

## **ОСВОЕНИЕ ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

*Серебрякова Валентина Ивановна*, старший преподаватель

Астраханский инженерно-строительный институт  
414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 18  
E-mail: Geologi2007@yandex.ru.

Исследованы процессы газогидратообразования на месторождениях газа, которые расположены в полупустынной юго-западной части Прикаспийской впадины. В осадочном чехле месторождений региона выделены три литолого-структурных и нефтегазоносных этажа – подсолевой карбонатный, соленосный сульфатногалогенный и надсолевой терригенный. Надсолевые залежи, вмещающие промышленные запасы газа, приурочены к песчаным породам ветлужского и баскунчакского горизонтов триаса. Геологические и газогидротермодинамические исследования на газовых месторождениях позволяют получать основные параметры осадочных пород и солевого состава пластовых вод в процессе газогидратообразования не только в скважинах, но и в промысловых газопроводах. Ветлужский газоносный горизонт литологически представлен переслаиванием песчаников, алевролитов и глин. Общая мощность ветлужских отложений достигает 285 м. Песчаники и алевролиты от светло- до темносерых, мелко- и среднезернистые, карбонатные. Песчаники, вмещающие промышленные запасы газа, залегают в верхней части ветлужского разреза на глубинах 2770–2730 м. Эффективная мощность продуктивных пород до 7,4 м. Пористость коллекторов колеблется от 12 до 21 %. Баскунчакский газоносный горизонт, залегающий выше ветлужского на глубинах от 2640 до 2710 м, представлен кварцевыми песчаниками и алевролитами. Общая мощность баскунчакского горизонта достигает 350 м. Эффективная мощность продуктивного горизонта до 6 м. Пористость коллекторов изменяется от 10 до 21 %. В подошве продуктивного баскунчакского пласта толща глин мощностью 40–50 м является флюидоупорной непроницаемой крышкой для ветлужской газовой залежи.

**Ключевые слова:** газ, гидрат, месторождения, Прикаспийская впадина, порода, гидрогеология

## **DEVELOPMENT OF GAS FIELDS IN COMPLEX GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CONDITIONS**

*Serebryakova Valentina I.*

Senior Lecturer

Astrakhan Civil Engineering Institute

18 Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation

E-mail: Geologi2007@yandex.ru.

Investigated processes gazogidrotekhnik on the gas fields, which are located in semi-arid South-Western part of the Caspian depression. In the sediment deposits of the region divided into three lithologic-structural-bearing floor – pre-salt carbonate, salt sulfateslightly and post-salt terrigenous. The salt deposits containing industrial gas reserves dedicated to the sandy rocks of the Vetluga and baskunchakskii horizons of the Triassic. Geological and gatherwritemetadata research on gas fields allow you to obtain the basic parameters of sedimentary rocks and the salt composition of formation waters in the process of gazogidrotekhnik not only in the wells, but also in commercial pipelines. Vetluga gas-bearing horizon lithological presents interlayering of sandstones, siltstones and clays. Total

power Vetluzhskiy sediments is 285 m. Sandstones and siltstones from light to dark gray, fine - and medium-grained, calcareous. Sandstones containing industrial gas reserves occur in the upper part of the Vetluga cut at depths 2770–2730 m. Effective productive capacity of the species to 7.4 m Porosity reservoirs ranges from 12 to 21 %. Baskunchak gas bearing horizon, lie above the Vetluga at depths from 2640 to 2710 m, is represented by quartz sandstones and siltstones. Total power baskunchakskii horizon reaches 350 m the Effective power of the productive horizon of up to 6 m The porosity of the reservoir varies from 10 to 21 %. In the sole productive baskunchakskii layer thickness of clays 40–50 m is bluedomino impermeable covering for Vetluga gas deposits.

**Keywords:** gas, hydrate, fields, Caspian sea basin, breed, hydrogeology

Особенности газогидратообразования на газовых месторождениях юго-западного Прикаспия предопределены тем, что пластовые смеси месторождений характеризуются сложным составом. В газах содержится большое количество окиси углерода до 10 % и более. В результате геологических, геофизических и термодинамических исследований в геологическом разрезе газовых месторождений обоснованы мощности отложений, перспективные для формирования зоны газогидратообразования (ЗГО) (рис. 1). Данные мощности необходимо учитывать для контроля разведки и разработки газа, а также при прогнозировании процессов газогидратообразования.

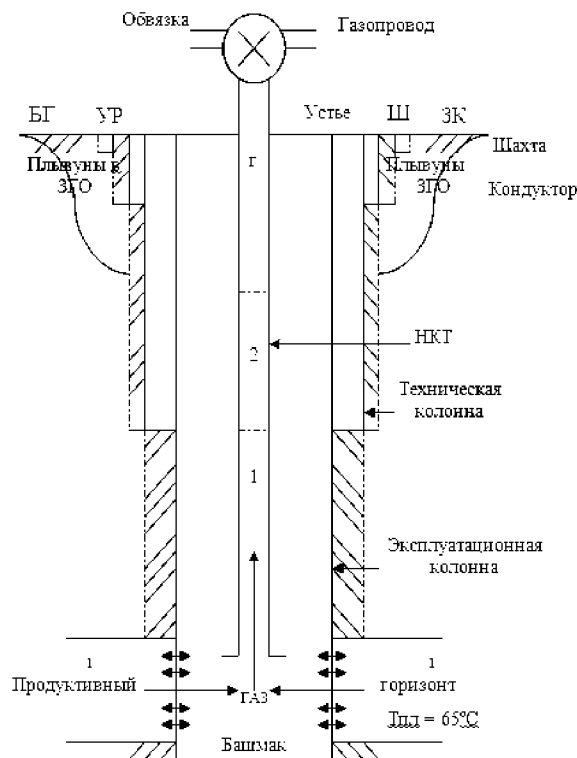


Рис. 1. Система образования газогидратов в скважинах:

- 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, ЗК – закопашки,
- Ш – шурфы, БГ – скважины БГ, УР – скважины УРБ

В газовых залежах проявлялся активный упруго-водонапорный режим. Газо-водяной контакт продвигается поступательно снизу-вверх в виде конуса обводнения, что приводит к нарастающему обводнению разведочных и эксплуатационных скважин, повышению влажности водогазового фактора добываемого газа (ВГФ) и вследствие этого усилению процессов газогидратообразования. Ниже приводятся геологические параметры, которые являются показательными для месторождений с процессами газогидратообразования.

Устьевое давление статическое 8–10 МПа;  
Дебит газа 60 000 м<sup>3</sup>/сут – 300 000 м<sup>3</sup>/сут;  
Температура на забое 353 К;  
Температура на устье 290 К.  
Содержание в газе (%-об):  
Метан 60–80;  
Этан 0,70–1,5;  
Пропан 0,2–0,5;  
Кислые газы 10–25;  
Водогазовый фактор (ВГФ) 10 –20 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>  
Вязкость газа в пластовых условиях 0,013 сП.

В результате многочисленных криогенных газогидратных циклов «замораживание – размораживание», повторяющихся в течение месяца два-три раза, а в течение многолетнего функционирования геолого-технических объектов доходящих до многих сотен циклов, наблюдаются техногенные изменения рельефа вдоль газопроводных трасс и вокруг устья скважин (рис. 2, 3).

Эти изменения заключаются в динамической просадочности циклически размороженных пород и в оседании поверхности рельефа. Величина оседания поверхности рельефа около скважины в результате суммарных многократных размораживаний увеличивается с повышением количества термических циклов «замораживание – размораживание». С повышением количества криогенных циклов зона проседания рельефа удлиняется вдоль трассы газопроводов и расширяется вокруг устья скважины. В течение одного термического цикла длина зоны проседания рельефа вдоль трубопровода достигает 5 м, а ширина зоны проседания вокруг скважины составляет 1 м. После 5 термических циклов длина зоны проседания рельефа вдоль газопровода увеличивается до 50 м, а вокруг скважины – до 5 м. После 10 циклов длина зоны проседания рельефа вдоль газопровода достигает 100 м, а вокруг скважины – до 10 м. Ширина проседающей зоны рельефа вдоль газопровода аналогична скважинным зонам. Это приводит к изгибам и порывам трубопроводов и аварийным уклонам устьевого оборудования разведочных скважин.

На рисунке 2 приведен геологический профиль зоны газогидратообразования (ЗГО) метана в юго-западной части Прикаспийской впадины. Глубинные границы ЗГО даны для газогидратообразования метана с учетом минерализации пластовых вод в геологическом разрезе пород. При построении профилей и карт распространения ЗГО необходимо учитывать влияние пористой среды. Исследования (Макогон, 1994; Серебрякова, 2013 и др.) показали, что начало криогенных процессов замораживания в порах с радиусом более  $4 \cdot 10^{-3}$  мм при наличии пузырьков свободного газа происходит в тех же условиях, что и для свободного контакта газ-вода. Построение геотермических профилей с учетом гидростатического давления и минерализации пластовых вод позволяет прогнозировать интервалы возможного залегания ЗГО для каждой площади и для всего региона в целом (Серебрякова, 2013).

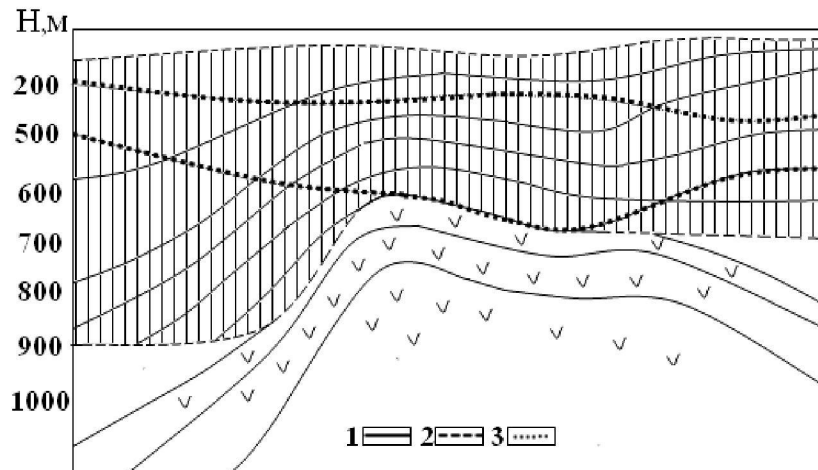


Рис. 2. Геологический профиль распространения зоны газогидратообразования с учетом литологии пород, пластовых давлений, состава газа и минерализации пластовых вод на газовых месторождениях юго-западной части Прикаспийской впадины (Серебрякова В.И., 2012):  
 1 – геоизотермы; 2 – границы ЗГО для пресной воды; 3 – границы ЗГО для минерализованной воды; v – породы соляных куполов

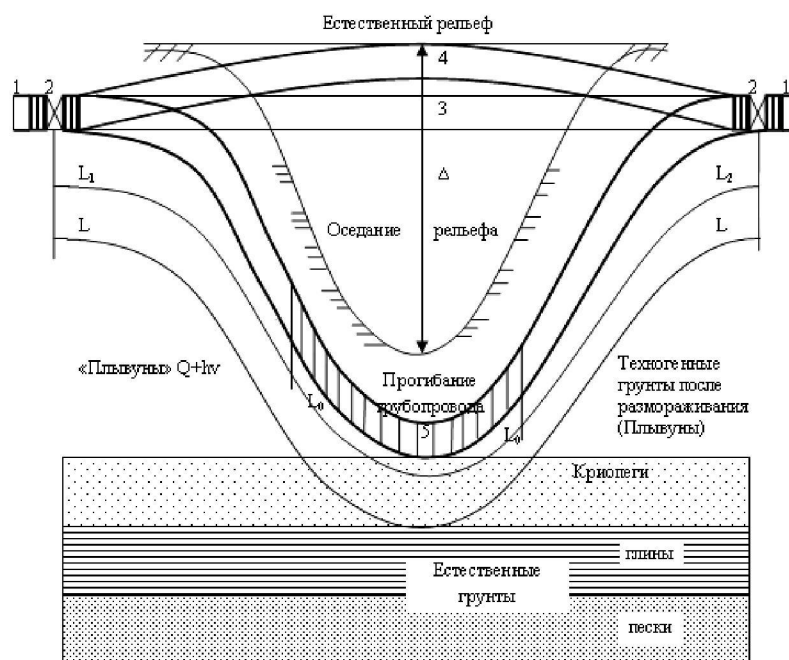


Рис. 3. Прогноз оседания осадочных пород и прогибания трубопроводов в зоне образования газогидратов:  
 1 – Манометр, 2 – Расходомер, 3 – Штатное состояние газопровода, 4 – Всплытие газопровода, 5 – Газогидратная пробка, L – Расстояние между двумя секущими кранами, L<sub>0</sub> – Длина сплошной газогидратной пробки, L<sub>1</sub> – Расстояние от входного крана до гидратной пробки, L<sub>2</sub> – Расстояние от гидратной пробки до выходного секущего крана, Δ – Относительное проседание рельефа

Гидрогеологические условия, в особенности минерализация пластовых вод, оказывают значительное влияние на масштабы воздействия процессов газогидратообразования, мощности замораживания пород и изменения свойств пород и состава пластовых вод. При газогидратообразовании в зонах вокруг скважин и газотрубных коммуникаций происходят изменения состава водорастворенных солей вследствие их криогенного «высаливания» из пластовых вод, выпадения солей из раствора и необратимости этих процессов (Трофимов, 2005). Поскольку растворы отдельных минеральных солей отвердевают при разных отрицательных температурах, то присутствие солей в замороженных породах приводит к расслоению жидкой фазы с выделением солей. Такая тенденция сохраняется при многочисленных циклах «низкие температуры – высокие температуры». Формирование в составе пород дополнительной массы солевых кристаллов увеличивает засоленность почв и формирование солончаков в рельефе и усиливает коррозионные процессы заглубленных производственно-технических систем. Это повышает аварийную обстановку вследствие снижения прочностных свойств осадочных пород.

Деформационные показатели, называемые «просадочностью»  $\delta$ , являются одной из главных характеристик геологических свойств пород. Эти показатели измеряются относительной осадкой пород при переходе из мерзлого в оттаявшее состояние (Трофимов В.Т., 2008):

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

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

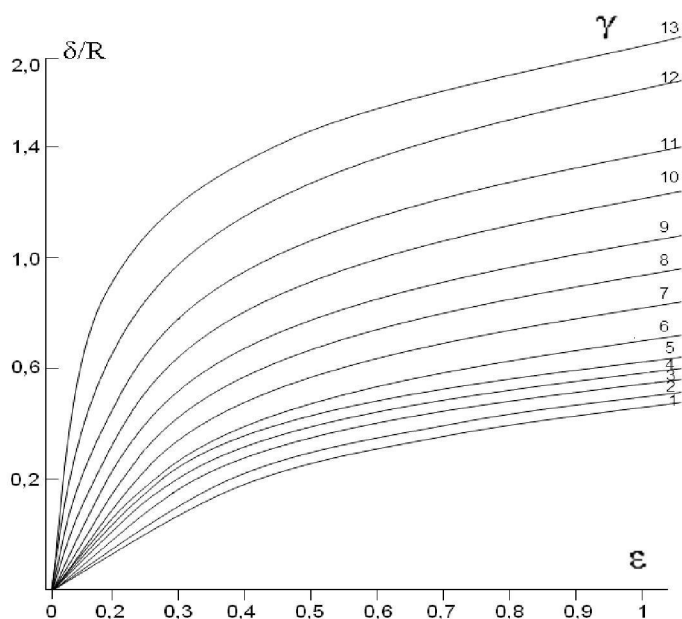


Рис. 4. Толщина промерзания осадочных пород вокруг газовых скважин при образовании в них газогидратов, в геологических условиях газовых месторождений юго-западной части Прикаспийской впадины:  $\delta$  – толщина промерзания осадочных отложений, м;  $R$  – внешний радиус скважины, м;  $\varepsilon$  – степень заполнения скважины газогидратом;  $\gamma$  – степень заполнения пор осадочных отложений криогенным газогидратом, при  $\gamma$ : 1 = 0,05; 2 = 0,1; 3 = 0,15; 4 = 0,2; 5 = 0,25; 6 = 0,3; 7 = 0,4; 8 = 0,5; 9 = 0,6; 10 = 0,7; 11 = 0,3; 12 = 0,9; 13 = 1

В замороженном состоянии относительная просадочность пород практически исчезает до нуля. Однако при размораживании их динамическая просадочность увеличивается в несколько раз, что приводит к техническим осложнениям. Величина техногенной просадки от собственного веса технических объектов (обсадные колонны скважин, трубы газовых коммуникаций и продуктопроводы) превышает 150–200 см (Серебрякова, 2013).

В периоды освобождения от газогидратов трубопроводы могут облегчаться и «всплывать» из-за образовавшихся «плывунов» после размораживания осадочных пород вплоть до выхода труб на дневную поверхность (Серебрякова, 2013) (рис. 3). Толщина промерзания осадочных пород при функционировании геологоразведочных и эксплуатационных скважин является функцией степени заполнения скважины газогидратами и степени заполнения пор осадочных пород криогенными газогидратами (рис. 4).

#### Список литературы

1. Серебрякова В. И. Геологические исследования влияния разведки газовых месторождений на свойства осадочных пород / В. И. Серебрякова // Геология, география и глобальная энергия. – 2013. – № 2. – С. 97–105.
2. Серебрякова В. И. Геологические риски при геологоразведочных работах в морских акваториях / В. И. Серебрякова, О. А. Серебрякова // Геология, география и глобальная энергия. – 2013. – № 2. – С. 111–119.
3. Серебрякова В. И. Геоэкологические, геоморфологические условия освоения морских ресурсов / В. И. Серебрякова. – Германия : LAMBERT, 2012. – 139 с.
4. Серебрякова В. И. Геоэкологические и геоморфологические условия Каспийского моря / В. И. Серебрякова, А. О. Серебряков // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 2. – С. 149–154.
5. Серебрякова В. И. Геоэкологические и технологические особенности нефти и газа Каспийского моря / В. И. Серебрякова, А. О. Серебряков // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 3. – С. 28–34.
6. Серебрякова В. И. Геоэкологические условия освоения новых нефтей Каспийского моря / В. И. Серебрякова, А. О. Серебряков // Естественные и технические науки. – 2012. – № 5. – С. 218–221.
7. Серебрякова В. И. Геоэкологические условия переработки нефтей Каспийского моря / В. И. Серебрякова, А. О. Серебряков // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 3. – С. 83–91.
8. Серебрякова В. И. Геоэкологический-геохимический мониторинг на Астраханском газоконденсатном месторождении / В. И. Серебрякова, В. С. Мерчева, Н. Ф. Федорова, И. В. Быстрова // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 2. – С. 141–149.
9. Серебрякова В. И. Геоэкологическое и геохимическое распределение газа и конденсата на Астраханском месторождении (соавт. Эльмадави Х.Г.) / В. И. Серебрякова, Х. Г. Эльмадави // Геология, география и глобальная энергия. – 2013. – № 1. – С. 77–85.
10. Серебрякова В. И. Геоэкология и геохимия генерации углеводородов в Каспийском море / В. И. Серебрякова, А. О. Серебряков, О. А. Серебрякова // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 1. – С. 94–100.
11. Серебрякова В. И. Геоэкология литогенеза осадочных пород Каспийского моря / В. И. Серебрякова, А. О. Серебряков // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 3. – С. 45–49.
12. Серебрякова В. И. Структура и динамика землепользования в северной части Волго-Ахтубинской поймы / В. И. Серебрякова, Я. О. Алмамедов, А. Н. Бармин и другие // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 2. – С. 174–179.
13. Серебрякова В. И. Технология морских геологоразведочных исследований / В. И. Серебрякова, А. О. Серебряков. – Германия : LAMBERT, 2013. – 251 с.
14. Серебрякова В. И. Экологические и геохимические технологии оценки нефтегазоносности, условия переработки нефтей Каспийского моря / В. И. Серебрякова, Т. С. Смирнов. – Германия : LAMBERT, 2012. – 161 с.

15. Серебрякова В. И. Эмиссия парниковых газов при эксплуатации Астраханского газоконденсатного месторождения / В. И. Серебрякова, В. А. Андрианов, Е. В. Кудрявцева // *Геология, география и глобальная энергия*. – 2011. – № 4. – С. 174–180.

#### References

1. Serebryakova V. I. Geologicheskie issledovaniya vliyaniya razvedki gazovykh mestorozhdeniy na svoystva osadochnykh porod [Geological investigations of influence gas exploration on the properties of sedimentary rocks]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2013, no. 2, pp. 97–105.
2. Serebryakova V. I., Serebryakova O. A. Geologicheskie riski pri geologorazvedochnykh rabotakh v morskikh akvatoriyakh [Geoenvironmental risk when prospecting works in the marine waters]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2013, no. 2, pp. 111–119.
3. Serebryakova V. I. *Geoekologicheskie, geomorfologicheskie usloviya osvoeniya morskikh resursov* [Geoenvironmental, geomorphological conditions of the development of marine resources], Germany, LAMBERT Publ., 2012. 139 p.
4. Serebryakova V. I., Serebryakov A. O. Geoekologicheskie i geomorfologicheskie usloviya Kaspiyskogo morya [Geoecological and geomorphological conditions of the Caspian Sea]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 2, pp. 149–154.
5. Serebryakova V. I., Serebryakov A. O. Geoekologicheskie i tekhnologicheskie osobennosti nefi i gaza Kaspiyskogo morya [Geoecological and technological features of oil and gas Caspian]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 3, pp. 28–34.
6. Serebryakova V. I., Serebryakov A. O. Geoekologicheskie usloviya osvoeniya novykh nefey Kaspiyskogo morya [Geoecological conditions of development of new oil of the Caspian Sea]. *Yestestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and Technical Sciences], 2012, no. 5, pp. 218–221.
7. Serebryakova V. I., Serebryakov A. O. Geoekologicheskie usloviya pererabotki nefey Kaspiyskogo morya [Geoecological conditions of the Caspian sea oil recycling]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 3, pp. 83–91.
8. Serebryakova V. I., Mercheva V. S., Fedorova N. F., Bystrova I. V. Geoekologicheskiy-geokhimicheskiy monitoring na Astrakhanskom gazokondensatnom mestorozhdenii [Geoecological geochemical monitoring of the Astrakhan gas condensate field]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 2, pp. 141–149.
9. Serebryakova V. I., Elmadavi Kh. G. Geoekologicheskoe i geokhimicheskoe raspredelenie gaza i kondensata na Astrakhanskom mestorozhdenii [Geoecological and geochemical distribution of gas and condensate in Astrakhan field]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2013, no. 1, pp. 77–85.
10. Serebryakova V. I., Serebryakov A. O., Serebryakova O. A. Geoekologiya i geokhimiya generatsii uglevodorodov v Kaspiyskom more [Geoecology and geochemistry of hydrocarbon generation in the Caspian Sea]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 1, pp. 94–100.
11. Serebryakova V. I., Serebryakov A. O. Geoekologiya litogeneza osadochnykh porod Kaspiyskogo morya [Sedimentary rocks geoecology litegeneza Caspian Sea]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 3, pp. 45–49.
12. Serebryakova V. I., Almamedov Ya. O., Barmin A. N., et al. Struktura i dinamika zemlepolzovaniya v severnoy chasti Volgo-Akhtubinskoy poymy [Structure and dynamics of land use in the northern part of the Volga-Akhtuba floodplain]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 2, pp. 174–179.
13. Serebryakova V. I., Serebryakov A. O. *Tekhnologiya morskikh geologorazvedochnykh issledovaniy* [Technology marine geological research], Germany, LAMBERT Publ., 2013. 251 p.
14. Serebryakova V. I., Smirnov T. S. *Ekologicheskie i geokhimicheskie tekhnologii otsenki neftegazonosnosti, usloviya pererabotki nefey Kaspiyskogo morya* [Ecological and geochemical evaluation of petroleum potential of technology, the conditions of processing of oil of the Caspian Sea], Germany, LAMBERT Publ., 2012. 161 p.
15. Serebryakova V. I., Andrianov V. A., Kudryavtseva Ye. V. Emissiya parnikovykh gazov pri ekspluatatsii Astrakhanskogo gazokondensatnogo mestorozhdeniya [Emission of greenhouse gases during the operation of the Astrakhan gas condensate field]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2011, no. 4, pp. 174–180.