

7. Kravchenko T. P. Resursovedenie nefiti i gaza [Resursovedenie oil and gas]. Moscow, Geos, 2004, 195 p.
8. Metodicheskoe rukovodstvo po kolichestvennoy otsenke perspektiv neftegazonosnosti [Guidance on how to quantify the hydrocarbon potential]. Moscow, Ministerstvo prirodnikh resursov RF [Ministry of Natural Resources], 1978, 136 p.
9. Otchet okhrana okruzhayushchey sredy [Report of the environment]. Astrakhan, Fakel, 2011, 29 p.
10. Rebrova G. V., Makhonin M. V. Veroyatnostnaya otsenka perspektiv neftegazonosnosti Srednego Kaspiya po klassam krupnosti mestorozhdeniy uglevodorodov [Probabilistic assessment of the prospects of the oil and the Middle Caspian nosnosti by size classes of hydrocarbons]. Geologiya, geografiya I globalnaya energiya [Geology, geography and global energy], no. 4, 2011, pp. 68–74.
11. Serebryakov A. O. Razvedka i pererabotka neftey yugo-vostochnogo sektora Kaspiyskogo morya [Exploration and refining the south-eastern sector of the Caspian Sea]. Geologiya, geografiya i globalnaya energiya [Geology, geography and global energy], no. 4, 2011, pp.84–94.
12. Serebryakov A. O., Ushivtseva L. F., Serebryakova O. A. Kharakteristika gazov novykh mestorozhdeniy severnoy chasti Kaspiyskogo morya [Characteristics of new gas fields of the northern Caspian Sea]. Gazovaya promyshlennost [Gas Industry], 2012, no. 12.
13. Serebryakov A. O., Ushivtseva L. F., Serebryakova O. A. Kharakteristika neftey novykh mestorozhdeniy severnoy chasti Kaspiyskogo morya [Characteristics of the new oil fields of the northern Caspian Sea]. Gazovaya promyshlennost [Gas Industry], 2013, no. 1, pp. 34–37.
14. Mode of access: <http://astrobl.nature.ru>, free. – Title screen. –Rus.
15. Mode of access: <http://mineral.ru>, free. – Title screen. –Rus.

## **ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РАЗВЕДКИ ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СВОЙСТВА ОСАДОЧНЫХ ПОРОД**

*Серебрякова Валентина Ивановна*, магистрант

Астраханский государственный университет  
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1  
E-mail: [Geologi2007@yandex.ru](mailto:Geologi2007@yandex.ru)

В южных регионах России встречены изменения состава и свойств пород и пластовых вод при разведке газовых месторождений в результате процессов образования газогидратов в верхних слоях литосферы. Возникает производственная и научная необходимость разработки методов прогнозирования масштабов и направлений изменения состава и свойств пород и пластовых вод при гидратообразующих процессах в Калмыцком Прикаспии (в Калмыцком секторе Юго-Западного региона Прикаспийской впадины) при строительстве и функционировании геолого-технических сооружений для минимизации криогенного воздействия на природные и промышленные системы. При освоении углеводородного сырья в Калмыцком Прикаспии техногенные криогенные процессы проявляются в породах приустьевых зон скважин и вокруг промысловых газопроводных коммуникаций. Периодичность криогенного замораживания пород ниже глубин естественного промерзания, чередующегося с их циклическим оттаиванием летом, изменяет физико-механические свойства пород, в которых функционируют промышленно-технические системы, вследствие чего снижаются несущие способности пород, их плотность и сцепление с промышленными узлами и объектами, разрушаются

системы крепления промышленных объектов и трубопроводов, что приводит к аварийным ситуациям и техногенным катастрофам.

**Ключевые слова:** геология, разведка, газ, порода, скважина, вода, месторождение

## **GEOLOGICAL INVESTIGATIONS OF INFLUENCE GAS EXPLORATION ON THE PROPERTIES OF SEDIMENTARY ROCKS**

*Serebryakova Valentina I.*

Post-graduate student

Astrakhan State University

1 Shaumyan sq., Astrakhan, Russian Federation, 414000

E-mail: geologi2007@yandex.ru

In the southern regions of Russia met with changes in the composition and properties of rocks and formation waters in the exploration of gas fields in the result of the formation of gas hydrates in the upper layers of the lithosphere. Production and there is the need to develop scientific methods for predicting the extent and direction of the composition and properties of rocks and formation water at hydrate processes in the Caspian Kalmykia (Kalmyk sector in South-West region of the Caspian basin) during the construction and operation of geological- of facilities to minimize the impact on the cryogenic natural and industrial systems. During the development of hydrocarbon resources in the Caspian Kalmyk man-made cryogenic processes occur in rocks of estuarine zones around the wells and pipeline of commercial communications. Frequency of cryogenic freezing of rocks deep below the natural freezing, alternating with cyclic defrost them in the summer, changes the physical and mechanical properties of the rocks in which an industrial-technical systems, thereby reducing the load-bearing capacity of rocks, their density and coupling with industrial sites and objects, broken system mounting of industrial facilities and pipelines, leading to a crash and man-made disasters.

**Keywords:** geology, exploration, gas, rock, well, water, field

Впервые в промышленных инженерно-геологических условиях явления газогидратообразования были выявлены в районах вечной мерзлоты Восточной Сибири, где они не оказывают воздействия, так как горные породы находятся длительное геологическое время в естественном замороженном состоянии. В начале XXI века активные процессы образования гидратов стали проявляться и в южных регионах России на территории Прикаспия, преобразуя инженерно-геологические свойства пород, в которых расположены и функционируют природно-технические системы (рис. 1). газогидратообразования на газовых месторождениях Калмыцкого Прикаспия предопределены тем, что пластовые смеси месторождений характеризуются сложным составом. В газах содержится большое количество окиси углерода до  $10 \text{ мг/м}^3$  и более. В результате инженерно-геологических и термометрических исследований, а также геофизических данных, отбора и исследования грунтов и керна горных пород в инженерно-геологическом разрезе выявлены мощности отложений, перспективные для формирования зоны газогидратообразования (рис. 1).

Для уточнения зоны газогидратообразования на геотермические профили нанесены равновесные кривые образования гидратов. На рисунке 2 приведена принципиальная схема глубинного распространения зоны газогидратообразования (ЗГО) в условиях Калмыцкого Прикаспия (4, 7 и др.). В резуль-

тате многочисленных криогенных газогидратогенных циклов «замораживание – размораживание», достигающих в течение месяца двух – трех раз, а в течение многолетнего функционирования геолого-технических объектов многих сотен циклов, наблюдаются локальные изменения поверхности рельефа вдоль газопроводных трасс и вокруг устья скважин (рис. 3).

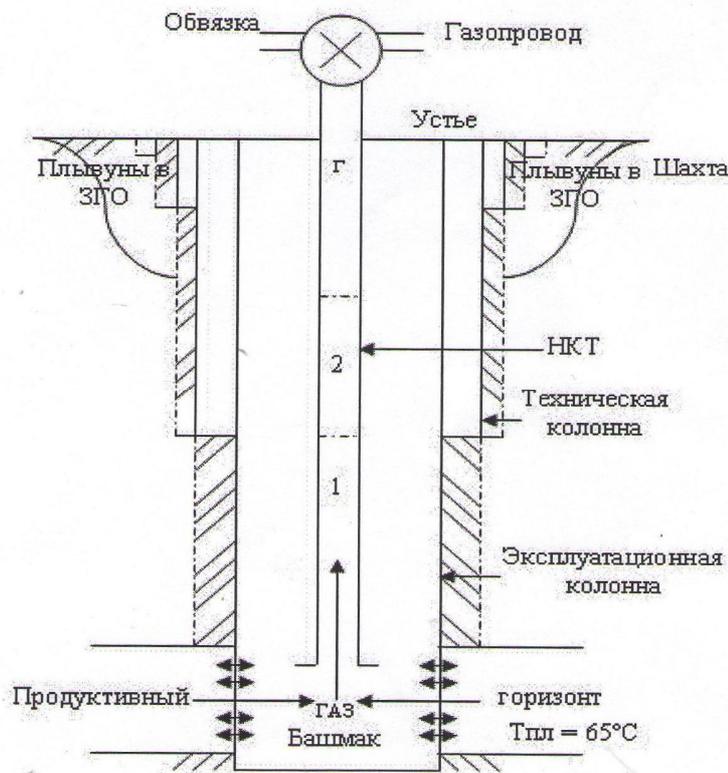


Рис. 1. Система образования газогидратов в скважинах на Шаджинском и Совхозного месторождениях: 1 – зона естественной влажности газов, 2 – зона критической (предельной) влажности газов, Г – газогидратная пробка, ЗГО – зона образования газогидратов, – – зона перфорации колонны, НКТ – насосно-компрессорные трубы (газовый лифт), – направление движения газов, /// – цементное кольцо

Эти изменения заключаются в динамической просадочности циклически размороженных пород и в оседании поверхности рельефа. Величина оседания поверхности рельефа около скважины в результате суммарной просадочности размороженных грунтов достигает 1 м, которая увеличивается с повышением количества циклов «замораживание – размораживание». С повышением количества криогенных циклов зона проседания рельефа удлиняется вдоль трассы газопроводов и расширяется вокруг устья скважины. В течение одного цикла длина зоны проседания рельефа около трубопровода составляла 5 м, а ширина зоны проседания вокруг скважины составляла 10 м. После 5 циклов длина зоны проседания рельефа вдоль газопровода увеличивалась до 50 м, а вокруг скважины – до 5 м. После 10 циклов длина зоны проседания рельефа вдоль газопровода достигала 100 м, а вокруг скважины – до 8–10 м. Ширина

проседающей зоны рельефа вдоль газопровода аналогична скважинным зонам. Это приводит к изгибам и порывам трубопроводов и аварийным уклонам устьевого оборудования (3, 8 и др.).

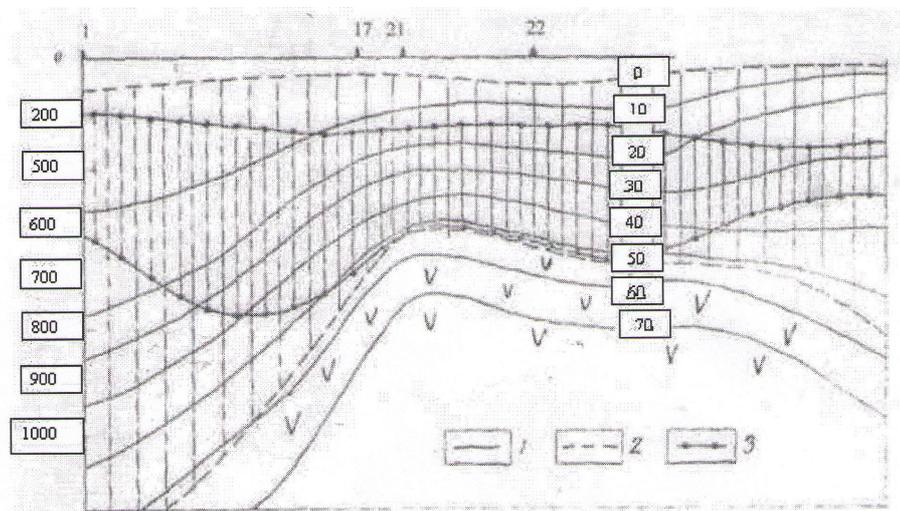


Рис. 2. Профиль распространения зоны газогидратообразования с учетом давления, состава газа и минерализации пластовых вод на Шаджинском и Совхозном месторождениях

Гидрогеологические условия, в особенности минерализация пластовых вод оказывают значительное влияние на масштабы гидратообразования и мощности замораживания грунтов изменения свойств грунтов (6,10 и др.). При гидратообразовании в зонах скважин и газотрубных коммуникациях происходят изменения состава водорастворенных солей вследствие их криогенного «высаливания» из пластовых вод, выпадения солей из раствора и необратимости этих процессов. Поскольку растворы отдельных минеральных солей отвердевают при разных отрицательных температурах, то формирование солей в замороженном веществе приводит к расслоению жидкой фазы с выделением солей (рис. 4). Формирование в составе пород дополнительной массы солевых кристаллов увеличивает засоленность почв и формирование солончаков и усиливает коррозионные процессы заглубленных производственно-технических систем (7, 11 и др.).

Многочисленные циклы «естественное состояние – замораживание – размораживание», количество которых за десятилетия промышленного функционирования объектов достигает многих сотен циклов и более, приводят к изменениям не только состояния и свойств пород, но и их минералогического состава. Изменения минералогического состава грунтов резко усиливают коррозионные процессы и увеличивают аварийную обстановку вследствие снижения прочности объектов.

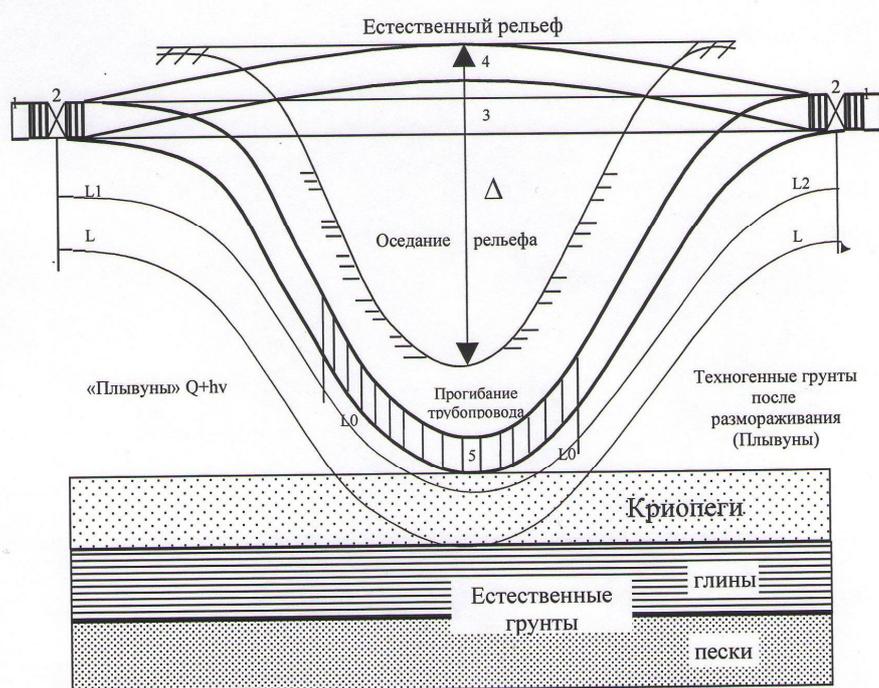


Рис. 3. Оседание рельефа и прогибание трубопроводов в зоне образования газогидратов Калмыцкого промысла: 1 – манометр, 2 – расходомер, 3 – штатное состояние газопровода, 4 – всплытие газопровода, 5 – газогидратная пробка, L – расстояние между двумя секущими кранами, L0 – длина сплошной гидратной, L1 – расстояние от входного крана до гидратной пробки, L2 – расстояние от гидратной пробки до выходного секущего крана,  $\Delta$  – относительное проседание рельефа

Одной из главных характеристик физико-механических свойств грунтов являются деформационные показатели, называемые «просадочностью»  $\delta$ , измеряемые относительной осадкой пород при переходе из мерзлого в оттаявшее состояние (9,12 и др.):

$$\delta = \Delta H_f / H_t,$$

где  $\Delta H_f$  – осадка слоя при оттаивании,  $H_t$  – первоначальная (естественная) толщина.

В замороженном состоянии относительная просадочность практически исчезает до нуля (рис. 6), однако при размораживании их динамическая просадочность увеличивается в несколько раз, что приводит к техническим осложнениям. Нижняя граница просадочной толщи лессов, ательского горизонта располагается на глубинах 9–12 м. Максимальная величина техногенной просадки от собственного веса технических объектов (трубы газовых коммуникаций, скважины и продуктопроводы) достигает 50–100 см

В периоды освобождения трубопроводов от сырья они облегчаются и трубопроводы «всплывают» из-за образовавшихся после размораживания «плывунов» вплоть до выхода труб на дневную поверхность.

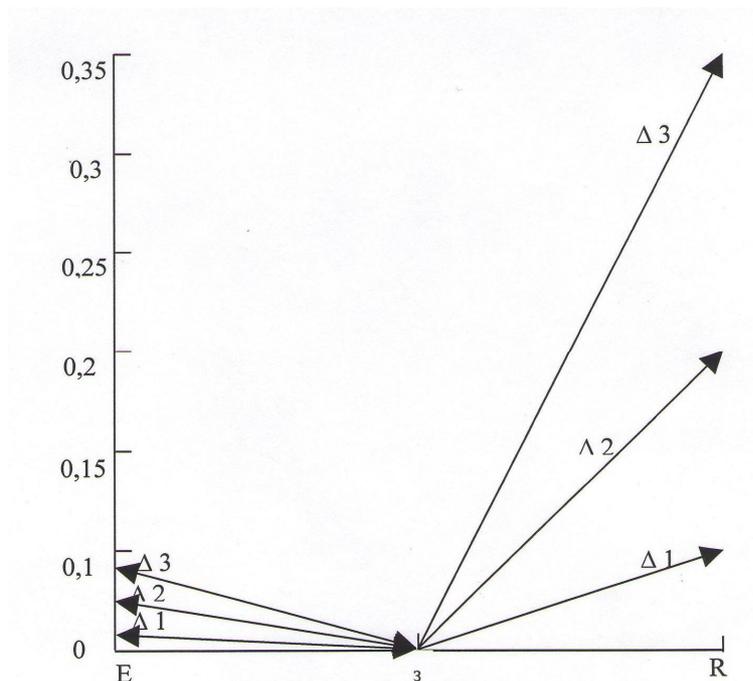


Рис. 4. Относительная просадочность лессовых пород в процессах образования газогидратов: E – просадочность в естественном состоянии, 3 – просадочность в замороженном состоянии, R – просадочность после цикла размораживания в процессах образования газогидратов, Δ – просадочность

Толщину промерзания вокруг скважины или газопровода определяют по зависимости подтвержденной в промысловых условиях месторождений (12, 16 и др.):

$$\delta = -R \pm R \sqrt{1 + \frac{\varepsilon \rho_h L_1}{M_h [\rho_n c_n \Delta t + \gamma \rho_l (L_{n.l} + c_l \Delta t)]}},$$

где  $\delta$  – толщина промерзания, м;  $R$  – внешний радиус газопровода, м;  $\rho_h$  – плотность образующегося гидрата, кг/м<sup>3</sup>;  $L_1$  – температура процесса образования гидрата, кДж/моль;  $M_h$  – молекулярная масса гидрата;  $\rho_n$  – плотность грунта, кг/м<sup>3</sup>;  $c_n$  – теплоемкость грунта, кДж/(кг\*°C);  $\rho_l$  – плотность льда, кг/м<sup>3</sup>;  $L_{n.l}$  – теплота плавления льда, кДж/кг;  $c_l$  – теплоемкость льда, кДж/(кг\*°C).

Нормальную эксплуатацию промышленных объектов возможно обеспечить снижением температуры гидратообразования на величину 4,5 °C. При использовании в качестве ингибитора гидратообразования метанола необходимая конечная его концентрация должна составлять 17 %. Этот метод применим для предупреждения и ликвидации газогидратных осложнений в призабойной зоне пласта, стволах скважин и газопроводах (14, 15).

**Список литературы**

1. Большаков Ю. Я. Теория капиллярности нефтегазонакопления / Ю. Я. Большаков. – Новосибирск : Наука, 1995. – 184 с.
2. Глущенко В. Н. Нефтепромысловая химия / В. Н. Глущенко, М. А. Силин. – Москва : Интерконтакт Наука, 2010. – Т. 4. – 703 с.
3. Дунюшкин И. И. Расчеты физико-химических свойств пластовой и промысловой нефти и воды : учеб. пособ. / И. И. Дунюшкин, И. Т. Мищенко, Е. И. Елисева. – Москва : Нефть и газ, 2000. – 448 с.
4. Инструкция по комплексному исследованию газовых и газоконденсатных пластов и скважин. – Москва : Недра, 1980. – 302 с.
5. Кашников Ю. А. Механика горных пород при разработке месторождений углеводородного сырья / Ю. А. Кашников, С. Г. Ашихмин. – Москва : Недра, 2007. – 467 с.
6. Кукуруза В. Д. Геоэлектрические факторы в процессах формирования нефтегазоносности недр / В. Д. Кукуруза. – Киев, 2003. – 414 с.
7. Научно-методические основы геодинамического и маркшейдерско-геологического прогнозирования зон разрушения нефтепромысловых систем / Э. Г. Герович, Л. Ф. Деменьев, Р. С. Рахимкулов, В. З. Хурсик. – Пермь : ПГТУ, 1995. – 198 с.
8. Развитие современных методов изучения природных резервуаров нефти и газа / А. Н. Степанов, Д. Ю. Бунин, В. А. Тихов, С. И. Чижов // Каротажник. – 2011. – № 7. – С. 3–11.
9. Серебрякова О. А. Газоносность донных отложений Каспийского моря / О. А. Серебрякова // Геология, география и глобальная энергия. – 2010. – № 4. – С. 24–31.
10. Серебрякова О. А. Литологическая характеристика нефтегазоносных мезозойских отложений северной части Каспийского моря / О. А. Серебрякова, П. С. Делия // Геология, география и глобальная энергия. – 2011. – № 2. – С. 65–75.
11. Серебрякова О. А. Оптимизация морских геологоразведочных работ / О. А. Серебрякова // Естественные и технические науки. – 2011. – № 6. – С. 120–126.
12. Серебрякова О. А. Характеристика газов новых месторождений северной части Каспийского моря / О. А. Серебрякова [и др.] // Газовая промышленность. – 2012. – № 4. – С. 45–52.
13. Серебрякова О. А. Органическое вещество подземных вод как наиболее эффективный критерий оценки нефтегазоносности Каспийского моря / О. А. Серебрякова, Т. С. Смирнова // Естественные и технические науки. – 2012. – № 3. – С. 86–93.
14. Чудненко К. В. Термодинамическое моделирование в геохимии: V теория, алгоритмы, программное обеспечение, приложения / К. В. Чудненко. – Новосибирск : ГЕО, 2010. – 287 с.
15. Эндогенные и экзогенные деформации в зонах разломов по данным дифференциальной РСА – интерферометрии / М. А. Лебедева, В. А. Санькова, А. И. Захарова, Л. Н. Захаров // Зондирование земных покровов радарными с синтезированной апертурой : тез. докл. Рос. конф. – Улан-Удэ, 2010. – С. 65–71.
16. Элланский М. М. Повышение информативности геолого-геофизических методов изучения залежей нефти и газа при их поисках и разведке: учеб. пособие / М. М. Элланский. – Москва : «Техника» группа ГУММ, 2003. – 112 с.

**References**

1. Bolshakov Yu. Ya. Teoriya kapillyarnosti neftegazonakopleniya [Theory of capillarity oil and gas]. Novosibirsk, Nauka, 1995, 184 p.
2. Glushchenko V. N., Silin M. A. Neftepromyslovaya khimiya [Oilfield Chemicals]. Moscow, Interkontakt Nauka, 2010, Vol. 4, 703 p.
3. Dunyushkin I. I., Mishchenko I. T., Yeliseeva Ye. I. Raschety fiziko-khimicheskikh svoystv plastovoy i promyslovoy nefi i vody [Calculations of physical and chemical properties of the reservoir and field of oil and water]. Moscow, Neft i gaz, 2000, 448 p.

4. Instruktsiya po kompleksnomu issledovaniyu gazovykh i gazokondensatnykh plastov i skvazhin [Instructions for the comprehensive study of gas and gas condensate reservoirs and wells]. Moscow, Nedra, 1980, 302 p.

5. Kashnikov Yu. A., Ashikhmin S. G. Mekhanika gornyykh porod pri razrabotke mestorozhdeniy uglevodorodnogo syr'ya [Rock mechanics in the development of hydrocarbon deposits]. Moscow, Nedra, 2007, 467 p.

6. Kukuza V. D. Geoelektricheskie faktory v protsessakh formirovaniya neftegazonosnosti neдр [Geoelectric factors in the formation of oil and gas mineral resources]. Kiev, 2003, 414 p.

7. Gerovich E. G., Demenev L. F., Rakhimkulov R. S., Khursik V. Z. Nauchno-metodicheskie osnovy geodinamicheskogo i marksheydersko-geologicheskogo prognozirovaniya zon razrusheniya neftepromyslovykh sistem [Scientific and methodological basis of the geodynamic and geological surveying and forecasting of fracture zones Oilfield Systems]. Perm, PSTU, 1995, 198 p.

8. Stepanov A. N., Bunin D. Yu., Tikhov V. A., Chizhov S. I. Razvitiye sovremennykh metodov izucheniya prirodnykh rezervov nefti i gaza [The development of modern methods of study of the natural reserve of oil and gas ditch]. Karotazhnik, 2011, no.

9. Serebryakova O. A. Gazonosnost donnykh otlozheniy Kaspiyskogo morya [Gas-bearing sediments of the Caspian Sea]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, geography and global energy], 2010, no. 4, pp. 24–31.

10. Serebryakova O. A., Deliya P. S. Litologicheskaya kharakteristika neftegazonosnykh mezo-zoyskikh otlozheniy severnoy chasti Kaspiyskogo morya [Lithological characteristics of Mesozoic petroleum North Caspian Sea]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, geography and global energy], 2011, no. 2, pp.

11. Serebryakova O. A. Optimizatsiya morskikh geologorazvedochnykh rabot [Optimization of marine exploration work]. *Yestestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and Technical Sciences], 2011, no. 6, pp. 120–126.

12. Serebryakova O. A., [et al] Kharakteristika gazov novykh mestorozhdeniy severnoy chasti Kaspiyskogo morya [Characterization of new gas fields in the North Caspian Sea]. *Gazovaya promyshlennost* [Natural Gas Industry], 2012, no. 4, pp. 45–52.

13. Serebryakova O. A., Smirnova T.S. *Organicheskoe veshchestvo podzemnykh vod kak naibolee effektivnyy kriteriy otsenki neftegazonosnosti Kaspiyskogo morya* [Organic matter underground water as the most effective criterion of the Caspian Sea oil and gas]. *Yestestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and Technical Sciences], 2012, no. 3, pp. 86–93.

14. Chudnenko K. V. Termodinamicheskoe modelirovaniye v geokhimii: V teoriya, algoritmy, programmnoye obespecheniye, prilozheniya [Thermodynamic modeling in geochemistry: V theory, algorithms, software, applications]. Novosibirsk, GYeO, 2010, 287

15. Lebedeva M. A., Sankova V. A., Zakharova A. I., Zakharov L. N. Endogennyye i ekzogennyye deformatsii v zonakh razlomov po dannym diffe-rentsialnoy RSA – interferometrii [Endogenous and exogenous deformation in fault zones by differential SAR - interferometry]. Ulan-Ude, 2010, pp. 65–71.

16. Ellanskiy M. M. Povysheniye informativnosti geologo-geofizicheskikh metodov izucheniya zalezhey nefti i gaza pri ikh poiskakh i razvedke [Increased informativeness of geological and geophysical less ods explore oil and gas in their prospecting and exploration]. Moscow, «Tekhnika» gruppa TUMM, 2003, 112 p.