

3. Altunina L. K., Kuvshinov V. A. *Uvelichenie nefteotdachi plastov kompozitsiyami PAV* [Increase of oil recovery compositions of surfactants], Novosibirsk, Russian Academy of Sciences Publ. House, 1995. 198 p.
4. Amiks D., Bass D., Uayting R. *Fizika neftyanogo plasta* [Physics of oil layer], Moscow, Nedra Publ., 1962. 572 p.
5. Babalyan G. A., Levi B. I. *Razrabotka neftyanykh mestorozhdeniy s primeneniem poverkhnostno-aktivnykh veshchestv* [Development of oil fields with the use of surface-active substances], Moscow, Nedra Publ., 1983. 216 p.
6. Boyko V. S. *Razrabotka i ekspluatatsiya neftyanykh mestorozhdeniy* [Development and exploitation of oil fields], Moscow, Nedra Publ., 1990. 427 p.
7. Burzhe Zh., Surio P., Kombarnu M. *Termicheskie metody povysheniya nefteotdachi plastov* [Methods of thermal methods of oil layers enhancement], Moscow, Nedra Publ., 1989. 422 p.
8. Gimatudinov Sh. K. *Razrabotka i ekspluatatsiya neftyanykh, gazovykh i gazokondensatnykh mestorozhdeniy* [Development and exploitation of oil, gas and gas condensate fields], Moscow, Nedra Publ., 1988. 300 p.
9. Gimatudinov Sh. K. *Fizika neftyanogo i gazovogo plasta* [Physics of oil and gas layer], Moscow, Nedra Publ., 1971. 312 p.
10. Grechukhina A. A., Elpidinskiy A. A. *Sintez i ispytanie poverkhnostno-aktivnykh veshchestv dlya neftepromyslov* [Synthesis and testing of surface-active substances for the oil field], Kazan, Metodicheskie ukazaniya Publ., 2005. 56 p.
11. Surguchev M. L. *Vtorichnye i tretichnye metody uvelicheniya nefteotdachi plastov* [Secondary and tertiary methods of enhanced oil recovery of layers], Moscow, Nedra, Publ., 1985. 308 p.
12. Surguchev M. L., Gorbunov A. T. *Metody izvlecheniya ostatnochnoy nefti* [Methods of extraction of residual oil], Moscow, Nedra Publ., 1991. 347 p.
13. Khalikov G. A. *Gazovye metody intensifikatsii neftedobychi* [Gas methods of intensification of oil production], Moscow, Nedra Publ., 1997. 192 p.
14. Holl B. E. *Khimicheskie svoystva poverkhnostno-aktivnykh veshchestv* [Chemical properties of surfactants]. *Neft, gaz i neftekhimiya za rubezhom* [Oil, Gas and oilchemicals abroad], 1986, no. 5, pp. 10–12.
15. Shvetsov R. A. *Sostoyanie i perspektivy primeneniya polimernogo vozdeystviya na plast* [Status and prospects of the polymeric stimulation on layers]. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil Industry], 1994, no. 4, pp. 37–41.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ДОБЫЧИ НЕФТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА

Серебряков Олег Иванович

доктор геолого-минералогических наук, профессор

Астраханский государственный университет

414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1

E-mail: Geologi2007@yandex.ru

Серебряков Андрей Олегович

старший преподаватель

Астраханский государственный университет

414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1

E-mail: Geologi2007@yandex.ru

Серебрякова Оксана Андреевна
старший преподаватель

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

Приведены результаты опытных исследований коэффициента извлечения нефти при вытеснении их водой на примере нефтяных гигантских месторождений в каменноугольных отложениях Каспийского региона. Эти результаты могут быть использованы при разведке и эксплуатации палеозойских залежей в акватории. Изложены исследования различных организаций по определению проницаемости палеозойских пород, а также величин капиллярных давлений фаз «нефть-вода». Наблюдается зависимость остаточной нефтенасыщенности от проницаемости пород, которая выражается математическим законом. Графическим методом представлены зависимость относительных проницаемостей для нефти и воды и капиллярного давления от водонасыщенности пород. Они могут быть выражены уравнением регрессивной зависимости. Определения капиллярных давлений от газонасыщенности осуществляется нагнетательным методом на образцах пород. Опыт разработки палеозойских месторождений нефти является важнейшим подтверждением высоких перспектив нефтегазоносности палеозойских отложений на Северном Каспии. Так как успешность разведки таких месторождений достигает 100 %.

Ключевые слова: геологическая, гидродинамика, нефть, вода, режим, вытеснение, проницаемость, капилляр, давление

HYDRODYNAMIC FEATURES DEVELOPMENT AND OIL DEPOSITS IN CASPIAN PALEOZOIC

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

Serebryakov Andrey O.
Senior Lecturer
Astrakhan State University
1 Shaumyan sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation
E-mail: Geologi2007@yandex.ru

Serebryakova Oksana A.
Senior Lecturer
1 Shaumyan sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation
E-mail: Geologi2007@yandex.ru.

The results of experimental studies of oil recovery factor in the displacement of oil by water on the example of oil -giant fields in the Carboniferous deposits of the Caspian region, which can be used in the exploration and exploitation of the Paleozoic deposits in the waters. Presented various research organizations to determine the permeability of Paleozoic rocks, as well as the capillary pressure phase "oil-water ". Observed dependence of residual oil saturation on the permeability of the rocks, which is expressed by

mathematical law. Graphically shows the relative permeability to oil and water, and depending on the capillary pressure of water saturation, which can be expressed by the equation regressive dependence. Determining capillary pressures of the gas saturation method is carried out on samples of discharge rocks. Experience in the development of Paleozoic oil is an important confirmation of the high petroleum potential of Paleozoic sediments in the North Caspian Sea, as success of exploration of such deposits is 100 %.

Keywords: geo-ecology, hydrodynamics, oil, water regime, repression, permeability, capillary pressure

В Каспийском море и его прибрежных зонах преобладающее количество месторождений нефтей выявлено в мезозойских отложениях (Хвалынское, им. Ю. Корчагина, им. Фиановское и др.). Эти месторождения постепенно вводятся в разработку. В 2011 г. добыча нефти начата на месторождении Корчагина, в 2015 г. вводится в разработку Фиановское месторождение. К концу 2012 г. – добыча 1 млн тонн нефти. Однако основные перспективы нефтегазоносности связываются с палеозойскими отложениями, в которых в казахском секторе открыты нефтяные гиганты Тенгиз и Кашаган. На Тенгизе осуществляется интенсивная добыча нефти. Опыт разработки палеозойских месторождений нефти является важнейшим подтверждением высоких перспектив нефтегазоносности палеозойских отложений на Северном Каспии. Так как успешность разведки таких месторождений достигает 100 %.

Исследования коэффициента извлечения нефти (КИН) при водонапорном режиме, методом вытеснения нефти водой, а также зависимости относительной проницаемости и капиллярного давления нефть – вода представлены в таблице 1, 2.

Таблица 1

Определение коэффициента вытеснения нефти водой

№ скважины	Интервал, м	Пористость K_p , доли ед.	Проницаемость $K_{пр}$, мкм ²	Остаточная нефтенасыщенность $\alpha_{ОН}$, доли ед.
7	3981–3987	0,12	0,008	0,27
7	4162–4165	0,14	0,031	0,30
44	4096–4103	0,18	0,013	0,18
44	4096–4103	0,21	0,008	0,20
44	4155–4162	0,17	0,006	0,36
44	4255–4262	0,14	0,007	0,27

Зависимость остаточной нефтенасыщенности от проницаемости пород показана на рисунке 1. Уравнение прямой регрессии имеет вид:

$$\alpha_{ОН} = 0,1303 - 0,08951 * \lg K_{пр},$$

где $\alpha_{ОН}$ – остаточная нефтенасыщенность, доли ед.; $K_{пр}$ – проницаемость породы, мкм²

Значения коэффициентов вытеснения для оценки нефтеотдачи месторождений приведены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика вытеснения нефти водой

Объект	Бандстоун	Платформа
Проницаемость, мкм ²	0,001	0,003
Содержание связанной воды, доли ед.	0,2	0,1
Коэффициент начальной нефтенасыщенности, доли ед.	0,7	0,9
Вытесняющий рабочий агент (вода, газ и т.п.)	Вода	Вода
Коэффициент остаточной нефтенасыщенности при вытеснении нефти рабочим агентом, доли ед.	0,39	0,34
Коэффициент вытеснения, доли ед.	0,49	0,61

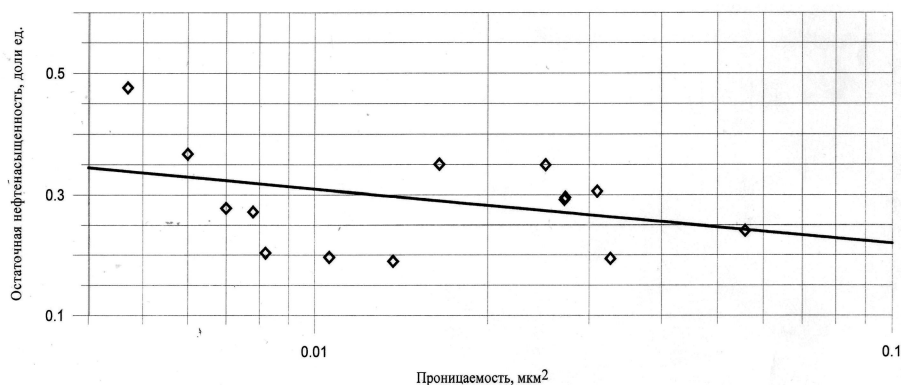


Рис. 1. Зависимость остаточной нефтенасыщенности от проницаемости при вытеснении нефти водой

На рисунках 2 и 3 представлены зависимости относительных проницаемостей для нефти и воды и зависимости капиллярного давления от водонасыщенности пород.

Зависимость остаточной нефтенасыщенности от проницаемости при вытеснении газом показана на рисунке 2. Уравнение прямой регрессивной зависимости имеет вид:

$$\alpha_{OH} = 0,2257 - 0,03256 * \lg K_{np},$$

где K_{np} – проницаемость породы, мкм².

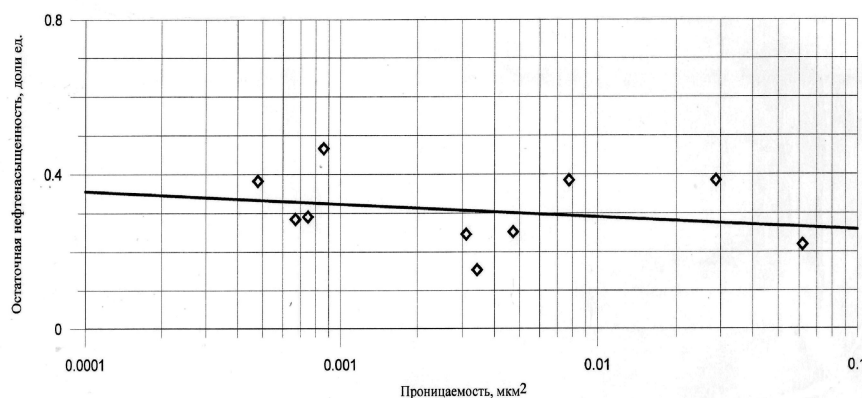


Рис. 2. Зависимость остаточной нефтенасыщенности от проницаемости при вытеснении нефти газом

Значения коэффициентов вытеснения нефти газом для оценки нефтеотдачи продуктивных пластов приведены в таблице 3. Определения капиллярного давления от газонасыщенности осуществляется методом нагнетания ртути в образцы керна. Полученные результаты графически изображены на рисунке 4.

Таблица 3

Характеристика вытеснения нефти газом

Объект	Бандстоун	Платформа
Проницаемость, мкм ²	0,001	0,003
Содержание связанной воды, доли ед.	0,2	0,1
Коэффициент начальной нефтенасыщенности, доли ед.	0,7	0,8
Вытесняющий рабочий агент (вода, газ и т.п.)	Газ	Газ
Коэффициент остаточной нефтенасыщенности при вытеснении нефти рабочим агентом, доли ед.	0,32	0,30
Коэффициент вытеснения, доли ед.	0,58	0,65

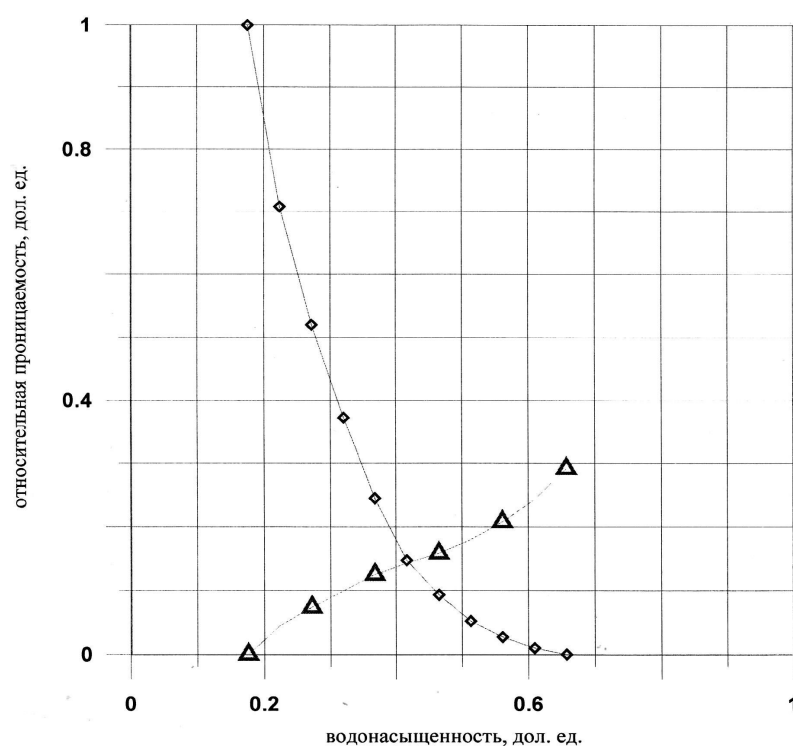


Рис. 3. Зависимость фазовых проницаемостей от водонасыщенности

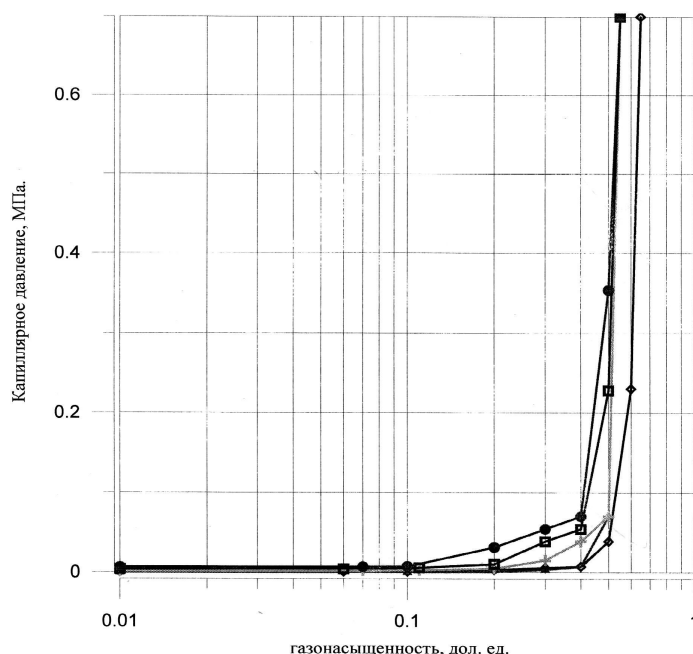


Рис. 4. Зависимость капиллярного давления от газонасыщенности

Список литературы

1. Серебряков А. О. Геохимический потенциал генерации углеводородов в Каспийском море / А. О. Серебряков, О. А. Серебрякова // *Геология, география и глобальная энергия*. – 2011. – № 2. – С. 168–175.
2. Серебряков О. И. Анализ внедрения воды в продуктивную залежь Астраханского ГКМ / О. И. Серебряков // *Газовая промышленность*. – 1987. – № 8. – С. 45–49.
3. Серебряков О. И. Анализ структуры запасов и ресурсов прибрежных сухопутных территорий и акватории Каспийского моря / О. И. Серебряков, Л. Ф. Ушивцева, Т. С. Смирнова // *Геология, география и глобальная энергия*. – 2012. – № 2(49). – С. 90–97.
4. Серебряков О. И. Исследования процессов геоэлектрической деструкции гомологов сероводорода / О. И. Серебряков, Ю. И. Ахмедова // *Геология, география и глобальная энергия*. – 2011. – № 1. – С. 15–20.
5. Серебряков О. И. Геохимическая классификация газовых конденсатов / О. И. Серебряков, В. С. Мерчева // *Геология, география и глобальная энергия*. – 2013. – № 2 (49). – С. 47–60.
6. Серебряков А. О. Геоэкологические и гидрогеоэкологические исследования природных вод каспийского моря при разработке и переработке нефти и газа / О. И. Серебряков, В. И. Серебрякова, А. О. Серебряков, О. И. Серебряков // *Геология, география и глобальная энергия*. – 2012. – № 4(47). – С. 106–121.
7. Серебряков О. И. Гидрогеохимические особенности девонских нефтегазоносных отложений северного обрамления Каспия / О. И. Серебряков, Л. Ф. Ушивцева, О. А. Серебрякова, Ялчин Лачин-оглы Алмамедов // *Геология, география и глобальная энергия*. – 2012. – № 2. – С. 90–101.
8. Серебряков О. И. Исследования процессов геоэлектрической деструкции гомологов сероводорода / О. И. Серебряков, Ю. И. Ахмедова // *Геология, география и глобальная энергия*. – 2011. – № 1. – С. 19–25.
9. Серебряков О. И. Исследования процессов геоэлектрохимической деструкции гомологов сероводорода в геологической среде / О. И. Серебряков, Ю. И. Ахмедова // *Геология, география и глобальная энергия*. – 2011. – № 1. – С. 15–20.
10. Серебряков О. И. Нефтегазоносность Волго-Ахтубинского междуречья / О. И. Серебряков, Ялчин Лачин-оглы Алмамедов // *Геология, география и глобальная энергия*. – 2012. – № 2 (36). – С. 49–56.
11. Серебряков О. И. Оценка геоэкологического воздействия на объекты окружающей среды в районе нефтегазовых месторождений Каспийского шельфа / О. И. Серебряков,

Мерчева В. С., Смирнова Т. С., Серебрякова В. И., Исенбулатова Р. Р. // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 4 (47). – С. 81–88.

12. Серебряков О. И. Режим разработки Астраханского ГKM / О. И. Серебряков // Газовая промышленность. – 1987. – № 11. – С. 26–31.

13. Серебряков О. И. Синергия геоэкологического мониторинга разведки, разработки и переработки природного сырья / О. И. Серебряков, А. О. Серебряков // Естественные и технические науки. – 2010. – № 4. – С. 230–234.

14. Серебряков О. И. Современные технологии обеззараживания питьевых вод взамен химически опасного жидкого хлора / О. И. Серебряков // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 3 (46). – С. 123–126.

15. Серебряков О. И. Уточнение геологической модели и оптимизации геологоразведочных работ в Волго-Ахтубинском междуречье / О. И. Серебряков, Ялчин Лачин-оглы Алмамедов, Д. К. Титов // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 4 (47). – С. 31–36.

References

1. Serebryakov A. O., Serebryakova O. A. *Geochemical hydrocarbon generation potential of the Caspian Sea. Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2011, no. 2, pp. 168–175.

2. Serebryakov O. I. Analiz vnedreniya vody v produktivnyuyu zalezh Astrakhanskogo GKM [Analysis of the introduction of water into the productive reservoir of the Astrakhan gas condensate field]. *Gazovaya promyshlennost* [Gas Industry], 1987, no. 8, pp. 45–49.

3. Serebryakov O. I., Ushivtseva L. F., Smirnova T. S. Analiz struktury zapasov i resursov pribrezhnykh sukhoputnykh territoriy i akvatorii Kaspiyskogo morya [Analysis of the structure of reserves and resources in the coastal areas of land and water area of the Caspian Sea]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 2 (49), pp. 90–97.

4. Serebryakov O. I. Gazogidrokhimicheskie kriterii perspektiv neftegazonosnosti [Gazogidrokhimicheskie criteria of prospects of oil and gas bearing]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography, and Global Energy], 2011, no. 2, pp. 45–48.

5. Serebryakov O. I., Mercheva V. S. Geokhimicheskaya klassifikatsiya gazovykh kondensatov [Geochemical classification of gas condensates]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2013, no. 2 (49), pp. 47–60.

6. Serebryakov A. O., Serebryakova V. I., Serebryakov A. O., Serebryakov O. I. Geoekologicheskie i gidrogeoekologicheskie issledovaniya prirodnkh vod Kaspiyskogo morya pri razrabotke i pererabotke nefti i gaza [Geoecological and hydrogeoecological researches of natural waters of the Caspian Sea in the development and processing of oil and gas]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 4 (47), pp. 106–121.

7. Serebryakov O. I., Ushivtseva L. F., Serebryakova O. A., Almamedov Yalchin Lachin-ogly. Gidrogeokhimicheskie osobennosti devonskikh neftegazonosnykh otlozheniy severnogo obramleniya Kaspiya [Hydrogeochemical features of Devonian oil and gas bearing deposits of the Northern Caspian frame]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 2, pp. 90–101.

8. Serebryakov O. I., Akhmedova Yu. I. Issledovaniya protsessov geoelektricheskoy destruktssii gomologov serovodoroda [Investigations of the geoelectric destruction homologues of hydrogen sulfide]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography, and global energy], 2011, no. 1, pp. 19–25.

9. Serebryakov O. I., Akhmedova Yu. I. Issledovaniya protsessov geoelektrokhimicheskoy destruktssii gomologov serovodoroda v geologicheskoy srede [Investigation of processes geoelectrochemical destruction homologues of hydrogen sulfide in the subsurface]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2011, no. 1, pp. 15–20.

10. Serebryakov O. I., Almamedov Yalchin Lachin-ogly. Neftegazonosnost Volgo-Akhtubinskogo mezhdurechya [Oil and gas bearing of the Volga-Achtubinsk interfluv]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 2 (36), pp. 49–56.

11. Serebryakov O. I., Mercheva V. S., Smirnova T. S., Serebryakova V. I., Isenbulatova R. R. Otsenka geoekologicheskogo vozdeystviya na obekty okruzhayushchey sredy v rayone neftegazovykh mestorozhdeniy Kaspiyskogo shelfa [Evaluation of geoecological impact on the environment in the area of oil and gas fields of the Caspian shelf]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 4 (47), pp. 81–88.

12. Serebryakov O. I. Rezhim razrabotki Astrakhanskogo GKM [Mode of development of the Astrakhan gas condensate field]. *Gazovaya promyshlennost* [Gas Industry], 1987, no. 11, pp. 26–31.

13. Serebryakov O. I., Serebryakov A. O. Sinergiya geoeekologicheskogo monitoringa razvedki, razrabotki i pererabotki prirodnogo syrya [Synergy of geoeological monitoring of exploration, development and processing of natural raw materials]. *Yestestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and Technical Science], 2010, no. 4, pp. 230–234.
14. Serebryakov O. I. Sovremennye tekhnologii obezzarazhivaniya pitevykh vod vzamen khimicheski opasnogo zidkogo khloro [Modern technologies of disinfection of drinking water instead of chemically hazardous liquid chlorine]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, № 3 (46), pp. 123–126.
15. Serebryakov O. I., Almamedov Yalchin Lachin-ogly, Titov D. K. Utochnenie geologicheskoy modeli i optimizatsii geologorazvedochnykh rabot v Volgo-Akhtubinskom mezhdureche [Specification of geological model and optimization of prospecting works in Volga- Akhtubinsk interfluver]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 4 (47), pp. 31–36.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН

Тулегенов Альберт Робертович, студент

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

Долгова Екатерина Юрьевна, студент

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

Меркитанов Николай Александрович, студент

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

При разработке нефтяных и газовых месторождений промысловые исследования занимают важное практическое значение, а методы, способы и процессы исследований постоянно совершенствуются. Различные типы исследований необходимы для контроля и регулирования процессов разработки месторождений. Гидродинамические методы исследований скважин позволяют получать необходимые данные для оценки запасов сырья и оптимизации режим разработки месторождений. Для гидродинамических исследований выделяются различные глубинные приборы, позволяющие фиксировать давление, температуру, уровень и объемы жидкости. Для проведения различных видов работ предоставляются лаборатории [13]. Гидродинамические методы позволяют контролировать продвижение контуров нефть–газ–вода. Вследствие этого осуществляется, по полученным данным, проектирование дальнейших работ на месторождении и управление процессом добычи полезных ископаемых. Интерпретация гидродинамических исследований скважин позволяет оценивать продуктивные (фильтрационные) свойства пластов (пластовое давление, фильтрационные коэффициенты, газовый фактор, проницаемость, продуктивность) [8]. Гидродинамические методы направлены, прежде всего, на решение следующих задач: 1) измерение дебитов скважин и определение физических свойств флюидов; 2) измерение пластовых и забойных давлений, температур, скорость флюида и его плотность; 4) определение параметров