

## ГИДРОГЕОЛОГИЯ

---

---

### НОВЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗА РАПОНАСЫЩЕННЫХ ПЛАСТОВ С ЦЕЛЬЮ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ВОЗМОЖНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН

*Хайловский Виктор Николаевич*, главный геолог, АО «Октопус», 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, проспект Губернатора А. Гужвина 10 а, e-mail: haylovskiy@mail.ru

*Пыхалов Виктор Владимирович*, заместитель главного геолога по сейсморазведочным работам, доктор геолого-минералогических работ, АО «Октопус», 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, проспект Губернатора А. Гужвина 10 а, e-mail: pyhalov@octorusgaz.ru

*Ушивцева Любовь Франковна*, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна 1, e-mail: ushivceval@mail.ru

Прогноз горно-геологических условий участков заложения новых скважин является неотъемлемой частью геологического мониторинга процесса строительства, способствуя безаварийному вскрытию геологического разреза и своевременному предупреждению возможных осложнений в процессе бурения. Для комплексного исследования распределения зон неоднородностей геосреды надсолевого комплекса и нижнепермских отложений кунгурского яруса в пределах Астраханского газоконденсатного месторождения впервые с 2012 г. стали применять пассивные микросейсмические методы в модификации низкочастотное сейсмическое зондирование и локацию микросейсмических событий, скважинно-наземную электроразведку, вертикальное сейсмическое профилирование. Эти методы позволяют выявить локальные зоны разуплотнения или трещиноватости, природные и техногенные скопления УВ, неоднородности геологической среды, высоконапорные рапонасыщенные пласты в солевой толще, дать прогноз геологических осложнений на стадии проектирования строительства скважин; осуществлять мониторинг осложнённых скважин; определять фоновую флюидонасыщенность надсолевого осадочного чехла, вести мониторинг продвижения закачиваемых промышленных стоков на полигоне захоронения промстоков. Результаты работ методом НСЗ позволяют выделить аномалии отклонения сейсмической скорости от опорной сейсмической скоростной модели, которые затем увязываются с данными бурения, геологическим разрезом скважин и данными станции ГТИ. В процессе обработки и интерпретации данных НСЗ было установлено, что аномалии НСЗ с амплитудой интенсивностью более 0,3 характеризуют наличие газонасыщенных пластов, для которых характерно превышение  $C_1\text{сум}/C_1\text{фон}$  более чем в 10 раз. Соленосная толща кунгурского яруса характеризуется значительной неоднородностью литологического состава и включает: межсолевые сульфатно-терригенные, терригенные, реже терригенно-карбонатные, сульфатные породы. При наличии флюидоупоров (ангидритов, соли), они являются ловушками для скопления рапы.

**Ключевые слова:** мониторинг разработки месторождений, солянокупольная тектоника, пассивные микросейсмические методы, вертикальное сейсмическое профилирование, скважинно-наземная электроразведка, неоднородности массива, аномалии записи, сейсмические скорости

**NEW METHODS OF THE FORECAST OF BRIMMING WITH BRINE  
LAYERS FOR THE PURPOSE OF PREVENTION OF POSSIBLE COM-  
PLICATIONS AT WELL-DRILLING**

*Khaylovskiy Viktor N.*, Chief Geologist, JSC Oktopus, 10 Governor A. Guzhvin ave., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: haylovskiy@mail.ru

*Pykhalov Viktor V.*, Deputy Chief Geologist for seismoprospecting Works, D.Sc. in Geological and Mineralogical, JSC Oktopus, 10 Governor A. Guzhvin ave., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: pyhalov@octopusgaz.ru

*Ushivtseva Lyubov F.*, C.Sc. in Geological and Mineralogical, Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyan sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: ushivceval@mail.ru

The forecast of mining-and-geological conditions of sites of laying of new wells is an integral part of geological monitoring of process of construction, promoting accident-free opening of a geological section and timely prevention of possible complications in the course of drilling. And the nizhnepermiskikh of deposits of the Kungur tier within the Astrakhan GKM for the first time since 2012 began to apply passive microseismic methods in modification to a complex research of distribution of zones of not uniformity of a geoseda of a nadsoley complex the low-frequency seismic sounding (LFSS) and the location of microseismic events (LME), the borehole and land electroinvestigation (BLE). These methods allow to reveal local zones of a razuplotneniye (treshchinovatosti-LMS), natural and technogenic congestions UV, heterogeneity and high-pressure raponasyschenny layers in salt Kungur thickness, to give the forecast of geological complications for design stages of construction of wells; to carry out monitoring of the complicated wells; to define a background flyuidonasyshchennost of a nadsoley sedimentary cover, to conduct monitoring of advance of promstok on the ground of burial. Results of works as the NSZ method allow to distinguish anomalies of a deviation of seismic speed from basic seismic high-speed model which then coordinate with data of drilling, a geological section of wells and data of the GTI station. In processing and interpretation of data of NSZ it has been established that anomalies of NSZ with intensity more than 0,3 characterize availability of gas-saturated layers of which excess  $S_{1sum}/S_{1fon}$  more than by 10 times is characteristic. The saliferous thickness of Kungur is characterized by considerable heterogeneity of lithologic structure: sulfate-terrigenous, terrigenous, terrigenous and carbonate and sulphatic breeds are more rare. In the presence of flyuidoupor (anhydrites, salt), they are traps for a brine congestion.

**Keywords:** field development monitoring, salinedome tectonics, passive microseismic methods, vertical seismic profiling, borehole-surface electrical prospecting, heterogeneity of the massif, anomaly of record, seismic speeds

Сложность геологического строения Астраханского газоконденсатного месторождения (АГКМ) обусловлена наличием мощной толщи солей кунгурского возраста, активно проявившимся соляным тектогенезом, различием прочностных свойств пород слагающих разрез, которые обуславливают характер осложнений в процессе бурения эксплуатационных скважин, ликвидация которых приводит к увеличению сроков строительства и удорожанию скважины, недостижению проектного забоя, реже к ликвидации скважины. Как показал анализ осложнений, в последнее время наиболее часто отмечаются поглощения глинистого раствора, рапопроявления, газопроявления, пластическое перемещение солей и межсолевых глин [13]. Последнее приводит к смятию или эллипсоидности обсадных колонн (скважины № 612 и 915).

Рапопроявляющие пласты и интервалы смятия обсадных колонн приурочены к нижней части разреза кунгурских отложений в интервале глубин 3300–3800 м. Присутствующие в толще соли внутрисолевыми пласты и пропластки глин, аргиллитов, сульфатно-терригенных и терригенно-карбонатных пород, мощностью от первых метров до первых десятков метров (5–80 м), могут вмещать рапу. Дебиты рапы из них составляют от 3 до 2000 м<sup>3</sup>/сут и во многом определяются мощностью и энергией рапоносного пласта, расположением скважины на структурном плане. По данным промысловой геофизики рапоносные пласты четко выделяются по данным бокового каротажа по низкому электрическому сопротивлению (1–20 Ом·м) [13].

Большинство скважин Астраханского свода, ликвидированных по геологическим причинам из-за рапопроявлений или смятия обсадных колонн, приурочены к крутопадающим склонам соляных куполов. Большая часть рапопроявлений (76,3 %) приходится на скважины, с залеганием кровли солей ниже глубины 2000 м, т.е. приурочена к склонам соляных структур.

Крайне актуальным вопросом является прогноз наличия таких пластов в разрезе проектируемых к строительству новых скважин на предпроектной стадии работ, для разработки геолого-технических мероприятий по их предупреждению.

С этой целью на АГКМ применяются новые высокоэффективные пассивные микросейсмические методы (низкочастотное сейсмическое зондирование и локация микросейсмических событий).

НСЗ является одним из методов сейсморазведки, основанным на анализе спектральных характеристик низкочастотной (1–10 Гц) энергии естественного сейсмического фона над залежами углеводородов. Теория метода базируется на механике флюидонасыщенной трещиновато-пористой среды. Он позволяет при небольших затратах с высокой эффективностью оценивать характеристики геологического разреза, в частности, наличие скоплений УВ и неоднородности геосреды [6, 8, 11].

Полезным сигналом для технологии НСЗ является фоновый микросейсмический шум. Специфичный характер полезного сигнала и помех требует разработки специальных методов фильтрации. В их основе лежит априорная информация об отличительных признаках сигнала и помех, позволяющих качественно и количественно выделить полезную компоненту сигнала на фоне техногенных и природных помех, в которой может наблюдаться спектральная аномалия [1–2, 10].

Полезный сигнал, в отличие от помех, локализован на участках микросейсмического сигнала с минимальной энергией, является широкополосным, с шириной полосы спектральных максимумов от 0,5 Гц до 3 Гц. Спектральная аномалия наблюдается в среднем в частотном диапазоне 1–6 Гц. В различных геологических регионах при неизменности частотного диапазона проявление аномалии выражается в изменении ее структуры. Все это является одним из важнейших признаков полезного микросейсмического сигнала, позволяющего связать аномалию с глубиной залегания возможного УВ объекта или неоднородностью геосреды [3–4, 14].

Выявленный набор отличительных признаков полезной компоненты сигнала позволил обнаруживать аномалии в спектрах сигналов, зарегистрированных на не изученных ранее территориях. Предложенный комплекс методов для локального прогноза нефтегазоносности был апробирован при выполнении

геологоразведочных работ для нефтяных компаний Республики Татарстан и показал положительные результаты. Успешность технологии НСЗ во многом определяется сложностью геологического строения, наличием неоднородностей, расположенных в верхней части разреза (закарстованность, трещиноватость и др.), в осадочном чехле и кристаллическом фундаменте (соляная и разломная тектоника) [5, 7–11].

Метод был рекомендован и апробирован для определения возможности выявления неоднородностей в соленосной толще АГКМ. В настоящее время данным методом исследовано более 20 скважин. Результаты работ приведены на примере скважин № 915, 4450.

При интерпретации результатов НСЗ, выполненного в районе скважины № 4450, с учетом скоростной сейсмической модели ВСП, данных бурения и промысловой геофизики в толще солей выделяются аномалии сейсмической скорости – неоднородности гидродинамически изолированных пластов (ГИП), с акустически контрастными границами, сверху и снизу перекрытыми плотными ангидритами либо солями, имеющие локальное развитие (рис. 1). Между указанными пластами залегают, как правило, терригенные породы насыщенные рапой с аномально высокими пластовыми давлениями (АВПД).

Неоднородности в поле НСЗ фиксируются протяженными аномалиями. Точность привязки таких пластов составляет 50 м.

По данным НСЗ в строящейся скважине № 4450 по профилю 40 четко фиксируется ГИП (линза), простирающийся до скважины № 412, ограниченный плотной непроницаемой кровлей на глубине около 3450 м, подошвой на 3600 м. Зона перекрытия непроницаемой кровли и плотной подошвы в районе скважины № 412 представляет собой линзу с АВПД неправильной формы с размерами в плане около 750 × 2000 м. В процессе бурения скважины при забое 3530 м получено рапопроявление с коэффициентом аномальности  $K_a = 2,08$ .

В зону аномалии НСЗ попадает и строящаяся скважина № 4450. На момент проведения НСЗ ее забой составил 3420 м. В данной скважине отмечается рапонасыщенная линза с АВПД в интервале 3500–3590 м с непроницаемой кровлей на глубине около 3500 м, плотной подошвой – 3590 м (рис. 2). Контур выявленной линзы с АВПД, охватывающий район скважин №№ 4450, 412, контролируется отметкой –3450 м. Линза вытянута в северо-восточном направлении, в котором отмечается воздымание кровли акустически контрастных пород с 3470 до 3430 м.

Учитывая, что близлежащие скважины №№ 412 и 4450 находятся в одинаковых горно-геологических условиях, был дан прогноз наличия рапопроявления в строящейся скважине № 4450 из сульфатно-терригенного пласта в интервале глубин 3500–3590 м с аномальностью пластового давления  $K_a = 2,08$ .

В связи с выданным прогнозом были разработаны геолого-технические мероприятия с целью предупреждения возможного осложнения.

В дальнейшем при вскрытии интервала 3535–3536,6 м в скважине № 4450 отмечено поступление рапы при  $K_a = 2,12$ , которое успешно было ликвидировано и продолжено бурение скважины.

Таким образом, прогнозируемый по данным НСЗ гидродинамически изолированный пласт, насыщенный рапой, был впоследствии подтвержден бурением. Все это свидетельствует о высокой эффективности используемого метода НСЗ для картирования неоднородностей (флюидоупоров и рапонасыщенных пластов) внутри солевой толщи.



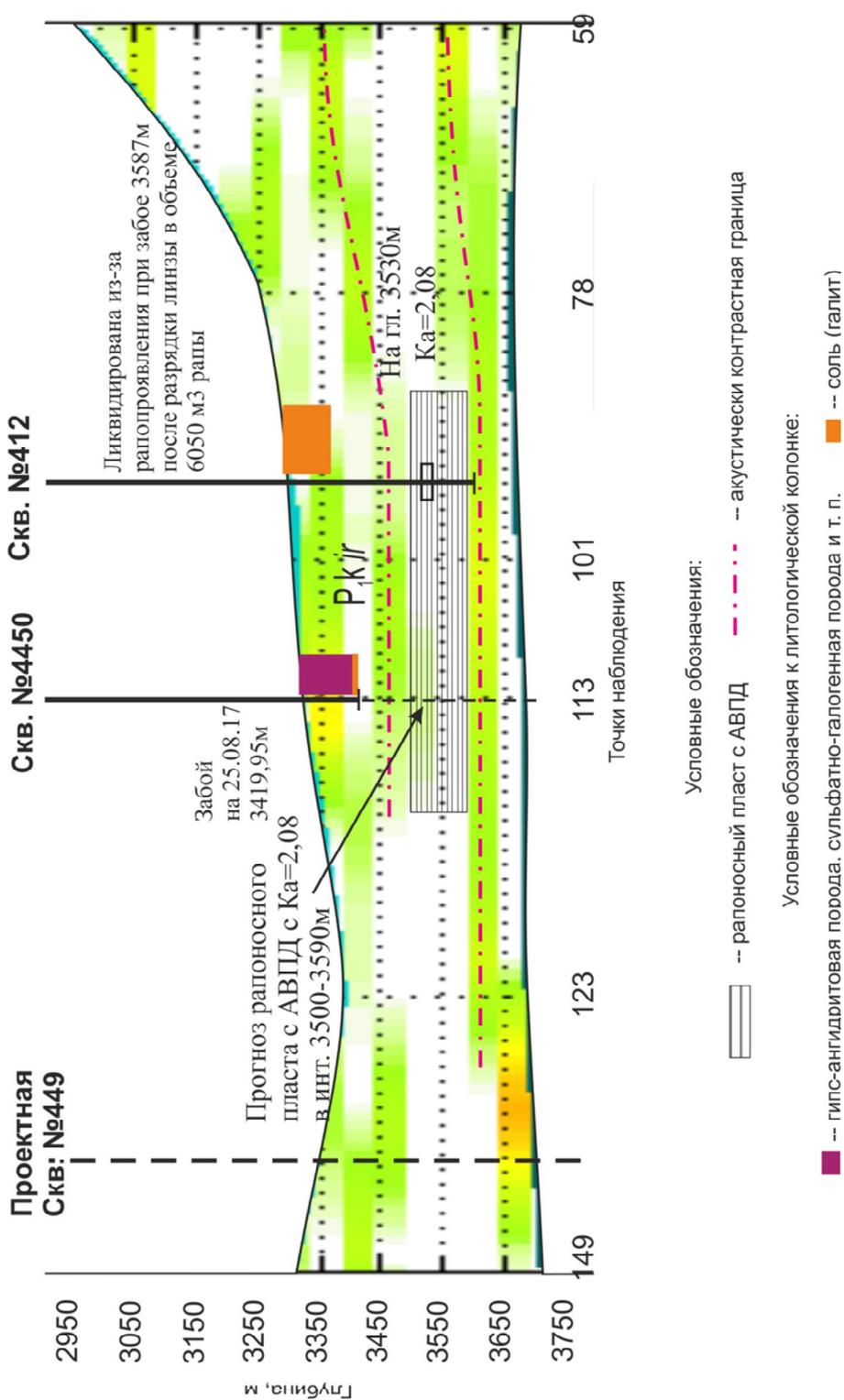


Рис. 2. Выделение неоднородностей (гидродинамически изолированных пластов) по данным НСЗ в соленосной толще

Преимущество данного метода состоит в том, что полевые работы и обработка материала проводятся до начала строительства скважины. Все это позволяет прогнозировать наличие активных рапонасыщенных пластов перед началом бурения скважины, внести соответствующие коррективы при выборе точки заложения скважины за пределы рапоопасного объекта или изменить проектную траекторию скважины в обход опасного объекта. При невозможности обойти потенциально опасный объект, разработать необходимые геолого-технические мероприятия для предупреждения геологических осложнений. Предусмотреть дополнительные химреагенты для глинистого раствора, организацию быстрого приготовления больших объемов утяжеленного раствора и разработку его рецептуры на стадии составления проектной документации.

**Список литературы:**

1. Александров С. И. Применение пассивных сейсмических наблюдений для контроля параметров гидроразрыва пласта / С. И. Александров, Г. Н. Гогоненков, В. А. Мишин // Нефтяное хозяйство. – 2005. – № 5. – С. 64–66.
2. Биряльцев Е. В. Метод локализации микросейсмической эмиссии на основе полноволнового численного моделирования с высокой помехоустойчивостью для мониторинга ГРП с дневной поверхности / Е. В. Биряльцев, В. А. Рыжов, Е. В. Мокшин // Геомодель – 2014 : материалы конференции. – Геленджик, 8–10 сентября 2014. – 4 с.
3. Биряльцев Е. В. Локация сейсмического события и определение его сейсмического момента в условиях интенсивных когерентных поверхностных помех / Е. В. Биряльцев, В. А. Рыжов, М. Р. Камилов, Д. Е. Демидов // Геомодель – 2015 : материалы конференции EAGE. – Геленджик, 7–10 сентября 2015.
4. Биряльцев Е. В. Опыт трехмерного построения неоднородностей среды методом пассивного Низкочастотного Сейсмического Зондирования / Е. В. Биряльцев, В. А. Рыжов, Д. А. Рыжов // Гальперинские чтения – 2013 : тезисы научно-практической конференции. – Москва, 2013.
5. Биряльцев Е. В. Некоторые характеристики аномалий низкочастотного сейсмоакустического поля над нефтегазовыми залежами в республике Татарстан / Е. В. Биряльцев, В. А. Рыжов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2008. – № 4. – С. 16–22.
6. Горбатилов А. В. Метод микросейсмического зондирования – новая эффективная технология для научных исследований, задач поиска и разведки полезных ископаемых: EAGEGalperin Readings 2011 / А. В. Горбатилов, А. В. Николаев, М. Ю. Степанова, А. П. Алешин. – Режим доступа: [http://geovers.com/base/files/gr11/papers/29\\_Gorbatilov\\_AV.pdf](http://geovers.com/base/files/gr11/papers/29_Gorbatilov_AV.pdf), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
7. Горбатилов А. В. Возможность оценки параметров геологических объектов на основе использования фонового микросейсмического поля. Результаты экспериментальных исследований и моделирования. Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных / А. В. Горбатилов // Материалы международной сейсмологической школы / под ред. А. А. Маловичко и другие. – Обнинск, 2006. – С. 66–71.
8. Горбатилов А. В. Результаты исследований статических характеристик и свойств стационарности низкочастотных микросейсмических сигналов / А. В. Горбатилов, М. Ю. Степанова // Физика Земли. – 2008. – № 1. – С. 57–67.
9. Горбатилов А. В. Закономерности формирования микросейсмического поля под влиянием локальных геологических неоднородностей и зондирование среды с помощью микросейсм / А. В. Горбатилов, М. Ю. Степанова, Г. Е. Кораблев // Физика Земли. – 2008. – № 7.
10. Рыжов В. А. Обработка микросейсмических сигналов в задаче пассивного микросейсмического зондирования земли : автореферат дис. ... канд. физ.-мат. наук / В. А. Рыжов. – Казань, 2009. – С. 32.
11. Рыжов В. А. Природа низкочастотной аномалии спектра микросейсм над нефтяными залежами / В. А. Рыжов // Проблемы геологии и освоения недр : материалы X Международного научного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых. – Томск, 2006. – С. 43–44.
12. Рыжов В. А. Некоторые особенности спектров низкочастотных микросейсм над нефтегазовыми залежами / В. А. Рыжов, В. Л. Кипоть, Е. В. Биряльцев // Волновые процессы в

средах : сборник докладов Поволжской региональной молодежной конференции. – Казань : Казан. гос. ун-т, 2007. – С. 36–39.

13. Ушивцева Л. Ф. Литолого-фациальные особенности нижнепермской галогенной формации юго-западной части Прикаспийской впадины / Л. Ф. Ушивцева // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. – 2003. – № 1. – С. 14–17.

14. Шабалин Н. Я. Пассивная низкочастотная сейсморазведка – мифы и реальность / Н. Я. Шабалин, Е. В. Биряльцев, В. А., Рыжов // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2013. – № 2 (44). – С. 46–53.

#### References

1. Alexandrov S. I., Gogonenkov G. N., Mishin V. A. Primenenie passivnykh seismicheskikh nablyudeniye dlya kontrolya parametrov gidrorazryva plasta [Application of passive seismic observations for control of parameters of hydraulic fracturing of layer]. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil Economy], 2005, no. 5, pp. 64–66.

2. Biryaltsev Ye. V., Ryzhov V. A., Mokshin Ye. V. Metod lokalizatsii mikroseymsicheskoy emissii na osnove polnovolnovogo chislennogo modelirovaniya s vysokoy pomekhoustoychivostyu dlya monitoringa GRP s dnevnoy poverkhnosti [Metod of localization of microseismic issue on the basis of full-wave numerical modeling with high noise stability for monitoring of GRP from a day surface]. *Geomodel – 2014 : materialy konferentsii* [Geomodel 2014. Proceedings of the Conference], Gelendzhik, September 8–10 2014. 4 p.

3. Biryaltsev Ye. V., Ryzhov V. A., Kamilov M. R. Lokatsiya seymicheskogo sobytiya i opredelenie ego seymicheskogo momenta v usloviyakh intensivnykh kogerentnykh poverkhnostnykh pomekh [Location of a seismic event and definition of his seismic moment in the conditions of intensive coherent superficial hindrances]. *Geomodel–2015 : materialy konferentsii EAGE* [Geomodel – 2015. Proceedings of the Conference of EAGE], Gelendzhik, September 7–10 2015.

4. Biryaltsev Ye. V., Ryzhov V. A., Ryzhov D. A. Opyt trekhmernogo postroeniya neodnorodnostey sredey metodom passivnogo Nizkochastotnogo Seymicheskogo Zondirovaniya [Experience of three-dimensional creation of not uniformity of the environment by method of passive Low-frequency Seismic Sounding]. *Galperinskie chteniya – 2013 : tezisy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Galperinsky Readings – 2013. Proceedings of the Scientific and Practical Conference], Moscow, 2013.

5. Biryaltsev Ye. V., Ryzhov V. A. Nekotorye kharakteristiki anomalii nizkochastotnogo seismoakusticheskogo polya nad neftegazovymi zalezhami v respublike Tatarstan [Some characteristics of anomalies of the low-frequency seismoacoustic field over oil and gas deposits in the Republic of Tatarstan]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy* [Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields], 2008, no. 4, pp. 16–22.

6. Gorbatikov A. V., Nikolaev A.V., Stepanova M. Yu., Aleshin A. P. *Metod mikroseymsicheskogo zon dirovaniya – novaya effektivnaya tekhnologiya dlya nauchnykh issledovaniy, zadach poiska i razvedki poleznykh iskopaemykh: EAGE Galperin Readings 2011* [Metod of microseismic sounding – new effective technology for scientific research, problems of search and investigation of minerals: EAGE Galperin Readings 2011]. Available at: [http://geovers.com/base/files/gr11/papers/29\\_Gorbatikov\\_AV.pdf](http://geovers.com/base/files/gr11/papers/29_Gorbatikov_AV.pdf).

7. Gorbatikov A. V. Vozmozhnost otsenki parametrov geologicheskikh obektov na osnove ispolzovaniya fonovogo mikroseymsicheskogo polya. Rezultaty eksperimentalnykh issledovaniy i modelirovaniya. Sovremennyye metody obrabotki i interpretatsii seymologicheskikh dannykh [Possibility of assessment of parameters of geological objects on the basis of use of the background microseismic field. Results of pilot studies and modeling. Modern methods of processing and interpretation of seis-mological data]. *Materialy mezhdunarodnoy seymologicheskoy shkoly* [Proceedings of the International Seismological School], Obninsk, 2006, pp. 66–71.

8. Gorbatikov A.V., Stepanova M. Yu. Rezultaty issledovaniy staticheskikh kharakteristik i svoystv statsionarnosti nizkochastotnykh mikroseymsicheskikh signalov [Results of researches of static characteristics and property stationarities of low-frequency microseismic signals]. *Fizika Zemli* [Physics of Earth], 2008, no. 1, pp. 57–67.

9. Gorbatikov A. V., Stepanova M. Yu., Korablev G. Ye. Zakonomernosti formirovaniya mikroseymsicheskogo polya pod vliyaniem lokalnykh geologicheskikh neodnorodnostey i zondirovaniya sredey s pomoshchyu mikroseyms [Regularities of formation of the microseismic field under the influence of local geological not uniformity and sounding of the environment by means of microseisms]. *Fizika Zemli* [Physics of Earth], 2008, no. 7.

10. Ryzhov V. A. *Obrabotka mikroseymskikh signalov v zadache passivenogo mikroseymskogo zondirovaniya zemli* [Processing of microseismic signals in a problem of passive microseismic sounding of the earth], Kazan, 2009, pp. 32.

11. Ryzhov V. A. *Priroda nizkochastotnoy anomalii spektra mikroseyms nad neftyanymi zalezhami* [The nature of low-frequency anomaly of a range of micro-seisms over oil pools]. *Problemy geologii i osvoeniya neдр : materialy X Mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma imeni akademika M.A. Usova studentov i molodykh uchennykh* [Problem of geology and development of a subsoil. Proceedings of the X International Scientific Symposium of a Name of the Academician M.A. Usov of Students and Young Scientists], Tomsk. 2006, pp. 43–44.

12. Ryzhov V. A., Kipot V. L., Biryaltsev Ye. V. *Nekotorye osobennosti spektrov nizkochastotnykh mikroseyms nad neftegazovymi zalezhami* [Some features of ranges of low-frequency microseisms over oil and gas deposits]. *Volnovye protsessy v sredakh : sbornik dokladov Povolzhskoy regionalnoy molodezhnoy konferentsii* [Wave Processes in Environments. Proceedings of the Volga Region Regional Youth Conference], Kazan, Kazan State University Publ. House, pp. 36–39.

13. Ushivtseva L. F. *Litologo-fatsialnye osobennosti nizhnepermskoy galogennoy formatsii yugo-zapadnoy chasti Prikaspiyskoy vpadiny* [Lithologic and facial feature of a Lower Permian halogen formation of a southwest part of Caspian Depression]. *Yuzhno-Rossiyskiy vestnik geologii, geografii i globalnoy energii* [Southern Russian Bulletin of the Geology, Geography and Global Energy], 2003, no. 1, pp. 14–17.

14. Shabalin N. Ya., Biryaltsev Ye. V., Ryzhov V. A. *Passivnaya nizkochastotnaya seysmorazvedka– mify i realnost* [Passive low-frequency seismic exploration – myths and reality]. *Pribory i sistemy razvedochnoy geofiziki* [Devices and Systems of Prospecting Geophysics], 2013, no. 2 (44), pp. 46–53.

## КАЧЕСТВО ПОДЗЕМНЫХ ВОД, ЯВЛЯЮЩИХСЯ ИСТОЧНИКАМИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

*Хочаева Сагара С.*, младший научный сотрудник, Калмыцкий научный центр РАН, 358000, Российская Федерация, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. им. И.К. Илишкина, 8, e-mail: saga.1990@mail.ru

В данной статье рассматриваются основные проблемы использования подземных вод, являющихся источниками водоснабжения в Республике Калмыкия, характеризующиеся сложным комплексом экологических проблем. Целью данного исследования является анализ подземных источников воды в различных гидрогеологических районах в данном регионе. В задачу исследования входило изучение истории гидрогеологических исследований, а также кратко осветить размещение в республике качественных природных вод, пригодных для питья. Описанные в статье исследования всех четырех гидрогеологических районов позволяют утверждать, что гидрогеологическое строение недр Калмыкии весьма сложно и своеобразно. Абсолютное большинство водоносных горизонтов характеризуются резким изменением минерализации вод по всей территории республики. Развитый на Ергенинской возвышенности, так называемый Ергенинский водоносный горизонт, на большей площади своего распространения характеризуется водами хорошего качества, но способен удовлетворить потребность в воде только малую западную часть республики.

**Ключевые слова:** подземные воды, минерализация, водоносные горизонты, гидрогеология, качество воды, засоление, Республика Калмыкия