

4. Kazhdan A. B., Guskov O. I. *Matematicheskie metody v geologii* [Mathematical methods in geology], Moscow, Nedra Publ., 1990. 251 p.
5. Karpov N. M. Issledovanie mekhanizma razresheniya treshchinovykh skalnykh sklonov [Investigation of the mechanism permits the fractured rock slopes]. *Izvestiya Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrotekhniki imeni B. Ye. Vedeneeva* [Proceedings of the All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering named B. E. Vedeneev], 1984, vol. 172, pp. 70–73.
6. Kolichko A. V. Karta maksimalno krutykh ustoychivyykh otkosov [Map of the maximum sustained steep slopes]. *Tezisy dokladov i soobshcheniy 11-y Rossiyskoy konferentsii po mekhanike gornykh porod* [Proceedings of the 11th Russian Conference on Rock Mechanics], Saint Petersburg, 1997, pp. 237–242.
7. Kolichko A. V. Universalnaya model seti treshchin [Universal model of fracture network]. *Tezisy dokladov i soobshcheniy VII konferentsii izyskateley instituta "Gidroproekt"* [Proceedings of the VIIth Conference of the Institute of prospectors "Hydroproject"], Leningrad, 1981, pp. 127–129.
8. Lyubimova T. V. Zavisimost aktivnosti inzhenerno-geologicheskikh protsessov ot petrofizicheskikh osobennostey flishevyykh porod [Dependence of engineering and geological processes of the petrophysical characteristics of flysch rocks]. *Ekologicheskiiy vestnik nauchnykh tsentrov Chernomorskogo ekonomicheskogo sotrudnichestva* [Ecological Bulletin Scientific Centers of Black Sea Economic Cooperation], 2004, no. 2, pp. 9–12.
9. Varga A. A. (comp.) *Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu melkoy treshchinovatosti skalnykh porod pri izyskaniyakh dlya gidrotekhnicheskogo stroitelstva* [Guidelines for studying of the small fracture rocks in prospecting for hydraulic engineering], Moscow, Energoizdat Publ., 1981.
10. Neyshtadt L. I., Pirogov I. A. *Metody inzhenerno-geologicheskogo izucheniya treshchinovatosti gornykh porod* [Methods of engineering and geological studying of rock fracturing], Moscow, Energiya Publ., 1969. 248 p.
11. Rats M. V., Chernyshev S. N. *Treshchinovatost i svoystva treshchinovykh gornykh porod* [Fracture and properties of fractured rocks], Moscow, Nedra Publ., 1970, pp. 5–15.
12. *Rekomendatsii po izucheniyu treshchinovatosti gornykh porod pri inzhenerno-geologicheskikh izyskaniyakh dlya stroitelstva* [Recommendations for studying of rock fracturing in engineering and geological surveys for construction], Moscow, Gosstroy SSSR Publ. House, 1974. 39 p.
13. Semenov A. Yu. Klassifikatsiya treshchinovatosti massivov gornykh porod primenitelno k vychisleniyu maksimalnogo ugla ustoychivogo otkosa [Classification of fracture rock mass with respect to the calculation of the maximum angle of slope stability]. *Molodye – naukam o Zemle : materialy 6-y Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Young – Earth Sciences. Proceedings of the 6th International Scientific Conference], Moscow, Russian State Geological Prospecting University n. a. Sergo Ordzhonikidze Publ. House, 2012, pp. 168–171.
14. Semenov A. Yu. Universalnaya klassifikatsiya treshchinovatosti massivov gornykh porod [Universal classification of fracturing of rock masses]. *Teoriya i praktika sovremennoy nauki : materialy 4-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Theory and practice of modern science. Proceedings of the 4th International Scientific Conference], Moscow, Russian Institute for Strategic Studies Publ. House, 2011, pp. 768–772.
15. Chernyshev S. N. *Treshchinovatost gornykh porod i ee vliyaniye na ustoychivost otkosov* [Fracture of the rock and its influence on the stability of slopes], Moscow, Nedra Publ., 1984. 111 p.

## **ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА СВОЙСТВА ОСАДОЧНЫХ ПОРОД**

*Серебрякова Валентина Ивановна*, старший преподаватель

Астраханский инженерно-строительный институт  
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 18б  
E-mail: Geologi2007@yandex.ru

Изменения свойств осадочных и состава подземных пород в скважинных зонах скважин и вокруг газопроводов отмечены впервые при разведке и эксплуатации газовых и газоконденсатных месторождений в юго-западной части Прикаспийской впадины.

Научные исследования и опытные промысловые работы подтвердили, что изменения свойств пород и состава вод происходит вследствие влияния криогенных процессов гидратообразования на окружающую среду. Породы и воды в устьевых зонах скважин попадают первыми под влияние процессов гидратообразования. В последующей работе скважин влияние процессов гидратообразования распространяются вниз от устья на глубины более 100–150 м. В результате периодических процессов «замораживания – оттаивания» породы теряют несущую способность. Колонны скважин и трубопроводов искривляются. Это может приводить к аварийным ситуациям, обрыву скважинных обсадных колонн и разрыву трубопроводов. Толщины и радиусы промерзания пород вокруг скважин и трубопроводов оперативно рассчитывать по известным зависимостям, установленным исследователями таких процессов (Макогон и др.) и адаптированным в литологических и гидрогеологических условиях Прикаспийской впадины.

**Ключевые слова:** разведка, эксплуатация, газ, скважина, газопровод, гидратообразование, промерзание

### **INFLUENCE EXPLORATION WORK ON THE PROPERTIES OF SEDIMENTARY ROCKS**

*Serebryakova Valentina I.*

Senior Lecturer

Astrakhan Institute of Civil Engineering

18b Tatishchev st., Astrakhan, 414000, Russian Federation

E-mail: Geologi2007@yandex.ru

Exploration and exploitation of gas and gas condensate fields in the south-western part of the Caspian Basin for the first time marked changes in the properties and composition of sedimentary rocks in underground borehole zones around wells and pipelines. Scientific research and experimental fishing operation confirmed that the changes in the properties of rocks and water is due to the influence of cryogenic processes of hydrate formation on the environment. First fall under the influence of hydrate formation processes in rocks and water estuarine areas well, however, in subsequent work processes hydrate wells influence spread from the mouth down to depths of 100-150 m more a result of periodic processes " freeze-thaw " of the breed lose bearing capacity of the column wells and pipelines are bent , which can lead to a crash , the precipice of well casings and pipeline ruptures . Thicknesses and radii freezing rocks around wells and pipelines quickly count the known dependence established by researchers such processes (Makogon etc.) and adapted to the lithological and hydrogeological conditions of the Caspian Basin.

**Keywords:** exploration, exploitation, gas wells, gas, hydrate formation, freezing

Процессы газогидратообразования проявляются впервые в отечественной геологической практике на юге России. Эти процессы осложняют технологию разведки, добычи, транспорта, хранения и переработки газов/ Инженерно-геологические условия борьбы с гидратами осложняются Растут стоимости методов предупреждения и ликвидации газогидратов.

В промышленных инженерно-геологических условиях явления газогидратообразования были выявлены впервые в районах развития вечной мерзлоты Восточной Сибири, где они не оказывают воздействия. Так как горные породы находятся длительное геологическое время в естественном замороженном состоянии. В начале XXI в. активные процессы образования газогидратов выявлены в южных регионах России на территории Калмыцкого При-

каспия, преобразуя инженерно-геологические свойства пород. В них расположены и функционируют природно-технические системы (ПТС).

Суглинки и супеси, в которых проявляются гляциологические процессы, вследствие гидратообразования в естественном состоянии характеризуются как просадочные. Характеристика физико-механических свойств покровных твердых, трещиноватых макропористых суглинков и супесей, залегающих на погребенной кровле морской хвалынской равнины и выходящих на дневную поверхность, приводится в таблице 1. Характерной особенностью покровных пород является преобладание (до 45 %) в их гранулометрическом составе частиц крупной пыли при общем содержании пылевой фракции 56 %.

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  $10 \text{ мг/м}^3$  и более. В результате инженерно-геологических и термодинамических исследований, а также геофизических данных, отбора и исследования грунтов и керн горных пород в инженерно-геологическом разрезе выявлены мощности отложений, перспективные для формирования зоны газогидратообразования (ЗГО) (рис. 1),

Таблица 1  
**Экспериментальные исследования физико-механических свойств хвалынских и хазарских пород**

$W_s, \%$	$\gamma_s, \text{т/м}^3$	$\gamma_{СК}, \text{т/м}^3$	$\gamma_y$	$\epsilon$	G	Показатели			B
						$W_T$	$W_P$	$W_{II}$	
9	1,85	1,65	2,7	0,7	0,5	0,36	0,22	0,14	-0,79

На геометрические профили нанесены равновесные кривые образования гидратов для уточнения зоны газогидратообразования. На рисунке 2 приведена принципиальная схема глубинного распространения зоны гидратообразования (ЗГО) в условиях юго-западного Прикаспия.

В результате многочисленных криогенных газогидратогенных циклов «замораживания – размораживания», достигающих в течение месяца двух–трех раз, а в течение многолетнего функционирования геолого-технических объектов рельефа вдоль газопроводных трасс и вокруг устья скважин.

Эти изменения заключаются в динамической посадочности циклически размороженных пород и в оседании поверхности рельефа. Величина оседания поверхности рельефа около скважины, в результате суммарной просадочности размороженных грунтов, достигает 1 м. Она увеличивается с повышением количества циклов «замораживания – размораживания». 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 метров, а ширина зоны проседания вокруг скважины – 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 сква-

жиньтм зонам. Это приводит к изгибам и порывам трубопроводов и аварийным уклонам устьевого оборудования.

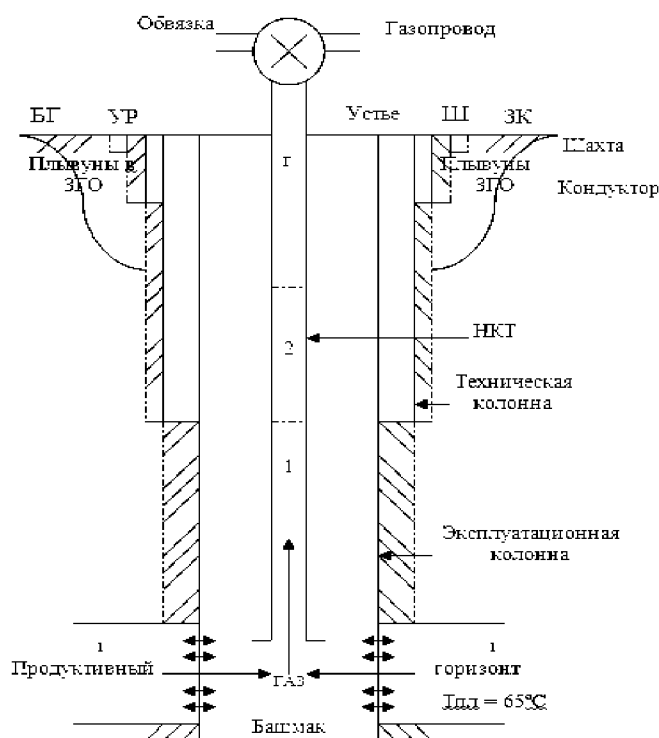


Рис. 1. Система образования газогидратов в скважинах:

1 – зона естественной влажности газов, 2 – зона критической (предельной) влажности газов, Г – газогидратная пробка, ЗГО – зона образования газогидратов,  $\longleftrightarrow$  – зона перфорации колонны, НКТ – насосно-компрессорные трубы (газовый лифт),  $\rightarrow$  – направление движения газов, /// – цементное кольцо, ЗК – закопушки, Ш – шурфы, БГ – скважины БГ, УР – скважины УРБ

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. 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 циклах «Низкие температуры – высокие температуры». Формирование в составе пород дополнительной массы солевых кристаллов увеличивает засоленность почв, формирование солончаков и усиливает коррозионные процессы заглубленных производственно-технических систем.

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. Одной из главных характеристик геологических свойств грунтов являются деформационные показатели, называемые «просадочностью»  $\delta$ . Эти показатели измеряются относительной осадкой пород при переходе из мерзлого в оттаявшее состояние:

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

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

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. Нижняя граница просадочной толщи лессов ательского горизонта располагается на глубинах 9–12 м. Максимальная величина техногенной просадки от собственного веса технических средств (трубы газовых коммуникаций, скважины и продуктопроводы) достигает 50–100 см (рис. 2).

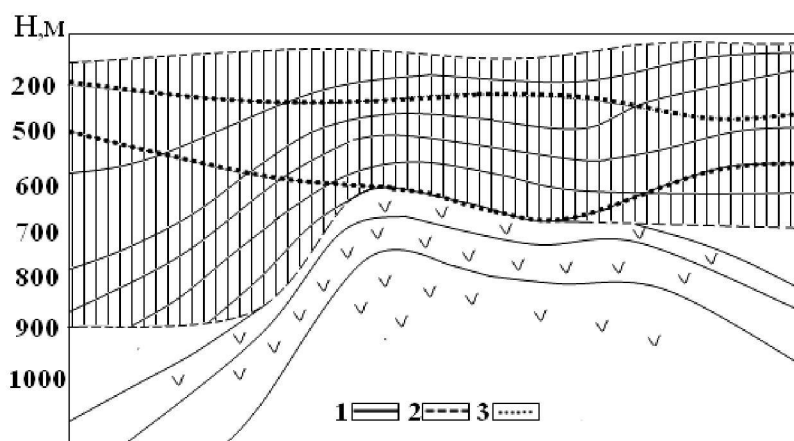


Рис. 2. Профиль распространения зоны газогидратообразования с учетом давления, состава газа и минерализации пластовых вод на месторождениях юго-западного Прикаспия

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

Толщину промерзания вокруг скважины или газопровода определяют по зависимости (Макогон, 1993 и др.), подтвержденной в промышленных условиях месторождений:

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

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;  $M_n$  – молекулярная масса гидрата;  $\rho_n$  – плотность грунта, кг/м<sup>3</sup>;  $c_n$  – теплоемкость грунта, кДж/(кг\*°С);  $\rho_l$  – плотность льда, кг/м<sup>3</sup>;  $L_{пл-л}$  – теплота плавления льда, кДж/кг;  $c_l$  – теплоемкость льда, кДж/(кг\*°С).

Нормальную эксплуатацию промышленных объектов можно обеспечить снижением температуры гидратообразования с 8,5 °С до 6,5—2=4,5 °С. При использовании метанола в качестве ингибитора гидратообразования его конечная концентрация составит 17 %. Этот метод возможно применять для предупреждения и ликвидации гидратных отложений в призабойной зоне пласта и стволах во всех газоносных регионах мира.

#### Список литературы

1. Серебрякова В. И. Геолого-технические решения строительства нагнетательных скважин на полигонах закачки промышленных стоков / В. И. Серебрякова // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. – 2006. – № 4. – С. 200–206.
2. Серебрякова В. И. Геоэкологические, геоморфологические условия освоения морских ресурсов / В. И. Серебрякова. – Germani : LAMBERT, 2012. – 139 с.
3. Серебрякова В. И. Геоэкологические и геоморфологические условия Каспийского моря / В. И. Серебрякова и другие // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 2. – С. 149–154.
4. Серебрякова В. И. Геоэкологические и технологические особенности нефти и газа Каспийского моря / В. И. Серебрякова и другие // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 3. – С. 28–34.
5. Серебрякова В. И. Геоэкологические условия освоения новых нефтей Каспийского моря / В. И. Серебрякова и другие // Естественные и технические науки. – 2012. – № 5. – С. 218–221.
6. Серебрякова В. И. Геоэкологические условия переработки нефтей Каспийского моря / В. И. Серебрякова // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 3. – С. 83–91.
7. Серебрякова В. И. Геоэкологический-геохимический мониторинг на Астраханском газоконденсатном месторождении / В. И. Серебрякова и другие // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 2. – С. 141–149.
8. Серебрякова В. И. Геоэкология и геохимия генерации углеводородов в Каспийском море / В. И. Серебрякова и другие // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 1. – С. 94–100.
9. Серебрякова В. И. Геоэкология литогенеза осадочных пород Каспийского моря / В. И. Серебрякова и другие // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 3. – С. 45–49.
10. Серебрякова В. И. Инженерно-геологические осложнения и аварийные ситуации при захоронении промстоков в подземные недра / В. И. Серебрякова // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. – 2005. – № 1. – С. 130–134.
11. Серебрякова В. И. История развития земледелия в Астраханском регионе / В. И. Серебрякова, А. Н. Бармин // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. – 2006. – № 6. – С. 308–311.
12. Серебрякова В. И. Литологические и экологические особенности инженерно-геологических комплексов / Серебрякова В. И. и другие // Геология, география и глобальная энергия. – 2010. – № 4. – С. 72–75.
13. Серебрякова В. И. Состав, динамика образования и основные направления утилизации промышленных отходов газодобычи / Серебрякова В. И. и другие // Геология, география и глобальная энергия. – 2011. – № 4. – С. 147–153.
14. Серебрякова В. И. Структура и динамика землепользования в северной части Волго-Ахтубинской поймы / Серебрякова В. И. и другие // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 2. – С. 174–179.
15. Серебрякова В. И. Структурно-тектонические особенности экзогенных регионов / В. И. Серебрякова // Геология, география и глобальная энергия. – 2011. – № 1. – С. 33–36.
16. Серебрякова В. И. Технология морских геолого-разведочных исследований / В. И. Серебрякова. – Germani : LAMBERT, 2013. – 251 с.
17. Серебрякова В. И. Экологические и геохимические технологии оценки нефтегазоносности, условия переработки нефтей Каспийского моря / Серебрякова В. И. и другие. – Germani : LAMBERT, 2012. – 161 с.

#### References

1. Serebryakova V. I. Geologo-tehnicheskie resheniya stroitelstva nagnetatelnykh skvazhin na poligonakh zakachki promyshlennykh stokov [Geological and technical solutions for construction of injection wells at landfills industrial wastewater injection]. *Yuzhno-Rossiyskiy vestnik geologii, geografii i globalnoy energii* [South-Russian Bulletin of Geology, Geography and Global Energy], 2006, no. 4, pp. 200–206.
2. Serebryakova V. I. *Geoecologicheskie, geomorfologicheskie usloviya osvoeniya morskikh resursov* [Geoecological, geomorphological conditions of development of marine resources], Germani, LAMBERT Publ., 2012. 139 p.
3. Serebriakova V. I., et al. Geoecologicheskie 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.
4. Serebryakova V. I., et al. Geoecologicheskie i tekhnologicheskie osobennosti nefti i gaza Kaspiyskogo morya [Geoecological and technological features of oil and gas from the Caspian Sea]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 3, pp. 28–34.
5. Serebryakova V. I., et al. Geoecologicheskie usloviya osvoeniya novykh neftey Kaspiyskogo morya [Geoecological conditions of development of new oil from the Caspian Sea]. *Yestestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and Engineering Sciences], 2012, no. 5, pp. 218–221.
6. Serebryakova V. I. Geoecologicheskie usloviya pererabotki neftey Kaspiyskogo morya [Geoecological conditions of processing oil from the Caspian Sea]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 3, pp. 83–91.
7. Serebryakova V. I., et al. Geoecologicheskiy-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.
8. Serebryakova V. I., et al. Geoecologiya 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.
9. Serebryakova V. I. et al. Geoecologiya litogeneza osadochnykh porod Kaspiyskogo morya [Geoecology lithogenesis of sedimentary rocks of the Caspian Sea]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 3, pp. 45–49.
10. Serebryakova V. I. Inzhenerno-geologicheskie oslozhneniya i avariynye situatsii pri zakhoroneni promstokov v podzemnye nedra [Geotechnical complications and emergencies in the disposal of industrial wastes in the underground bowels]. *Yuzhno-Rossiyskiy vestnik geologii, geografii i globalnoy energii* [South-Russian Bulletin of Geology, Geography and Global Energy], 2005, no. 1, pp. 130–134.
11. Serebryakova V. I., Barmin A. N. Istoriya razvitiya zemledeliya v Astrakhanskom regione [History of the development of agriculture in the Astrakhan Region]. *Yuzhno-Rossiyskiy vestnik geologii, geografii i globalnoy energii* [South-Russian Bulletin of Geology, Geography and Global Energy], 2006, no. 6, pp. 308–311.
12. Serebryakova V. I., et al. Litologicheskie i ekologicheskie osobennosti inzhenerno-geologicheskikh kompleksov [lithological and ecological features of geotechnical complexes]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2010, no. 4, pp. 72–75.
13. Serebryakova V. I., et al. Sostav, dinamika obrazovaniya i osnovnye napravleniya utilizatsii promyshlennukh otkhodov gazodobychi [Structure, dynamics of the formation and the main directions of utilization of industrial waste gas production]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2011, no. 4, pp. 147–153.
14. Serebryakova V. I., et al. Struktura i dinamika zemlepolzovaniyav severnoy chasti Volgo-Akhtubinskoy poymy [The 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.
15. Serebryakova V. I. Strukturno-tektonicheskie osobennosti ekzogonalnykh regionov [Structural and tectonic features of ekzogonalnyh regions]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2011, no. 1, pp. 33–36.
16. Serebryakova V. I. *Tekhnologiya morskikh geologo-razvedochnykh issledovaniy* [Technology of marine geological and exploration researches], Germani, LAMBERT Publ., 2013, 251 p.
17. Serebryakova V. I., et al. *Ecologicheskie i geokhimicheskie tekhnologii otsenki neftegazonosnosti, usloviya pererabotki neftey Kaspiyskogo morya* [Ecological and geochemical evaluation technology of oil and gas bearing, conditions of processing of oil of the Caspian Sea], Germani, LAMBERT Publ., 2012. 161 p.