геопульс», г. Петропавловск-Камчатский

E-mail: kokoreva_sasha9575@mail.ru

В статье представлены результаты работы с приборами: измеритель «МЭРИ-24», генератор «Астра» и коммутатор «COMdd2» и набор из двух 32 - электродных электроразведочных кос с шагом приемно-питающих электродов 2 метра с целью получения материалов об инженерно-геологических условиях. Благодаря полученным данным, появляется возможность принять правильные решения при проектировании объектов строительства.

Ключевые слова: сейсморазведка, электротомография, метод преломленных волн, измеритель «МЭРИ-24», генератор «Астра», коммутатор «COMdd2», Пенжинский район, Елизовский муниципальный район, Камчатка

DOI: 10.26117/2079-6641-2021-35-2-133-140

Поступила в редакцию: 09.02.2021

В окончательном варианте: 09.03.2021

Для цитирования. Кокорева А. С., Соловьев В. А., Рылов Е. С. Опыт работы с геофизической аппаратурой на участках месторождений «Асачинское» и «Аметистовое» с целью получения материалов об инженерно-геологических условиях // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2021. Т. 35. № 2. С. 133-140. DOI: 10.26117/2079-6641-2021-35-2-133-140

Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

© Кокорева А. С., Соловьев В. А., Рылов Е. С., 2021

Введение

Геофизические работы проводились в августе 2020 г в составе инженерно-геологических изысканий с целью получения материалов об инженерно-геологических условиях, необходимых для решения следующих задач:

- расчёта оснований и фундаментов зданий, сооружений;
- обоснования компоновки зданий и сооружений;
- принятия конструктивных и объёмно-планировочных решений;
- оценки опасных инженерно-геологических и техногенных процессов и явлений;

Финансирование. Исследование выполнялось без финансовой поддержки фондов.

- проектирования инженерной защиты и мероприятий по охране окружающей среды;

- составления генерального плана проектируемого объекта.

Первый участок исследований расположен на территории Пенжинского района Камчатского края в 1100 км к северу от Петропавловска-Камчатского и примерно в 125 км к северо-западу от посёлка Тилички (рис. 1).

Рис. 1. Обзорная карта расположения месторождения «Аметистовое» и месторождения «Асачинское»

Наличие опасных природных процессов и явлений на территории расположения объекта: Высокая исходная нормативная сейсмичность района работ, распространение многолетнемерзлых пород и возможность проявления склоновых процессов.

Сейсмичность района строительства принята на основании карты В комплекта карт ОСР - 2016 для зданий и сооружений повышенного уровня ответственности. Уровень сейсмической опасности участка для периода повторяемости $T=1000$ лет, оценивается в 8.0 балла [1].

Второй участок исследования расположен так же на территории Камчатского края, Елизовского муниципального района, в 90 км на юго-запад от г. Петропавловск-Камчатский — горнодобывающее предприятие на базе месторождения «Асачинское» (рис. 1).

Полевые работы проводились в ноябре – декабре 2020 г. в составе комплексных инженерных изысканий, в соответствии с заданием на выполнение инженерных изысканий.

Цель изысканий: получение необходимых материалов и данных инженерных изысканий для разработки проектной документации.

Уточнение исходной сейсмичности для площадки строительства, проведено с учетом сейсмического режима территории, на основе алгоритма вероятностного анализа сейсмической опасности (ВАСО). Рассчитан вклад очагов сейсмических событий и зон ВОЗ, на сейсмический эффект площадки строительства, для различных периодов повторяемости.

В результате уточнения исходной сейсмичности, уровень сейсмической опасности участка, для периода повторяемости $T=500$ лет, оценивается в 9.0 балла, для периода повторяемости $T=1000$ лет, в 9.4 балла и для периода повторяемости $T=5000$ лет, в 10.2 балла [2].

Характеристика геологического строения первого участка

Месторождение «Аметистовое» расположено в пределах Тклаваямской олигоценовой купольной вулкано-тектонической структуры с радиально-кольцевой системой разломов. Центр структуры находится в истоках руч. Рудный и приурочен к узлу пересечения Ичигинского субмеридионального и Тклаваямского субширотного глубинных разломов. Диаметр структуры по внешним кольцевым разломам достигает 12 км, а по внутренним – 8 км.

Он располагается в низкогорном хребте (абс. высота 180-365 м, относительная высота 100-150 м), который отделяет межгорную долину р. Ичигинная (абс. высота 90-130 м) от низменности Парапольского дола (абс. высота 50-60 м). Простирается хребта и долины р. Ичигинная северо-северо-восточное. Река Ичигинная является водотоком 4-5 порядка – правым притоком р. Куюл, бассейны рек Таловка-Пенжина и Охотского моря).

В современном природном рельефе территории преобладают денудационные формы, выработанные в скальных грунтах магматических пород.

Водоразделы горных массивов имеют субгоризонтальные местами террасированные поверхности – поверхности гольцового выравнивания с серией нагорных террас. Нагорные террасы разделены 2-10 – метровыми крутыми ($20-30^\circ$) денудационными уступами. Самые большие поверхности гольцового выравнивания развиты в междуречье Ичигинная – Прямой. Их длина более 1.1 км, а ширина 0.1-0.5 км. На границе участка с поймой р. Ичигинная местами развиты очень крутые ($30-60^\circ$) и обрывистые эрозионно-денудационные уступы, сложенные то скальными, то дисперсными грунтами. Их относительная высота 8-15 м [3].

Характеристика геологического строения второго участка

Территория месторождения относится к Восточному вулканическому району Камчатки, согласно орографической классификации территории полуострова сильно расчлененный рельеф. Максимальная абсолютная отметка составляет 2322 м (сопка Мутновская); абсолютные отметки прочих сопкок находятся в пределах 400-1830 м. Вершины сопкок с высотами более 1200 м покрыты ледниковыми шапками.

В целом территория инженерно-геологических изысканий расположена на делювиально-пролювиальном склоне, крутизной около 10-150, направленном на северо-восток. Непосредственно «Участок» инженерных изысканий расположен на ровной субгоризонтальной техногенно-сформированной поверхности с абсолютными отметками 223-226 м [3].

Существующие карты хвостохранилища¹ формировались путем частичной срезки природного делювиально-пролювиального склона и формированием на нем дамбы. Ее высота в юго-западной части около 5 м, в северо-восточной части – до 20 м [4, 5].

Методы исследования и приборы для измерений

Для решения задач структурно-тектонического районирования и определения однородности инженерно-геологического массива в комплексе геофизических методов на первом участке были предусмотрены электроразведочные работы методом электротомографии.

Особенностью электротомографии является многократное использование в качестве питающих и измерительных одних и тех же фиксированных на профиле наблюдений положений электродов. Это приводит к уменьшению общего числа рабочих положений электродов при существенном увеличении плотности измерений по сравнению с обычным методом вертикальных электрических зондирований. Такой подход позволяет с одной стороны, работать с современной высокопроизводительной аппаратурой, а с другой стороны, применять эффективные алгоритмы моделирования и инверсии [2].

Данная методика электротомографических работ позволяет получить двумерное распределение удельных электрических сопротивлений вдоль профиля измерений. Специфика электротомографических работ предполагает использование специальной коммутирующей аппаратуры.

Рис. 2. Комплект электроразведочной аппаратуры для проведения измерений: измеритель «МЭРИ-24», генератор «Астра» и коммутатор «COMdd2»

Для проведения измерений использовался следующий комплект аппаратуры: Измеритель «МЭРИ-24», генератор «Астра» и коммутатор «COMdd2» (рис. 2) и набор из двух 32 - электродных электроразведочных кос с шагом приемно-питающих электродов 2 метра.

Генератор «Астра» используется для создания электромагнитного поля при проведении геофизических работ методами постоянного тока, вызванной поляризации и частотного зондирования. Имеется возможность работы в автоматическом режиме по заданной программе. Максимальная выходная мощность генератора 100 Вт. Максимальное выходное напряжение при высокой нагрузке 250

¹Хвостохранилище-комплекс специальных сооружений и оборудования/, предназначенный для хранения или захоронения радиоактивных, токсичных и других отвалных отходов обогащения полезных ископаемых.

В. Значения выходного тока меняются ступенчато от 1 мА до 1000 мА. Длительность фронта составляет 2 мкс (генератор возбуждает сигналы с формой «меандр») и обеспечивает стабилизацию номинального тока с точностью 0.5%. Прибор работает в температурном диапазоне от -20 до $+50^{\circ}\text{C}$.

Полевые сейсморазведочные работы методом преломленных волн² (МПВ), для решения задачи сейсмического микрорайонирования второго участка, были выполнены в ноябре 2020 г. Для получения исходных данных, были проведены сейсморазведочные работы методом преломленных волн (МПВ), с получением записей продольных и поперечных волн [6].

При проведении сейсморазведочных работ, была использована цифровая инженерная сейсмостанция «Телсс - 3» (рис. 3)

Рис. 3. Комплект сейсморазведочной аппаратуры

Заключение

Электроразведочный измеритель «МЭРИ» позволяет решать многие структурные, картировочные, поисковые, разведочные, инженерные и экологические задачи. Предназначенный для измерения постоянных и гармонических электромагнитных полей, используется при проведении работ методами постоянного тока и вызванной поляризации. Благодаря повышенной помехоустойчивости метода, прибор дает возможность эффективно работать в условиях активного строительства.

По результатам электроразведочных исследований на первом участке можно сделать вывод о достаточно однородном структурно-тектоническом строении изучаемых площадей и отсутствии на них тектонических нарушений.

В то же время между площадками исследований отмечается значительно различие в уровнях удельных электрических сопротивлений скальных грунтов, что указывает на их различный петрографический состав.

²Метод преломленных волн – один из способов производства сейсмической разведки, основанный на регистрации волн, преломляющихся в слоях земной коры и характеризующихся повышенной скоростью распространения сейсмических волн.

В приповерхностных частях разреза на площадках исследований выделяются рыхлые щебенистые и трещиноватые грунты, которые, вероятно, связаны с техногенными факторами (планирование площадок, буровзрывные работы и т. д.), которые не влияют на устойчивость откосов и проектируемых сооружений.

Тектонических нарушений различных порядков на площадках исследований геофизическими методами не установлено.

По результатам уточнения исходной сейсмичности определены параметры ожидаемых сценарных землетрясений на площадке строительства и уточнены значения исходного балла для различных периодов повторяемости. Уточненная сейсмичность площадки строительства составляет 8.0 балла для периода повторяемости 1000 лет, что соответствует карте ОСР - В.

Для решения задачи сейсмического микрорайонирования³, на территории второго участка были выполнены геофизические исследования методом сейсморазведки.

По результатам исследований сделаны следующие выводы:

1. При уточнении исходной сейсмичности описаны сеймотектонические условия и рассчитан их сейсмический эффект. Уточненная сейсмичность площадки строительства составляет 9.0 балла для периода повторяемости – 500 лет.

2. По данным анализа геологической и геофизической информации, площадка имеет однородное строение и представлена грунтами II категории по сейсмическим свойствам.

3. Приращения сейсмической интенсивности по методу сейсмических жесткостей на площадке составляют от -0.4 до -0.1 балла.

4. При выполнении моделирования реакции среды на заданное сейсмическое воздействие, использована запись землетрясения Тихоокеанской фокальной зоны расположенной в юго-восточной части Камчатского региона. Результаты моделирования указывают на максимальное ускорение – $A_{max} = 449 \text{ см/с}^2$, что соответствует максимальной расчетной сейсмичности $I = 9.2$ балла.

5. В качестве итоговой оценки сейсмической опасности участка, рекомендуется использовать результаты моделирования, в соответствии с которыми сейсмичность находится в интервале от 8.9 до 9.2 балла, для периода повторяемости 500 лет.

Итоговая оценка сейсмической опасности участка, по результатам сейсмического микрорайонирования находится в интервале 8.9 – 9.2 балла для периода повторяемости 500 лет.

Конкурирующие интересы. Авторы заявляют, что конфликтов интересов в отношении авторства и публикации нет.

Авторский вклад и ответственность. Все авторы участвовали в написании статьи и полностью несут ответственность за предоставление окончательной версии статьи в печать. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами.

Список литературы/References

- [1] *Сейсмическое районирование территории СССР, Методические основы и региональное описание карты 1978 г.*, Наука, М., 1980, 307 с. [*Seismic zoning of the territory of the USSR, Methodological foundations and regional description of the map 1978*, Nauka, Moscow, 1980, 307 pp.]

³Микрорайонирование – часть инженерно-геологических и инженерно-геотехнических изысканий на площадках строительства особо опасных объектов.

- [2] Горяинов Н. Н., Ляховицкий Ф. М., *Сейсмические методы в инженерной геологии*, Недра, М., 1979, 145 с. [Goryainov N. N., Lyakhovitsky F. M., *Seismic methods in engineering geology*, Nedra, Moscow, 1979, 145 pp.]
- [3] Аносов Г. И., Биккенина С. К., Попов А. А., Сергеев К. Ф., Утнасин В. К., Федорченко В. И., *Глубинное сейсмическое зондирование Камчатки*, Наука, М., 1978, 130 с. [Anosov G. I., Bikkenina S. K., Popov A. A., Sergeev K. F., Utnasin V. K., Fedorchenko V. I., *Deep seismic sounding of Kamchatka*, Science, Moscow, 1978, 130 pp.]
- [4] Алешин А. С., Пиоро Е. В., “О влиянии обводненности грунтов на результаты сейсмического микрорайонирования”, *Инженерные изыскания*, 2015, № 4, 34-40. [Aleshin A. S., Pioro E. V., “On the influence of soil watering on the results of seismic microzoning”, *Engineering surveys*, 2015, № 4, 34-40].
- [5] *РСН 65-87*, Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое районирование. Технические требования к производству работ. Госстрой РСФСР, МосЦТИСИС Госстроя РСФСР, М., 1987, 26 с. [*РСН 65-87*, Engineering surveys for construction. Seismic zoning. Technical requirements for the production of works. Gosstroy of the RSFSR, MosCTISIS Gosstroy of the RSFSR, 1987, 26 pp.]
- [6] *РСН 60-86*, Республиканские строительные нормы. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Нормы производства работ., МосЦТИСИЗ Госстроя РСФСР, М., 1986, 32 с. [*РСН 60-86*, Republican building codes. Engineering surveys for construction. Seismic microzoning. Production standards, MosCTISIZ Gosstroy RSFSR, Moscow, 1986, 32 pp.]

Experience with geophysical equipment at the «Asachinskoye» and «Ametistovoye» fields in order to obtain materials on engineering and geological conditions

A. S. Kokoreva¹, V. A. Soloviev¹, E. S. Rylov²

¹ Kamchatka State University by Vitus Bering, 683032, PetropavlovskKamchatskiy, Pogranichnaya st, 4, Russia

² LLC "Research Center" Geopulse ", Petropavlovsk-Kamchatsky

E-mail: kokoreva_sasha9575@mail.ru

The article presents the results of working with devices: meter "MERI-24", generator "As-tra" and switch "COMdd2" and a set of two 32 - electrode electrical prospecting streamers with a step of 2 meters of receiving and feeding electrodes in order to obtain materials about engineering and geological conditions. Thanks to the data received, it becomes possible to accept correct decisions in the design of construction projects.

Key words: seismic exploration, electrotomography, refracted wave method, meter "МЭПИ-24", generator "Acmpa", switchboard "COMdd2", Penzhinsky district, Elizovo municipal district, Kamchatka

DOI: 10.26117/2079-6641-2021-35-2-133-140

Original article submitted: 09.02.2021

Revision submitted: 09.03.2021

For citation. Kokoreva A. S., Soloviev V. A., Rylov E. S. Experience with geophysical equipment at the «Asachinskoye» and «Ametistovoye» fields in order to obtain materials on engineering and geological conditions. *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki.* 2021, **35**: 2, 133-140. DOI: 10.26117/2079-6641-2021-35-2-133-140

Competing interests. The authors declare that there are no conflicts of interest regarding authorship and publication.

Contribution and Responsibility. All authors contributed to this article. Authors are solely responsible for providing the final version of the article in print. The final version of the manuscript was approved by all authors.

The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

© Kokoreva A. S., Soloviev V. A., Rylov E. S., 2021

Funding. The study was carried out without financial support from foundations.