

14. Shnyukov Ye. F., Pasyukov A. D., Maslyakov N. A., et al. Geomorfologiya Forosskogo vystupa Chernomorskoy kontinentalnoy okrainy Kryma [Geomorphology Foros projection of the Black sea continental margin of Crimea]. *Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana* [Geology and Mineral Resources of the World Ocean], 2010, no. 4, pp. 15–29.

15. Shcherbakov F. A., Yesin N. V. Osobennosti relefa brovki shelfa Severnogo Kavkaza [Peculiarities of the relief of the shelf edge of the North Caucasus]. *Okeanologiya* [Oceanology], 1994, vol. 32, no. 2, pp. 283–286.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ ЦЕЛЕЙ
СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ
В НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РЕГИОНАХ
НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ И СЕВЕРНОГО КАСПИЯ**

Шереметов Иван Михайлович

кандидат технических наук, доцент

Астраханский инженерно-строительный институт
414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 18
E-mail: shrmtv@mail.ru

Курдюк Андрей Юрьевич

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой

Астраханский инженерно-строительный институт
414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 18
E-mail: ayuk58@mail.ru

Серебряков Олег Иванович

доктор геолого-минералогических наук, профессор, старший научный сотрудник

Астраханский инженерно-строительный институт
414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 18
E-mail: geotehnika@ausu.ru

Серебрякова Валентина Ивановна

старший преподаватель

Астраханский инженерно-строительный институт
414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 18
E-mail: geotehnika@ausu.ru

Внимание ученых и специалистов привлекают новые факторы риска в районах интенсивной урбанизации – аномальные и катастрофические природные и техногенные геодинамические явления с негативными социально-экономическими и экологическими последствиями. В литосфере, отражаясь на поверхности Земли, постоянно происходят геодинамические процессы различных видов и масштабов. Традиционно считается, что такие процессы происходят преимущественно в подвижных (орогенных) регионах. Индуцированные землетрясения являются наиболее опасными вследствие техногенных процессов, являющихся источником геодинамического риска. Подобные условия сложились на территории Нижнего Поволжья и Северного Каспия, где основания зачастую сложены грунтами третьей категории по сейсмическим свойствам. Грунты третьей

категории, являясь поверхностными отложениями, усиливают интенсивность приходящего воздействия, что в настоящее время не учитывается при проектировании зданий и сооружений в данном регионе. Пёстрая картина литологического состава и слабые водонасыщенные грунты оснований способны изменять интенсивность и спектральный состав сейсмического воздействия. Существующий подход к оценке сейсмической опасности основан на предположении о влиянии грунтов, на территориях, по площади во много раз превышающих площадь, отводимую под застройку. Современные инструментальные методы сейсмического микрорайонирования рассматривают изменение сейсмичности на значительных площадях. Однако обследования последствий разрушительных землетрясений, а также работы некоторых исследователей убедительно указывают на влияние грунтов небольших по площади территорий на интенсивность и спектральный состав сейсмических колебаний. Рассматривается возможность применения метода георадиолокации для задач сейсмического микрорайонирования.

Ключевые слова: сейсмичность, основания, сейсмическое микрорайонирование, георадиолокация

TECHNIQUE GEORADIOLOCATION SEISMIC MICROZONATION IN THE OIL AND GAS BEARING REGIONS OF LOWER VOLGA REGION AND NORTHERN CASPIAN

Sheremetov Ivan M.

C.Sc. in Technical
Associate Professor
Astrakhan Institute of Civil Engineering
18b Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation
E-mail: shrmtv@mail.ru

Kurdyuk Andrey Yu.

C.Sc. in Technical
Associate Professor
Head of the Department
Astrakhan Institute of Civil Engineering
18b Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation
E-mail: ayuk58@mail.ru

Serebryakov Oleg I.

D. Sc. in Geology and Mineralogy
Professor
Astrakhan State University
1 Shaumyan sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation
E-mail: Geologi2007@yandex.ru

Serebryakova Valentina I.,

Senior Lecturer
Astrakhan State University
1 Shaumyan sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation
E-mail: geotehnika@aucu.ru

The attention of scientists and specialists attract new risk factors in areas of intense urbanization – abnormal and catastrophic natural and anthropogenic geodynamic phenomena with negative socio-economic and environmental impacts. In the lithosphere, is reflected on the surface of the Earth, constantly occurring geodynamic processes of various shapes and sizes. Traditionally it is believed

that such processes occur mainly in mobile (orogenic) regions. Induced earthquakes are the most dangerous due to technological processes that are the source of geodynamic risk. Such conditions were formed on the territory of the Lower Volga and Northern Caspian, where the base of soils often stacked the third category on the seismic properties. Primers third categories, as surface deposits, increase the intensity of the incoming effects that are currently not taken into account in the design of buildings and structures in the region. Motley picture lithology and weaknesses of saturated soil grounds are capable of altering the intensity and spectral composition of the seismic action. The current approach to seismic hazard assessment is based on the assumption that the influence of the soil, in the territories over the area many times the area reserved for development. Modern instrumental methods of seismic zoning are considering a change of seismicity on large areas. However, the survey consequences of destructive earthquakes, as well as the work of some researchers strongly suggest the influence of soil small area on the intensity and spectral composition of seismic vibrations. The possibility of using GPR method for problems of seismic zoning.

Keywords: seismicity, base, seismic microzoning, GPR

В последние годы внимание ученых и специалистов привлекают новые факторы риска в районах интенсивной добычи углеводородов – аномальные и катастрофические природные и техногенные геодинамические явления с негативными социально-экономическими и экологическими последствиями. Верхние слои литосферы платформы активно участвуют в глобальных деформационных процессах, что принципиально изменяет представления о реальном уровне современного геодинамического состояния недр на платформах. Влияние грунтов основания на сейсмические воздействия закреплено в таблице 1 [14].

Указом Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899 “Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации” обозначены приоритетные направления развития науки, технологий и техники в нашей стране. В данный перечень, за номером 21, включены «Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Особую актуальность приобретает реализация указанной критической технологии в Нижнем Поволжье и Северном Каспии. В данном регионе открыто готовится к эксплуатации и эксплуатируется большое количество месторождений углеводородного сырья, в том числе и на территории Харабалинского района. Следует отметить, что участки расположения углеводородного сырья, например, границы Тамбовского участка, вплотную соприкасаются с территорией полигона «Ашулук». Подобное соседство требует детальной проработки вопросов сейсмического микрорайонирования не только на данной территории, но и по всему региону Нижнего Поволжья и Северного Каспия, имеющего сложные инженерно-геологические условия.

К факторам, определяющим сложность инженерно-геологических условий территории, относятся геоморфологические, тектонические, литологические, гидрогеологические, экзогенные геологические процессы, неблагоприятные в сейсмическом отношении. К факторам, инициирующим природно-техногенные геодинамические процессы, следует относить наступление (трансгрессию) Каспийского моря на сушу, вызывающую подъем грунтовых вод вследствие повышения давления нагнетания флюидов в пласты, влияющее на огромные грунтовые массивы глубиной до 6–7 км и площадью десятки тысяч квадратных километров. Концентрированные горизонтальные давления, приуроченные к местам выхода грунтовых вод на поверхность, могут привести к нарушению в данных местах нормальной эксплуатации коммуникаций и инженерных сооружений, многоэтажных домов и промышленных предприятий. Повышение давлений в грунтовых водах вследствие их бокового объемного

сжатия приведет к процессам внезапной разгрузки пластовых очагов напряжений в сторону поверхности с максимальными амплитудами интенсивностью до 7 баллов. Вследствие несжимаемости воды, всплеск процесса «сжатие-разгрузка» увеличивает деформационные последствия на техническую среду. В этом состоит генетическое отличие поведения водонасыщенных грунтов от необводненных, заложенных как базисные в соответствующих СНиПах. В этих районах особую актуальность обретают вопросы сейсмического микрорайонирования [13]. Нормативная литература по данному вопросу не учитывает опыт и инновации последних лет [4, 5, 10, 11].

Сейсмическое микрорайонирование позволяет оценивать локальные инженерно-сейсмические условия и является одним из важнейших элементов в комплексе защитных мероприятий, обеспечивающих повышение безопасности строительства в сейсмических районах [4].

В основу сейсмического микрорайонирования положена технологическая схема, реализующая принцип комплексного применения инженерно-геологических, инструментальных и расчетных методов с учетом социально-экономических последствий ожидаемых сильных землетрясений, категории сейсмической опасности зданий и сооружений, сложности инженерно-геологических условий и исходной сейсмичности территорий [4].

Инструментальные сейсмические исследования выполняются в соответствии действующим нормативным документам по сейсмическому микрорайонированию с целью получения данных о сейсмичности изучаемой территории и сейсмических свойствах грунтов [4, 5, 10, 11].

Комплекс инструментальных исследований включает сейсмологические, сейсморазведочные, электроразведочные, радиоизотопные и другие геофизические методы. Состав комплексных инструментальных исследований, необходимый для решения задач, устанавливается в зависимости от класса объекта сейсмического микрорайонирования, категории сложности инженерно-геологических условий и величины исходной сейсмичности района работ в соответствии таблице 2 [4].

Существующий подход к оценке сейсмической опасности основан на предположении о влиянии грунтов, на территориях, по площади во много раз превышающих площадь, отводимую под застройку. Однако обследования последствий разрушительных землетрясений, а также работы некоторых исследователей [1] убедительно указывают на влияние грунтов небольших по площади территорий на интенсивность и спектральный состав сейсмических колебаний и необходимость учета этого эффекта при проектировании надземных конструкций [2, 3] с целью управления сейсмическими рисками [8, 12].

Инструментальные методы сейсмического микрорайонирования рассматривают изменение сейсмических характеристик основания дискретно на больших площадях. Интерполяцию инженерно-геологических данных можно осуществить, применяя метод георадиолокации.

При радиолокационном зондировании используется принцип исследования геологической среды, заключающийся в анализе импульсов, отраженных от границ сред с разными электрофизическими характеристиками. Применение георадара при обследовании подповерхностного пространства позволяет получить разрез в латеральной плоскости с высокой степенью достоверности.

Метод георадиолокации основывается на способности электромагнитной волны отражаться от границы неоднородностей в изучаемой среде. При этом отраженный сигнал тем ярче проявляется, чем более существенная разница в диэлектрической проницаемости и электропроводности граничащих напластований. Излучаемые георадаром электромагнитные сверхширокополосные импульсы, отражённые от встречающихся слоев грунта, принимаются антенной, усиливаются и преобразуются в цифровой вид для последующей обработки с помощью программного комплекса.

Наиболее важными параметрами, характеризующими возможности применения метода георадиолокации в различных средах, являются удельное затухание и скорость распространения электромагнитных волн в среде, которые определяются ее электрическими свойствами. Распространение электромагнитных волн в первом приближении подчиняется законам геометрической оптики. Скорость распространения электромагнитной волны в диэлектрике зависит от его диэлектрической и магнитной проницаемостей. Скорость распространения электромагнитной волны в среде определяется согласно известной зависимости:

$$V = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}}, \quad (1)$$

где c – скорость распространения электромагнитной волны в вакууме; ε – диэлектрическая проницаемость среды.

Маловлажные, монолитные, слабо трещиноватые породы имеют низкие значения диэлектрической проницаемости. В то время как водонасыщенные, проницаемые, пористые, трещиноватые породы, как правило, – высокие значения диэлектрической проницаемости и низкие значения скорости распространения электромагнитных волн. Максимальные скорости прохождения сигнала наблюдаются в воздушной среде встречающихся пазух, минимальные – в грунтовых водах.

В процессе георадарного исследования фиксируется время пробега электромагнитной волны от источника до отражающей границы и обратно до приемника, а также амплитуда этого отражения. Границами раздела в исследуемых средах могут являться контакт между сухими и водонасыщенными грунтами, между породами различного литологического состава, между породой и материалом искусственного сооружения, между мерзлыми и тальмыми грунтами, между коренными и рыхлыми породами, между слоями нарушенной и ненарушенной структуры и т.п.

Амплитуда отраженного сигнала от границы между слоями пропорциональна величине коэффициента отражения $K_{\text{отр}}$. Прохождение сигнала через границу массива грунта с различающимися диэлектрическими характеристиками подчиняется следующей зависимости:

$$K_{\text{отр}} = \frac{\sqrt{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}}{\sqrt{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}}, \quad (2)$$

где $K_{\text{отр}}$ – коэффициент отражения при нормальном падении волны на границу двух сред; $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – диэлектрическая проницаемость для различных сред 1 и 2 соответственно.

Результатом георадиолокационной съемки являются временные разрезы, записанные методом переменной плотности, на которых по горизонтали указано расстояние в метрах, а по вертикали – время прихода отраженных сигналов в наносекундах. Таким образом, радарограмма представляет собой совокупность зафиксированных отражённых сигналов, пришедших к приемной антенне в интервал времени от t_0 – момента посылки зондирующего импульса, до t_{max} – конца интервала записи.

Как уже отмечалось, скорость распространения электромагнитной волны в среде зависит от ее диэлектрической и магнитной проницаемости. Однако определить величины этих скоростей по годографам отраженных волн, как это делается при сейсморазведке, в радиолокации проблематично. Искомые скорости можно определить либо используя априорную информацию о строении разреза, либо по дифрагированным волнам, возникающим на неоднородностях разреза. С помощью математических процедур при обработке сигналов ослабляются или удаляются с записи помехи. Для каждого слоя георадиолокационного профиля определяются значения диэлектрической проницаемости ϵ и скорости распространения волн V . Именно по этим параметрам осуществляется переход от временных разрезов к глубинным.

Следует заметить, что при неоднородном сложении основания зданий и сооружений частотно-модулированный отражённый сигнал в условиях дисперсии меняется в зависимости от размера неоднородности, релаксационных характеристик среды и пр. Для анализа полученных сигналов в рамках исследования нестационарных (сейсмических) процессов рекомендуется применять Вейвлет-преобразование, имеющее преимущества перед Фурье-анализом [13].

В процессе обработки сигналов построение линии равных фаз одинаковых сигналов на соседних трассах – оси синфазности – позволяет очертить поверхность границы раздела сред. При выявлении отражающей границы ось синфазности практически повторяет ее форму и при знании скорости распространения волн в среде (или диэлектрической проницаемости) может быть преобразована непосредственно в отражающую границу в масштабе глубин. Это определяет возможность идентифицировать глубину залегания пластов, провалов и скорость распространения электромагнитных волн в среде над пластами и провалами. В результате этого строится геологическая модель исследуемого разреза.

Целесообразность использования геофизических методов исследования площадки предполагаемого строительства определяется исходя из потребности детализации картины напластований. Это обусловлено сложными инженерно-геологическими условиями: чередующимся фаціальным замещением подстилающих пород, присутствием в массиве погребённых форм рельефа, априорным наличием песчаных линз, пёстрой геологией площадки в целом.

Действующие нормативные документы, регламентирующие выполнение инженерно-строительных изысканий, предусматривают применение геофизических методов для изучения природных условий площадки предполагаемого строительства. Согласно п. 6.1 [16] геофизические исследования, наряду с другими видами работ, входят в состав инженерно-геологических изысканий. В соответствии с требованиями указанного документа условия комплексирования зависят от сложности инженерно-геологических условий, уровня ответственности, т.е. от геотехнической категории объекта. Эффективность применения подповерхностного зондирования на площадках Астра-

ханского региона подтверждена на практике. При обследовании участков трассы линейных объектов получена достоверная картина, характеризующая проблемные участки [9]. Хорошие результаты получены и при использовании георадара на водных объектах [17]. Характерным примером является также площадка строительства общественного центра, основание которого охватывает часть старого погребенного русла ильменя [7]. В рамках геомониторинга геофизическими методами решена актуальная задача, связанная с перманентным контролем водонасыщения грунта [19].

Таким образом, на практике реализуется комплексный подход к исследованию природных условий площадок предполагаемого строительства [6]. Решение об использовании георадарного оборудования принимается согласно п. 5.1 [15] в соответствии с обоснованием, представленным программой изысканий. Указанный нормативный документ предусматривает применение геофизических методов, в том числе с целью сейсмического микрорайонирования территории.

Управление сейсмическими рисками на территории Северного Каспия требует детального решения вопросов сейсмического микрорайонирования. В рамках данной проблемы предлагается решить комплекс вопросов, связанных с обеспечением сейсмической безопасности, в том числе применение современных высокоточных инструментальных методов.

Георадиолокационный метод, являясь точным и высокопроизводительным методом инженерных изысканий, позволяет вывести на новый качественный уровень практику инструментальных исследований при определении сейсмических свойств грунтов на небольших по площади территориях.

Список литературы

1. Голубцова М. Н. Влияние изменения свойств грунта в основании сооружения при распространении колебаний на поверхности слоя / М. Н. Голубцова, О. Я. Шехтер // Научные труды Научно-исследовательского, проектно-изыскательского и конструкторско-технологического института оснований и подземных сооружений. – 1980. – Вып. 80. – С. 97–106.
2. Ильичев В. А. Методика оценки влияния искусственного основания на интенсивность и спектральный состав сейсмических колебаний / В. А. Ильичев, А. Ю. Курдюк, В. И. Лиховцев // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1992. – № 6. – С. 28–30.
3. Ильичев В. А. Оценка влияния искусственной подготовки основания на интенсивность и спектральный состав сейсмических колебаний / В. А. Ильичев, А. Ю. Курдюк, В. И. Лиховцев // Фундаменты и основания в условиях статического и динамического нагружения. Труды Научно-исследовательского, проектно-изыскательского и конструкторско-технологического института оснований и подземных сооружений. – 1986. – Вып. 86. – С. 103–113.
4. Методика сейсмического микрорайонирования застраиваемых (осваиваемых) территорий РСФСР с учётом региональных инженерно-сейсмологических особенностей и техногенных факторов. – Москва : Госкомархстрой РСФСР, 1991 г. – 23 с.
5. Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность : методическое руководство по сейсмическому микрорайонированию / под ред. О. В. Павлова. – Москва : Наука, 1988. – 224 с.
6. Полумордвинов О. А. К вопросу о создании комплексной методики инженерных изысканий для решения геотехнических и геоэкологических задач строительства на урбанизированных территориях / О. А. Полумордвинов, И. М. Шереметов, А. Ю. Курдюк // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – № 1. – С. 56–57.
7. Полумордвинов О. А. Некоторые результаты применения инновационных технологий геофизических исследований основания здания, возводимого на Привокзальной площади г. Астрахани / О. А. Полумордвинов, И. М. Шереметов, А. Ю. Курдюк, Р. С. Мирзоев, Д. П. Дисяев // Инновационные технологии в науке и образовании – ресурс развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства : материалы III Международной научно-практической конференции. – Астрахань : Астраханский инженерно-строительный институт, 2010. – С. 152–157.

8. Полумордвинов О. А. Обеспечение сейсмической безопасности в Нижнем Поволжье и Северном Каспии / О. А. Полумордвинов, С. Е. Тарасенко, А. Ю. Курдюк // Геология, география и глобальная энергия. – 2013. – № 1. – С. 8–13.
9. Полумордвинов О. А. Результаты геомониторинга автомобильной дороги Волгоград-Астрахань / О. А. Полумордвинов, И. М. Шереметов // Инновационные технологии в науке и образовании – ресурс развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства : материалы III Международной научно-практической конференции. – Астрахань : Астраханский инженерно-строительный институт, 2010. – С. 158–162.
10. РСН 60-86 Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Нормы производства работ. – Утверждены Постановлением Госстроя РСФСР № 59 от 10.06.1986. – Москва : МосЦГИСИЗ Госстроя РСФСР, 1986. – 32 с.
11. РСН 65-87 Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ. – Утверждены Постановлением Госстроя РСФСР № 125 от 30.07.1987. – Москва : МосЦГИСИЗ Госстроя РСФСР, 1987. – 20 с.
12. Сейсмический риск и инженерные решения / под ред. Ц. Ломнитца, Э. Розенблюта. – Москва : Недра, 1981. – 375 с.
13. Серебряков О. И. К вопросу определения сейсмичности на территории Астраханского региона / О. И. Серебряков, А. Ю. Курдюк // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. – 2005. – № 1. – С. 54–58.
14. СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах. – Утверждены Постановлением Госстроя ССР № 94 от 15.06.1981. – Москва : АППЦИГП, 1991 – 50 с.
15. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ. – Утверждены Постановлением Госстроя Российской Федерации № 9-4/116 от 14.10.1997. – Москва : Госстрой Российской Федерации, 1997. – 65 с.
16. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть VI. Правила производства геофизических исследований. – Утверждены Постановлением Госстроя Российской Федерации № 9-20/112 от 17.02.2004. – Москва : Госстрой Российской Федерации, 2004. – 99 с.
17. Тарасенко С. Е. Некоторые результаты применения геофизических методов при обследовании докерных переходов / С. Е. Тарасенко, И. М. Шереметов // Перспективы развития строительного комплекса : материалы VI Международной научно-практической конференции (22–26 октября 2012 г.) / под общ. ред. В. А. Гутмана, А. Л. Хаченияна. – Астрахань : Астраханский инженерно-строительный институт, 2012. – Т. 1. – С. 173–178.
18. Татаркин С. А. Современные геофизические методы в строительной практике / С. А. Татаркин. – Санкт-Петербург : НПО «Геореконструкция-Фундаментпроект», 2007. – 100 с.
19. Шереметов И. М. Геотехнический мониторинг основания зданий и сооружений Астраханского кремля / И. М. Шереметов, А. Ю. Курдюк // Геология, география и глобальная энергия. – 2011. – № 4. – С. 8–13.

References

1. Golubtsova M. N., Shekhter O. Ya. Vliyaniye izmeneniya svoystv grunta v osnovanii sooruzheniya pri rasprostraneni kolebaniy na poverkhnosti sloya [Effect of changes in soil properties at the base of buildings in the propagation of vibrations on the surface layer]. *Nauchnye trudy Nauchno-issledovatel'skogo, projektno-izyskatel'skogo i konstruktorsko-tekhnologicheskogo instituta osnovaniy i podzemnykh sooruzheniy* [Proceedings of the Research, Design and Survey and Design Institute of Technology and Grounds Underground Structures], 1980, issue 80, pp. 97–106.
2. Ilchev V. A., Kurdyuk A. Yu., Likhovtsev V. I. Metodika otsenki vliyaniya iskusstvennogo osnovaniya na intensivnost i spektralnyy sostav seysmicheskikh kolebaniy [Methods of assessing the impact of artificial foundation on the intensity and spectral composition of seismic vibrations]. *Osnovaniya, fundamenti i mekhanika gruntov* [Grounds Foundation and Soil Mechanics], 1992, no. 6, pp. 28–30.
3. Ilchev V. A., Kurdyuk A. Yu., Likhovtsev V. I. Otsenka vliyaniya iskusstvennoy podgotovki osnovaniya na intensivnost i spektralnyy sostav seysmicheskikh kolebaniy [Assessing the impact of artificial training grounds on the intensity and spectral composition of seismic vibrations]. *Fundamenti i osnovaniya v usloviyakh staticheskogo i dinamicheskogo nagruzheniya. Trudy Nauchno-issledovatel'skogo, projektno-izyskatel'skogo i konstruktorsko-tekhnologicheskogo instituta osnovaniy i podzemnykh sooruzheniy* [Foundations and foundation under static and dynamic loading. Proceedings of the Research, Design and Survey and Design Institute of Technology Foundations and Underground Structures], 1986, issue 86, pp. 103–113.

4. *Metodika seysmicheskogo mikrorayonirovaniya zastraivaemykh (osvaivaemykh) territoriy RSFSR s uchetom regionalnykh inzhenerno-seysmologicheskikh osobennostey i tekhnogennykh faktorov* [Methodology of seismic zoning of built (reclaimed) RSFSR territories subject to regional seismological engineering features and man-made factors], Moscow, State Commission of the RSFSR Publ. House, 1991. 23 p.
5. Pavlov O. V. (ed.) *Otsenka vliyaniya gruntovykh usloviy na seysmicheskuyu opasnost : metodicheskoe rukovodstvo po seysmicheskomu mikrorayonirovaniyu* [Assessment of the impact of soil conditions on seismic hazard: a guide for seismic zoning], Moscow, Nauka Publ., 1988. 224 p.
6. Polumordvinov O. A., Sheremetov I. M., Kurdyuk A. Yu. K voprosu o sozdanii kompleksnoy metodiki inzhenernykh izyskaniy dlya resheniya geotekhnicheskikh i geoekologicheskikh zadach stroitelstva na urbanizirovannykh territoriyakh [On the question of an integrated methodology for the solution of engineering surveys and geotechnical construction geoenvironmental problems in urban areas]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo* [Industrial and Civil Construction], 2009, no. 1, pp. 56–57.
7. Polumordvinov O. A., Sheremetov I. M., Kurdyuk A. Yu., Mirzoev R. S., Disyaev D. P. Nekotorye rezultaty primeneniya innovatsionnykh tekhnologiy geofizicheskikh issledovaniy osnovaniya zdaniya, vozvodimogo na Privokzalnoy ploshchadi [Some results of the application of innovative technologies geophysical research base of the building, erected in the Railway Square Astrakhan]. *Innovatsionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii – resurs razvitiya stroitelnoy otrasli i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva : materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Innovative technologies in science and education – a resource of the construction industry and housing and communal services Economy: Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference], Astrakhan, Astrakhan Institute of Civil Engineering Publ. House, 2010, pp. 152–157.
8. Polumordvinov O. A., Tarasenko S. Ye., Kurdyuk A. Yu. Obespechenie seysmicheskoy bezopasnosti v Nizhnem Povolzhe i Severnom Kaspii [Ensuring seismic safety in the Lower Volga and Northern Caspian]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2013, no. 1, pp. 8–13.
9. Polumordvinov O. A., Sheremetov I. M. Rezultaty geomonitringa avtomobilnoy dorogi Volgograd-Astrakhan [The results geomonitring road Volgograd-Astrakhan]. *Innovatsionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii – resurs razvitiya stroitelnoy otrasli i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva : materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Innovative technologies in science and education - a resource of the construction industry and housing and communal services: Proceedings of the III International scientific practical conference], Astrakhan, Astrakhan Institute of Civil Engineering Publ. House, 2010, pp. 158–162.
10. RSN 60-86 Engineering surveys for construction. Seismic microzonation. Norms of the work. Approved by the Resolution of the State Construction Committee of the Russian Federation no. 59 of 10.06.1986, Moscow, MosTsGISIZ State Construction Committee of the RSFSR Publ. House, 1986. 32 p.
11. RSN 65-87 Engineering surveys for construction. Seismic microzonation. Technical performance requirements. Approved by the Resolution of the State Construction Committee RSFS no. 125 of 30.07.1987, Moscow, MosTsGISIZ State Construction Committee of the RSFSR Publ. House, 1987. 20 p.
12. Lomnitsa Ts., Rozenblyut E. *Seysmicheskyy risk i inzhenernye resheniya* [Seismic risk and engineering solutions], Moscow, Nedra Publ., 1981. 375 p.
13. Serebryakov O. I., Kurdyuk A. Yu. K voprosu opredeleniya seysmichnosti na territorii Astrakhanskogo regiona [On the determination of seismic activity in the territory of the Astrakhan region]. *Yuzhno-Rossiyskiy vestnik geologii, geografii i globalnoy energii* [South Russian Bulletin Geology, Geography and Global Energy], 2005, no. 1, pp. 54–58.
14. SNIP II-7-81 * Construction in seismic areas. Approved by the Resolution of the State Construction Committee of the USSR no. 94 of 15.06.1981, Moscow, APPTsIGP Publ., 1991. 50 p.
15. SP 11-105-97 Engineering survey for construction. Part I. General Rules of the work. Approved by the Resolution of the State Construction Committee of the Russian Federation no. 9-4 / 116 of 14.10.1997, Moscow, Ministry of Construction of the Russian Federation Publ. House, 1997. 65 p.
16. SP 11-105-97 Engineering survey for construction. Part VI. Terms of production of Geophysical Research. Approved by the Resolution of the State Construction Committee of the Russian Federation no. 9-20 / 112 of 17.02.2004, Moscow, Ministry of Construction of the Russian Federation Publ. House, 2004. 99 p.

17. Tarasenko S. Ye., Sheremetov I. M. Nekotorye rezultaty primeneniya geofizicheskikh metodov pri obsledovanii dyukernykh perekhodov [Some results of the application of geophysical methods in survey dyukernykh transitions]. *Perspektivy razvitiya stroitel'nogo kompleksa : materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (22–26 oktyabrya 2012 g.)* [Prospects of development of the building complex: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference (22–26 October 2012)], Astrakhan, Astrakhan Institute of Civil Engineering Publ. House, 2012, vol. 1, pp. 173–178.

18. Tatarin S. A. *Sovremennye geofizicheskie metody v stroitel'noy praktike* [Modern geophysical methods in construction practice], Saint-Petersburg, NPO «Georekonstruktsiya-Fundamentproekt» Publ., 2007. 100 p.

19. Sheremetov I. M., Kurdyuk A. Yu. Geotekhnicheskii monitoring osnovaniya zdaniy i sooruzheniy Astrakhanskogo kremlia [Geotechnical monitoring foundation of buildings and structures of the Astrakhan Kremlin]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2011, no. 4, pp. 8–13.

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЧЕТВЕРТИЧНОГО КОМПЛЕКСА ОТЛОЖЕНИЙ БАСКУНЧАКСКОГО ГИПСОВО-СОЛЯНОГО МАССИВА

Ушивцева Любовь Франковна

кандидат геолого-минералогических наук, доцент

Астраханский государственный университет
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1
E-mail: ushivceval@mail.ru

Соловьева Алевтина Васильевна

заместитель генерального директора по производству, главный инженер

ОАО «Астраханский трест инженерно-строительных изысканий»
414045 Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Ширяева, 14
E-mail: geologi2007@yandex.ru

Баскунчакский гипсово-соляной массив расположен в пределах раннехвалынской равнины, охватывая район оз. Баскунчак. Озеро Баскунчак представляет собой гидрохимическую аномалию относительно четвертичных водоносных горизонтов. Характерными особенностями рельефа территории является наличие бессточных котловин; выход на дневную поверхность гипсов, образующих гипсовые поля значительных размеров; разнообразных карстовых форм; овражно-балочной сети, диапировых складок; соляных штоков, выходящих на дневную, большинство из которых денудированы и перекрыты чехлом рыхлых отложений, образующих в ряде случаев компенсационные мульды с накоплением в них солей и рассолов. Указанные выше особенности рельефа уменьшают поверхностный сток, наличие карстовых полостей и имеющаяся овражно-балочная сеть в сочетании с положительными формами рельефа создают благоприятные условия для аккумуляции поверхностных вод и их инфильтрации в массив горных пород. Это обуславливает сложные гидрогеологические условия водоносных комплексов: частые фациальные замещения пород, проявление региональных и местных новейших тектонических движений, выходы соляных ядер в зону активного водообмена, наличие разрывных нарушений, гидравлическая связь между отдельными водоносными горизонтами с галогенными породами. Это привело к формированию как пресных вод, так и высокоминерализованных рассолов кунгурского водоносного комплекса и озера Баскунчак. Подземные воды