

---

---

**ЭКОЛОГИЯ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ  
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН  
В ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ**

**Журавлев Геннадий Иванович**, кандидат технических наук, доцент, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: geologi2007@yandex.ru

**Жигульская Оксана Петровна**, директор, Астраханский государственный политехнический колледж, 414041, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Куликова, 42, e-mail: oksana.1976.zh@yandex.ru

**Серебряков Андрей Олегович**, старший преподаватель, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: geologi2007@yandex.ru

**Диангуне Бивание Паком Жерер**, студент, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: pakagerard@hotmail.com

Шельфовые зоны Мирового океана являются высокоперспективными регионами нефтегазоносности. В северной части Каспийского моря проведены геолого-геофизические исследования, которые выявили поднятия с наличием многопластовых нефтегазовых залежей, таких как месторождения им. Филановского, Корчагина, Сарпинское, Ракушечное, Хвалынское и др. С целью оптимизации процесса эксплуатации, снижения затрат и извлечения максимума разведанных запасов, нефтегазодобывающие компании делают все больший упор на вскрытие продуктивных пластов многозабойными горизонтальными скважинами: бурение нескольких дренирующих скважин (ответвлений) от одного главного ствола. Нефтегазодобывающие компании применяют вскрытие пластов многоствольными горизонтальными скважинами для разработки сразу нескольких этажей нефтеносности или залежей, а также для извлечения пропущенных ранее запасов с помощью одного главного ствола. Технология бурения многоствольных горизонтальных скважин зачастую является единственным экономически оправданным средством разработки разобщенных частей продуктивного пласта, залежей-спутников, расположенных по периферии основного месторождения, и небольших залежей с ограниченными по своей величине запасами.

**Ключевые слова:** нефть, скважина, эксплуатация, шельф, залежь, бурение, запасы

**ECOLOGY OF THE INCLINED DIRECTED OPERATIONAL WELLS  
IN THE SHELF ZONE OF THE NORTHERN CASPIAN SEA**

**Zhuravlev Gennadiy I.**, C.Sc. in Technical, Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyan sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: geologi2007@yandex.ru

**Zhigulskaya Oksana P.**, Director, Astrakhan State Polytechnical College, 42 Kulikov st., Astrakhan, 414041, Russian Federation, e-mail: oksana.1976.zh@yandex.ru

**Serebryakov Andrey O.**, Senior Lecturer, Astrakhan State University, 1 Shaumyan sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: geologi2007@yandex.ru

**Diangune Bivaniye Pak Zherer**, student, Astrakhan State University, 1 Shaumyan sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: pakagerard@hotmail.com

Shelf zone of the World ocean are highly promising regions of oil and gas. In the Northern part of the Caspian sea conducted geological and geophysical studies, which indicate uplift with the presence of multilayer oil and gas deposits, such as deposits: they. Filanovsky, Korchagin, Sarpinsky Shelly, Khvalynsk, etc. With the aim of optimizing operational process, reduce costs and extract the maximum proven reserves of oil and gas companies are increasingly placing emphasis on productive formations opening of multilateral horizontal wells (FHI) drilled several drainage wells (branches) from one main trunk. Oil and gas companies used the opening of layers multilateral horizontal wells to develop several floors of oil or deposits, and to retrieve previously missed reserves with a single main trunk. The technology for drilling multilateral horizontal wells is often the only economically feasible means of developing disparate parts of the reservoir, deposits-satellites, located on the periphery of the main Deposit, and small deposits of limited value stocks.

**Keywords:** oil, drilling, operation, offshore, reservoir, drilling, reserves

Многоствольные горизонтальные скважины (рис. 1) удобны для создания связи между такими вертикально и горизонтально ориентированными геологическими образованиями, как возникшие естественным путем трещины, тонкослоистые интервалы и многослойные коллекторы.

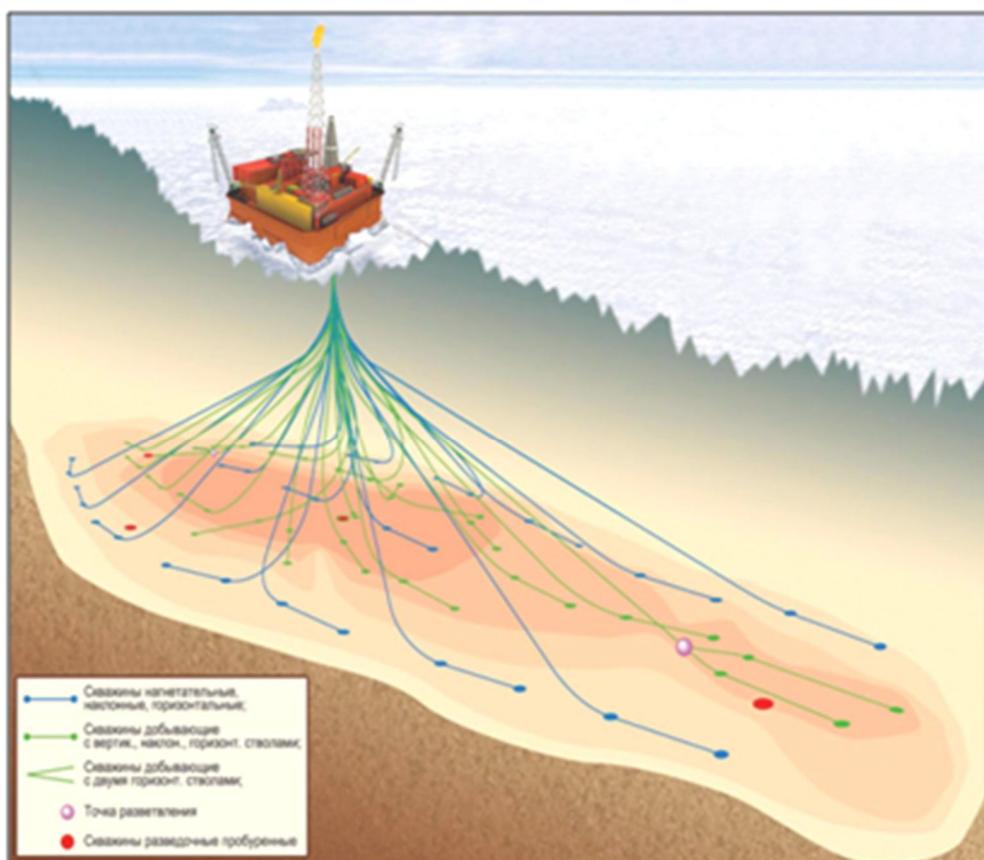


Рис. 1. Виды многоствольных скважин

Многоствольные, наклоненные под большими углами, или горизонтальные дренирующие скважины пересекают большее число естественных трещин и за-

частую повышают добычу из пласта в большей степени, чем это достигается в результате бурения одиночных горизонтальных скважин или проведения ГРП.

Технология уменьшает потребность в устьевом оборудовании, платформенных водоотделяющих колоннах и подводном оборудовании для вскрытия пластов. Все это приводит к снижению затрат, оптимизирует использование бурового выреза у морских буровых платформ или донных опорных плит.

В процессе бурения направленной скважины необходимо знать положение каждой ее точки в пространстве. Для этого определяются координаты ее устья и параметры трассы, к которым относятся зенитный угол  $\Theta$ , азимут скважины  $\alpha$  (рис. 2) и ее длина  $L$ .

*Зенитный угол* – это угол между осью скважины или касательной к ней и вертикалью.

*Азимут* – это угол между направлением на север и горизонтальной проекцией касательной к оси скважины, измеренный по часовой стрелке.

*Длина скважины* – это расстояние между устьем и забоем по оси.

Проекция оси скважины на вертикальную плоскость называется *профилем*, а на горизонтальную – *планом*. Вертикальная плоскость, проходящая через ось скважины, или касательную к ней, называется *апсидальной*.

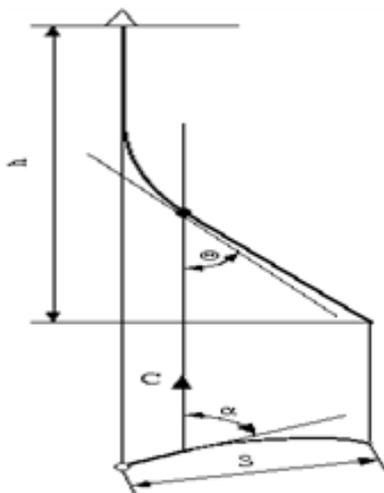


Рис. 2. Элементы пространственного расположения скважины

При выполаживании скважины происходит увеличение зенитного угла (бурение с подъемом угла), а при выкручивании – уменьшение (бурение с падением угла). При искривлении скважины влево азимут ее уменьшается, вправо – увеличивается.

Темп отклонения скважины от ее начального направления характеризуется интенсивностью искривления  $i$ , которая может быть определена как для зенитного  $i_{\Theta}$ , так и азимутального  $i_{\alpha}$  искривления

$$i_{\Theta} = (\Theta_k - \Theta_n)/L,$$

$$i_{\alpha} = (\alpha_k - \alpha_n)/L,$$

где  $\Theta_n$  и  $\alpha_n$  – соответственно начальные зенитный и азимутальный углы на определенном интервале скважины, град;  $\Theta_k$  и  $\alpha_k$  – то же для конечных углов интервала, град;  $L$  – длина интервала скважины, м.

Если скважина искривляется с постоянной интенсивностью и только в апсидальной плоскости, то ее ось представляет собой дугу окружности радиусом  $R$ , величина которого может быть определена по формуле:

$$R = 57,3/i.$$

Следует отметить, что интенсивность азимутального искривления существенно зависит от зенитного угла скважины и при малых зенитных углах может достигать весьма значительных величин. Это не дает полного представления о положении скважины. Для оценки общего искривления служит угол пространственного искривления  $\varphi$ , показанный на рисунке 3.

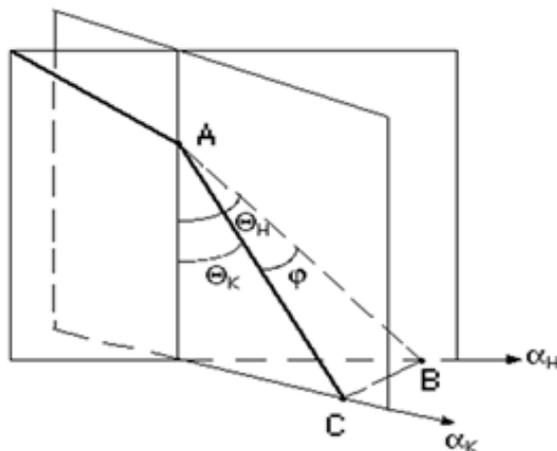


Рис. 3. Угол пространственного искривления скважины

В случае, если бы скважина, имеющая в точке A зенитный угол  $\theta_n$  и азимут  $\alpha_n$ , не искривлялась, то забой ее оказался бы в точке B. За счет же искривления фактически забой оказался в точке C, зенитный угол стал равным  $\theta_k$ , а азимут  $\alpha_k$ . Угол BAC и является углом пространственного искривления. Величина его аналитически определяется по формуле [13]:

$$\varphi = \arccos [\cos \theta_n - \cos \theta_k + \sin \theta_n \sin \theta_k \cos(\alpha_k - \alpha_n)].$$

С достаточной степенью точности этот угол может быть определен по формуле М.М. Александрова [8, 9]:

$$\varphi = [\Delta\theta^2 + (\Delta\alpha - \sin \theta_{cp})^2]^{0,5},$$

где  $\Delta\theta$  и  $\Delta\alpha$  – соответственно приращения зенитного и азимутального углов на интервале, град;  $\theta_{cp}$  – средний зенитный угол интервала, град.

Интенсивность пространственного искривления  $i_\varphi$  определяется по формуле [10]:

$$i_\varphi = \varphi/L,$$

где  $L$  – длина интервала, для которого определен угол пространственного искривления, м.

Величина  $i_\varphi$  не может быть больше интенсивности искривления для тех или иных средств направленного бурения, определяемых их технической характеристикой.

Кроме указанных величин, направленные скважины характеризуются величиной отхода (смещения)  $S$  и глубиной по вертикали  $h$ . Отход – длина горизонтальной проекции прямой, соединяющей устье и забой скважины. Глубина по вертикали – длина вертикали, соединяющей устье с горизонтальной плоскостью, проходящей через забой скважины.

На месторождении им. Филановского проектируется строительство многозабойных скважин с четырьмя ответвлениями (рис. 5), из которых ствол № 1 является основным и прокладывается в середине продуктивного пласта на глубине 2005 м по вертикали в азимуте (условно)  $\varphi_1 = 0^\circ$ . Остальные ответвления № 2, 3, 4 бурятся из основного ствола путем вырезания «окна» в эксплуатационной колонне и продолжения бурения в пласте до проектной глубины (рис. 6). Азимуты искривления ответвлений равны, соответственно:  $\varphi_2 = 90^\circ$ ,  $\varphi_3 = 180^\circ$ ,  $\varphi_4 = 270^\circ$ . Радиальные стволы прокладываются на расстоянии одного метра по высоте, считая от линии середины пласта к его кровле [1, 2].

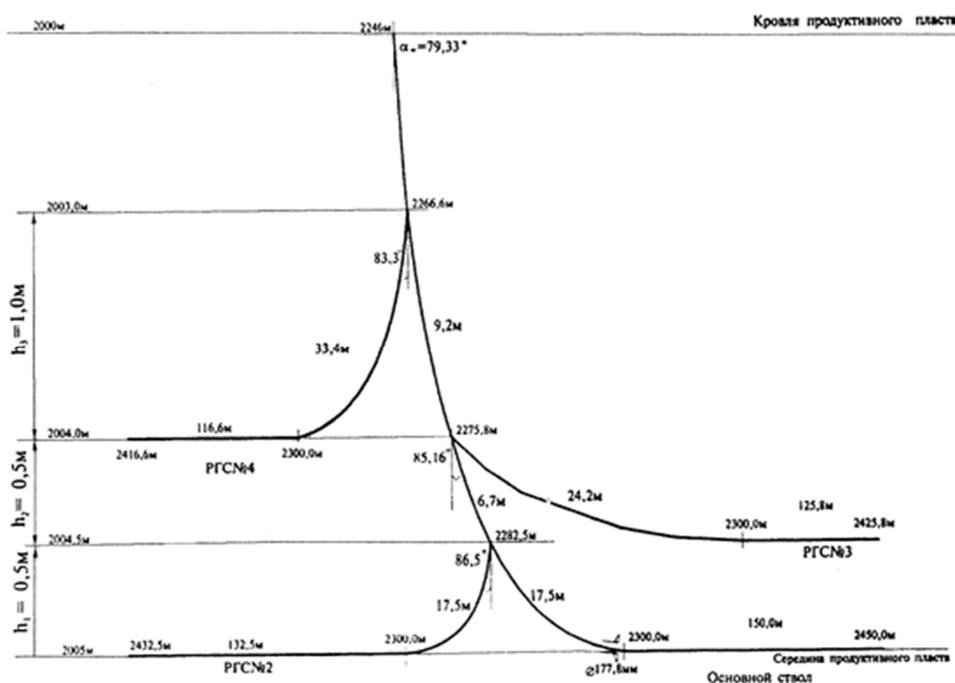


Рис. 5. Схема разветвления стволов многозабойной горизонтальной скважины

Основными исходными данными являются: глубина кровли продуктивного пласта  $H_{кр} = 2000$  м; толщина пласта  $h_{пл} = 10$  м. Общая протяженность ствола каждого ответвления в отдельности в пределах  $A_{гор} = 150$  м. Проектное отклонение ствола скважины от вертикали на глубине кровли продуктивного пласта  $A_{кр} = 500$  м.

Строительство радиального ствола № 2 производится путем вырезания «окна» в эксплуатационной колонне диаметром 177,8 мм и бурения ствола расчетной протяженности от 2282,5 м до 2432,5 м.

Для вырезания «окна» в колонне используется уипсток, плоскость искривления которого ориентируется в заданном азимуте. Уипсток снабжен в нижней части якорем для надежной его фиксации. Глубина установки уипстока – 2004,5 м по вертикали, то есть на 0,5 м выше, чем уровень горизонтального ствола № 1, что соответствует глубине 2282,5 м по длине ствола. В интервале от 2282,5 м до 23000 м зенитный угол с  $86,5^\circ$  увеличивается до  $\alpha_r = 90^\circ$ . Затем на интервале от 23000 м до 2432,5 м ствол скважины бурится горизонтальным долотом диаметром 155,6 мм. Пробуренный ствол на глубину 2432,5 м по стволу спускаются фильтровые трубы – НКТ диаметром 88,9 мм, верхняя часть которых в открытом стволе оборудуются затрубным проходным пакером, как показано на рисунке 6 [5].

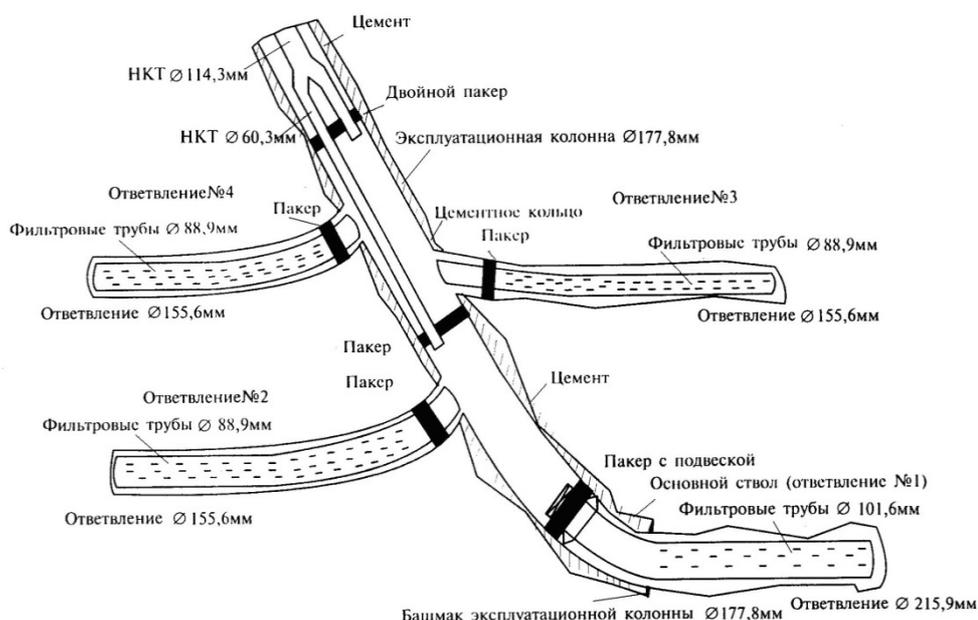


Рис. 6. Способы заканчивания многозабойных скважин

Таким образом, проектируемая МЗС с четырьмя радиально-разветвленными стволами имеет общую протяженность в продуктивном пласте, равную  $\Sigma A_{гор} = 600$  м. Так как расстояние между устьями стволов составляет всего 2 м (по вертикали), то фактически эксплуатация пласта будет осуществляться в одинаковом режиме, что должно обеспечить значительный рост добычи нефти (газа).

Месторождение им. В. Филановского соответствует основным требованиям строительства многозабойных горизонтальных скважин. Выделяют 4 типа залежи: газоконденсатно-нефтяные в келловейском (верхняя юра) и аптском ярусах, газонефтяная в неокомском надъярусе и газоконденсатная в альбском ярусе нижнемеловых отложений. Максимальные значения дебита,  $1020,0 - 845,5$  м<sup>3</sup>/с. Возможность применения ГРП. Интеллектуальное заканчивание скважины с применением оптоволоконка.

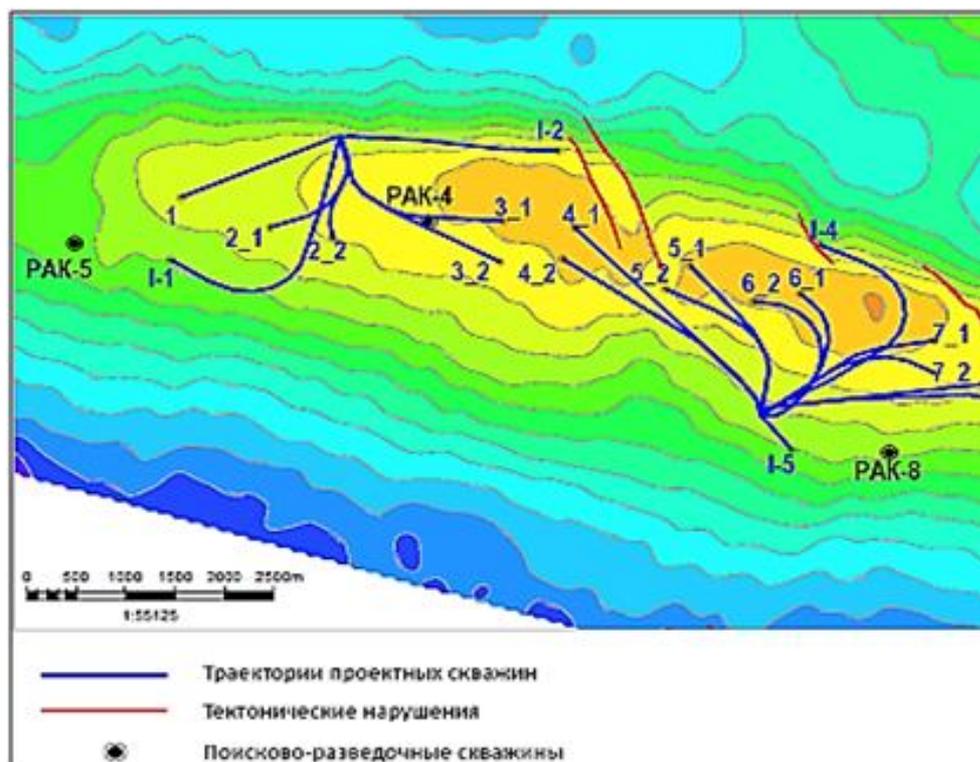


Рис. 7. Схема размещения многозабойных скважин на структурной карте

Строительство многозабойных скважин на месторождении им. В. Филановского позволит сократить сроки строительства скважины, снизить затраты на обустройство устьевого оборудования, позволит эффективно производить интенсификацию нефти, обеспечит более длительный период безводной эксплуатации скважин, а также вовлечение в разработку нескольких пластов.

#### Список литературы

1. Андриасов Р. С. Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений / Р. С. Андриасов, И. Т. Мищенко, А. И. Петров. – Альянс, 2007. – 455 с.
2. Джалмуханова Р. И. Применение современных технологических средств, для снижения коэффициента трения бурильной колонны при строительстве наклонно-направленных и горизонтальных стволов скважин в ООО «ЛУКОЙЛ-НИЖНЕВОЛЖСКНЕФТЬ» / Р. И. Джалмуханова, А. Е. Курячий // Новейшие технологии освоения месторождений углеводородного сырья и обеспечение безопасности экосистем Каспийского шельфа : материалы VII Международной научно-практической конференции. – Астрахань : Астраханский государственный технический университет, 2016. – С. 40–44.
3. Любимова С. В. Повышение эффективности бурения наклонно-направленных скважин с горизонтальными участками путём снижения прихватоопасности : дисс. ... канд. техн. наук / С. В. Любимова. – Уфа : Геофизика, 2012.
4. Любимова С. В. Техничко-технологическое решение для снижения коэффициента трения бурильной колонны о стенки скважины при бурении скважин с горизонтальным участком / С. В. Любимова, Л. Б. Хузина // Нефтегазовое дело. – 2012. – № 2. – С. 194–203.
5. Мандрик И. Э. Совершенствование технологии освоения и разработки месторождения им. Ю. Корчагина с трудноизвлекаемыми запасами нефти / И. Э. Мандрик, В. З. Минликаев, В. Ф. Сомов, С. В. Делия, Н. Н. Перминова, Т. М. Крист // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 8.
6. Инструкция по расчету обсадных колонн для нефтяных и газовых скважин. – Москва : ВНИИГТнефть, 2002. – С. 194.

7. Рязанов В. И. Направленное бурение глубоких скважин : практическое пособие / В. И. Рязанов. – Томск : ТПУ, 2011. – 84 с.
8. Строительство горизонтальных скважин : сборник докладов. – Москва : Нефть и газ, 2005. – 304 с.
9. Калинин А. Г. Профили направленных скважин и компоновка низа бурительных колонн / А. Г. Калинин, Б. А. Никитин, К. М. Соколовский, А. С. Повалихин. – Москва : Недра, 1995. – 303 с.
10. Калинин А. Г. Бурение наклонных скважин : справочник / А. Г. Калинин, Н. А. Григорян, Б. З. Султанов. – Москва : Недра, 1990. – 348 с.
11. Саушин А. З. Элементы эксплуатации горизонтальных скважин при разработке нефтяных месторождений : учебное пособие / А. З. Саушин, Г. И. Журавлев, Н. Ф. Лямина. – Астрахань. 2010. – 84 с.
12. Хузина Л. Б. О результатах экспериментальных и теоретических исследований компоновки со скважинным осциллятором / Л. Б. Хузина, А. Ф. Шайхутдинова // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. – 2016. – Т. XV. – С. 14–19.
13. Хузина Л. Б. Применение новых элементов в КНБК при бурении наклонно-направленных скважин / Л. Б. Хузина, А. Ф. Шайхутдинова // Материалы научной сессии ученых Альметьевского государственного нефтяного института. – 2013. – Т. 1, № 1. – С. 69–72.
14. Патент 126748 Российская Федерация. Компоновка низа бурительной колонны с усиленной динамической нагрузкой на долото / Хузина Л. Б., Шайхутдинова А. Ф., Фаткуллин Р. Х., Мухутдинова А. А., Теляшева Э. А.. – № 2012146106/03 ; заявлено 29.10.2012 ; опублик. 10.04.2013. – Бюл. № 10.
15. Шайхутдинова А. Ф., Хузина Л. Б. Результаты промысловых испытаний компоновки низа бурительной колонны с долотом PDC / А. Ф. Шайхутдинова, Л. Б. Хузина // Материалы научной сессии ученых Альметьевского государственного нефтяного института. – 2015. – Т. 1, № 1. – С. 79–83.

#### References

1. Andriasov R. S., Mishchenko I. T., Petrov A. I. *Spravochnoe rukovodstvo po proektirovaniyu razrabotki i ekspluatatsii neftyanykh mestorozhdeniy* [Reference guide for the design, development and operation of oil fields], Alliance Publ., 2007. 455 p.
2. Yarmukhanova R. I., Kuryachiy A. Ye. *Primenenie sovremennykh tekhnologicheskikh sredstv, dlya snizheniya koeffitsienta treniya burilnoy kolonny pri stroitelstve naklonno-napravlennykh i gorizontalnykh stvolov skvazhin v OOO "LUKOYL-NIZhNYeVOLZhSKNYeFT"* [Use of modern technological means, to reduce the coefficient of friction of the drill string during the construction of directional and horizontal wells in OOO "LUKOIL-NIZHNEVOLZHSKNEFT"]. *Noveyshie tekhnologii osvoeniya mestorozhdeniy uglevodorodnogo syrya i obespechenie bezopasnosti ekosistem Kaspiyskogo shelfa : materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [New Technologies of Development of Deposits of Hydrocarbon Raw Materials and Ensuring the Security of Ecosystems of the Caspian Shelf. Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference], Astrakhan, Astrakhan State Technical University, 2016, pp. 40–44.
3. Lyubimova S. V. *Povyshenie effektivnosti bureniya naklomo-napravlennykh skvazhin s gorizontalnymi uchastkami putem snizheniya prikhvatoopasnosti* [Improving the efficiency of drilling directional wells with horizontal sections by reducing privateopasnosti], Ufa, Geofizika Publ., 2012.
4. Lyubimova S. V., Khuzina L. B. *Tekhniko-tekhnologicheskoe reshenie dlya snizheniya koeffitsienta treniya burilnoy kolonny o stenki skvazhiny pri bureni skvazhin s gorizontalnym uchastkom* [Technical-technological solution to reduce the coefficient of friction of the drill string on the borehole wall during the drilling of wells with horizontal section]. *Neftegazovoe delo* [Oil and Gas Business], 2012, no. 2, pp. 194–203.
5. Mandrik I. E., Minlikaev Z. V., Somov V. F., Deliya S. V., Perminova N. N., Krist T. M. *Sovershenstvovanie tekhnologii osvoeniya i razrabotki mestorozhdeniya im. Yu. Korchagina s trudnoizvlekaemymi zapasami nefi* [Improvement of technology in the exploration and development of deposits of them. Korchagina hard-to-recover oil reserves]. *Neftyanoe khozyaystvo* [Neftyanoe khozyaystvo], 2008, no. 8.
6. *Instruktsiya po raschetu obsadnykh kolonn dlya neftyanykh i gazovykh skvazhin* [Instruction on calculation of casing columns for oil and gas wells], Moscow, Vniitneft Publ., 2002. 194 p.
7. Ryzanov V. I. *Napravlennoe burenie glubokikh skvazhin* [Directional drilling deep wells], Tomsk, TPU Publ. House, 2011. 84 p.
8. *Stroitelstvo gorizontalnykh skvazhin* [Construction of horizontal wells], Moscow, Oil and gas Publ. House, 2005 304 p.

9. Kalinin A. G., Nikitin B. A., Sokolov K. M., Povalikhin A. S. *Profili napravlennykh skvazhin i komponovka niza burilnykh kolonn* [Profiles directional wells and bottomhole columns], Moscow, Nedra Publ., 1995. 303 p.

10. Kalinkin A. G., Grigoryan N. A., Sultanov B. Z. *Burenie naklonnykh skvazhin* [Drilling directional wells], Moscow, Nedra Publ., 1990. 348 p.

11. Saushin A. Z., Zhuravlev G. I., Lyamina N. F. *Elementy ekspluatatsii gorizontalnykh skvazhin pri razrabotke nefyanykh mestorozhdeniy* [Elements of exploitation horizontal wells in oil reservoirs], Astrakhan, 2010. 84 p.

12. Khuzina L. B., Shaykhutdinova A. F. O rezultatakh eksperimentalnykh i teoreticheskikh issledovaniy komponovki so skvazhinnym ostsillyatorom [Experimental and theoretical studies of the link with the downhole oscillator]. *Uchenye zapiski Almetevskogo gosudarstvennogo nefyanogo instituta* [Proceedings of the Almetevsk State Oil Institute], 2016, vol. XV, pp. 14–19.

13. Khuzina L. B., Shaykhutdinova A. F. Primenenie novykh elementov v KNBK pri burenii naklonno-napravlennykh skvazhin [Application of new elements in the BHA when drilling directional wells]. *Materialy nauchnoy sessii uchenykh Almetevskogo gosudarstvennogo nefyanogo instituta* [Proceedings of the Scientists Scientific Session of Almetevsk State Oil Institute], 2013, vol. 1, no. 1, pp. 69–72.

14. Khuzina L. B., Shaikhutdinova A. F., Fatkullin R. Kh., Muhutdinov A. A., Telyasheva E. A. Patent 26748 Russian Federation. The layout of the bottom hole Assembly with enhanced dynamic load on the bit. No. 2012146106/03, announced 29.10.2012, published 10.04.2013, bulletin no. 10.

15. Shaykhutdinova A. F., Khuzina L. B. Rezultaty promyslovykh ispytaniy komponovki niza burilnoy kolonny s dolotom PDC [Results of field tests of bottom of the drill string with a PDC bit]. *Materialy nauchnoy sessii uchenykh Almetevskogo gosudarstvennogo nefyanogo instituta* [Proceedings of the Scientists Scientific Session of Almetevsk State Oil Institute], 2015, vol. 1, no. 1, pp. 79–83.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПОЛНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

**Белякова Юлия Викторовна**, кандидат географических наук, доцент, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: yulechka.belyakova.1977@mail.ru

**Соловьева Алевтина Васильевна**, старший преподаватель, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: sav49@inbox.ru

**Дымова Татьяна Владимировна**, кандидат педагогических наук, доцент, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: tdimova60@mail.ru

Актуальность искусственного восполнения подземных вод связана с бурным ростом водопотребления, вызванного научно-технической революцией, а также прогрессирующим загрязнением поверхностных источников бытовыми промышленными сточными водами. Все это в свою очередь привело к резкой интенсификации отбора подземных вод и в ряде районов к истощению водоносных горизонтов (Крым, район Москвы и другие): отбор подземных вод на морских побережьях вызывает вторжение соленых морских вод в водоносные горизонты, снижение динамических уровней ухудшает экономические условия эксплуатации подземных вод и т.д. Искусственное восполнение запасов подземных вод позволяет увеличить производительность действующих водозаборов, создать их принципиально новые типовые компоновки, обеспечивающие значительное сокращение площадей отчужденных сельскохозяйственных земель, а также принимать рациональные решения при проектировании зон санитарной охраны водозаборов.

**Ключевые слова:** подземные воды, запасы подземных вод, сточные воды, загрязнение, водозабор