

Геоэкология

УДК 504.4.054:622.32(045)

С.А. Красноперова

К ПРОБЛЕМЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЫ ОТ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается проблема загрязнения подземных вод в результате деятельности нефтедобывающей отрасли. Приводится оценка гидрогеологической защищенности подземных вод на территориях нефтяных месторождений по методике В.М. Гольдберга по следующим показателям: литологический состав и мощность слабопроницаемых отложений зоны аэрации, глубина залегания подземных вод, время достижения нефтяного загрязнения уровня грунтовых вод. Выделены категории степени защищенности подземных вод соответствующих лицензионных участков большинства нефтяных месторождений Удмуртской Республики. Выявлено, что основная часть узлов, а именно, нефтепроводы, ГЗУ, УПН располагаются на территориях с 1 и 2 категориями защищенности грунтовых вод, которые являются приоритетными для планирования и проведения природоохранных мероприятий в целях охраны окружающей природной среды и сохранения устойчивости компонентов геосистем.

Ключевые слова: нефть, водоносный горизонт, слабопроницаемые отложения, литологический состав, защищенность подземных вод.

Для цитирования: Красноперова С.А. К проблеме гидрогеологической защищенности подземной гидросферы от нефтяного загрязнения // Управление техносферой: электрон. журнал. 2018. Т.1. Вып. 2. С. 185 – 193. URL: <http://f-ing.udsu.ru/technosphere>

Актуальность. На территории России и за рубежом активно ведется деятельность множества предприятий, связанных с добычей, транспортировкой, переработкой и хранением нефти, в результате чего возникает угроза загрязнения подземных вод «сверху» не только жидкими отходами нефтесодержащих сточных вод, но и дождевыми и талыми водами, образующимися на территории нефтебаз и шламовых амбаров [1].

В настоящее время загрязнение подземной гидросферы является одной из главных геоэкологических проблем и вопросов управления техносферой. В связи с этим оценка степени гидрогеологической защищенности грунтовых вод является необходимым условием при прогнозе характера и масштабов нефтяного

загрязнения, а также своевременного планирования и принятия природоохранных мероприятий при разработке проектов на этапе обустройства нефтяных месторождений.

Загрязнение гидросферы нефтью, нефтепродуктами и отходами нефтяной промышленности относится к числу наиболее массовых и опасных. Нефть и ее производные попадают в водоемы и в грунтовые воды из-за недостаточной очистки сточных вод, в результате аварий на нефтедобывающих предприятиях, а также при хранении промышленных стоков и нефтяных рассолов в хранилищах, обычно устраиваемых в глинистых грунтах, считая их водонепроницаемыми. Однако, как показала практика, за сравнительно короткое время через многометровые толщи глинистого грунта происходит загрязнение экосистем грунтовых вод нефтепродуктами через дно и откосы хранилищ. Поэтому оценка защищенности экосистем подземных вод от загрязнения является весьма актуальной задачей [2, 3].

Нефть и нефтепродукты относятся к наиболее активным загрязнителям природной среды на разных стадиях разведки и эксплуатации месторождений нефти, ее транспортировки и переработки, при использовании нефтепродуктов для различного рода технологических, энергетических целей, в качестве топлива для разных видов транспорта. Высокая подвижность нефти и продуктов ее переработки создает условия для широкого загрязнения почвы, зоны аэрации и грунтовых вод. ПДК для нефти и большинства нефтепродуктов для хозяйственно-питьевых вод колеблется в пределах 0,01-0,3 мг/л. Они мигрируют в состоянии масляной фазы, а также в растворенном, адсорбированном и диспергированном виде. Их растворимость весьма велика, что вызывает загрязнение большого объема подземных вод, причем загрязнение обеспечивается не только органической составляющей нефти, но и ее неорганической частью (сера, азот, металлы, кислоты). Трансформация нефтепродуктов в подземных водах приводит к образованию большого количества канцерогенных веществ. Нефтепродукты удаляются из подземных

вод в результате сорбции глиноземистым материалом, а также вследствие окисления и биохимической деградаци [3].

Под гидрогеологической защищенностью подземных вод принято понимать способность верхней части геологической среды к сохранению состояния подземной гидросферы, определяемую, в первую очередь, перекрытостью водоносного горизонта слабопроницаемыми отложениями, препятствующими проникновению загрязняющих веществ с поверхности земли [4-5].

Методы и объект исследований

Исследования проводились на территории нефтяных месторождений Удмуртии. Грунтовые воды большинства месторождений приурочены к четвертичным аллювиальным, элювиально-делювиальным отложениям. Основным источником питания подземных вод являются атмосферные осадки.

Оценка гидрогеологической защищенности грунтовых вод осуществлялась по методике Гольдберга В.М. [6] (табл. 1). Согласно этой методике степень защищенности грунтовых вод производится по сумме баллов значений следующих показателей:

- глубина залегания уровня грунтовых вод (мощность зоны аэрации);
- строение и литология пород зоны аэрации;
- мощность слабопроницаемых отложений в разрезе зоны аэрации;
- фильтрационные свойства пород зоны аэрации и, прежде всего, слабопроницаемых отложений.

Всего выделяют 6 категорий степени защищенности подземных вод, при этом наименьшей защищенностью характеризуются условия, соответствующие категории I, наибольшей – категории VI.

Результаты исследований

При оценке гидрогеологической защищенности грунтовых вод по методике Гольдберга В.М. [6] одного из месторождений Удмуртской Республики выявлено 6 категорий (табл.).

Таблица

Оценка защищенности грунтовых вод

Морфологический тип рельефа	Глубина залегания подземных вод, м	Слабопроницаемые породы зоны аэрации			Сумма баллов	Категория защищенности
		литология	мощность, м	К _ф , м/сутки		
1	2	4	5	6	8	9
поймы ручьев и рек	0-5	пески глинистые	2,0	0,96	2	I
склоны	до 10	суглинки и глины	5	0,1	10	II
склоны	10-20	глины	15	0,001	14	III
склоны	20-30	глины	20	0,001	19	IV
водораздел	30-40	глины	30	0,001	22	V
водораздел	40-50	глины	40	0,001	30	VI

Приближенная количественная оценка условий защищенности грунтовых вод выполнена по времени достижения загрязнением уровня грунтовых вод, рассчитанному по формуле:

$$t = \frac{nm}{\sqrt[3]{q^2 k}}, \quad (1)$$

где

n – пористость пород зоны аэрации;

m – мощность зоны аэрации, м;

k – коэффициент фильтрации, м/сут;

q – единичный расход, найденный по зависимости:

$$q = Q/F, \quad (2)$$

где

Q – постоянный расход, м³/сут;

F – площадь, м².

Принимая $n = 0,01$, единичный расход (питание грунтовых вод) составляет для рассматриваемых территорий $q = 5 \cdot 10^{-5}$ м³/сут/м², подставляя мощность зоны аэрации из таблицы 1, и, принимая коэффициент фильтрации равным

$k=0,001$ м/сут, получим время вертикальной фильтрации загрязненных вод на различных участках на примере одного из исследованных месторождений:

$$t = \frac{0,01 \cdot 2}{\sqrt[3]{(5 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 0,96}} = 3,4 \text{ суток}$$

$$t = \frac{0,01 \cdot 5}{\sqrt[3]{(5 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 0,1}} = 17,1 \text{ суток}$$

$$t = \frac{0,01 \cdot 15}{\sqrt[3]{(5 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 0,001}} = 150 \text{ суток}$$

$$t = \frac{0,01 \cdot 20}{\sqrt[3]{(5 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 0,001}} = 250 \text{ суток}$$

$$t = \frac{0,01 \cdot 30}{\sqrt[3]{(5 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 0,001}} = 350 \text{ суток}$$

$$t = \frac{0,01 \cdot 40}{\sqrt[3]{(5 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 0,001}} = 400 \text{ суток}$$

Минимальное время фильтрации загрязнения на уровень грунтовых вод составит 3,4 суток, что соответствует I категории защищенности; 17,1 суток – II категория защищенности; 150 суток – III категория защищенности; 250 суток – IV категория защищенности; 350 суток – V категория защищенности; 400 суток – VI категория защищенности.

По результатам анализа выявлены наименее защищенные горизонты грунтовых вод, которые имеют I и II категорию гидрогеологической защищенности (2-5 суток). На данном участке расположены кустовые площадки ГЗУ и локальные нефтепроводы нефтяного месторождения. Слабозащищенные участки, имеющие III и IV категорию защищенности (150-250 суток), относятся к УПН данного месторождения, остальные участки, относящиеся к категории V, VI, являются «условно защищенными». Аналогичный характер расположения кустовых площадок и соответствующих им слабозащищенных водоносных горизонтов наблюдается и у многих других нефтяных месторождений Удмуртии,

что говорит о необходимости уточнения границ зон степени защищенности подземных вод от возможного загрязнения «сверху» [7].

Таким образом, основная часть узлов, а именно, нефтепроводы, ГЗУ располагаются на территориях с 1 и 2 категориями защищенности грунтовых вод. Именно эти территории являются приоритетными для планирования и проведения природоохранных мероприятий.

Для обеспечения минимизации негативного воздействия нефтяного загрязнения водоносных подземных горизонтов при эксплуатации месторождений необходимо произвести:

- экологический мониторинг и контроль за качеством подземных вод в течение всего периода эксплуатации месторождения (контроль включает гидрогеологическое изучение разреза до источников пресных вод и определение границ их распространения, химический состав грунтовых вод);
- очистку производственно-дождевых стоков и пластовой воды перед закачкой в систему заводнения;
- использование коррозионно-стойких компонентов при цементировании, обеспечивающих герметичность и долговечность крепи скважины;
- использование адсорбентов для наименее защищенных участков территории нефтяных месторождений.

Для защиты наименее защищенных участков подземных вод можно создать дополнительные геохимические барьеры просачивания нефти и нефтепродуктов за счет адсорбентов. В качестве альтернативы можно использовать растительные отходы сельхозпроизводства (лузга подсолнечника, шелуха злаков и т.д.), что позволит снизить значительные затраты на их приобретение по сравнению с использованием более дорогостоящих адсорбентов [8].

Таким образом, своевременная оценка гидрогеологической защищенности подземной гидросферы позволяет принять необходимые меры не только по

предотвращению негативного изменения их качества и загрязнения, но и оптимизировать затраты по их восстановлению исходя из соответствующей категории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булатов В.И. Нефть и экология: научные приоритеты в изучении нефтегазового комплекса. Новосибирск: Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий, 2004. 155 с.
2. Техногенное загрязнение природных вод углеводородами и его экологические последствия / отв. ред. В. И. Осипов. М., 2001.
3. Цхадая Н. Д., Голубев Ю. Д., Бердник А. Г. Инженерная экология нефтегазового комплекса: учеб. пособие. Ч. 2. Ухта: УГТУ, 2013. 100 с.
4. Гольдберг В. М. Оценка условий защищенности подземных вод и построение карт защищенности // Гидрогеологические основы охраны подземных вод. М., 1984. С. 171 – 177.
5. Методические подходы к оценке защищенности и уязвимости подземных вод / Шестопалов В.М., Богуславский А.С., Бублясь В.Н., Руденко Ю.Ф. // Современные проблемы изучения и оценки эксплуатационных ресурсов питьевых подземных вод: матер. междунар. науч.-пр. конф. Киев, 2008. С. 54–80.
6. Гольдберг В. М., Глазда С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения М.: Недра, 1984. 266 с.
7. Семакова Т. А., Красноперова С.А. Оценка гидрогеологической защищенности подземных вод на территориях нефтяных месторождений // Городская среда: экологические и социальные аспекты: сб. ст. науч. - практ. конф., Ижевск: Удмуртский университет, 2017. С. 178 – 181.
8. Красноперова С.А. Применение отходов растительных остатков для очистки нефтезагрязненных почв. // Городская среда: Экологические и социальные аспекты: матер. научно-практич. конф. Ижевск, 2017: Издательский центр «Удмуртский университет». С. 280 – 282.

Поступила в редакцию 08.09.2018

Сведения об авторах

Красноперова С.А. – к.б.н., доцент, кафедра геологии нефти и газа,
Удмуртский государственный университет,
426034, ул. Университетская, 1, г. Ижевск, Россия.
E-mail: krasnoперова_sve@mail.ru

S.A. Krasnoперова**TO THE PROBLEM OF HYDROGEOLOGICAL PROTECTION OF UNDERGROUND HYDROSPHERES FROM OIL POLLUTION**

Annotation. The article deals with the problem of groundwater pollution as a result of the activities of the oil industry. The evaluation of hydrogeological protection of groundwater in the territories of oil deposits is given by the method of V.M. Goldberg on the following indicators: lithological composition and thickness of weakly permeable deposits of the aeration zone, the depth of occurrence of groundwater, the time of achievement of oil pollution of the groundwater level. The categories of the degree of protection of underground waters of the corresponding licensed areas of most oil fields in the Udmurt Republic are singled out. It was revealed that the main part of the nodes, namely oil pipelines, GZU, OPF are located in the territories with 1 and 2 categories of groundwater protection, which are priority for planning and carrying out environmental protection measures to protect the natural environment and preserve the stability of geosystem components.

Keywords: oil, aquifer, poorly permeable deposits, lithological composition, groundwater protection.

For citation: Krasnoперова S.A. [To the problem of hydrogeological protection of underground hydrospheres from oil pollution]. *Upravlenie texnosferoj*, 2018, vol. 1, iss.2, pp. 185 – 193 (in Russ.) Available at: <http://f-ing.udsu.ru/technosphere>

REFERENCES

1. Bulatov V.I. [Oil and ecology] in *nauchny`e priority` v izuchenii neftegazovogo kompleksa* Novosibirsk, Yugra: Research Institute of Information Technologies, 2004, 155 p. (in Russ.).
2. *Texnogennoe zagryaznenie prirodny`x vod uglevodorodami i ego e`kologicheskie posledstviya*, V.I. Osipov (ed.), M, 2001 (in Russ.).
3. Czxadaya N.D., Golubev Yu.D., Berdnik A.G. *Inzhenernaya e`kologiya neftegazovogo kompleksa*, ucheb. posobie, Part 2, Ukhta: USTU, 2013, 100 p. (in Russ.).
4. Gol`dberg V.M. [Evaluation of the safety of groundwater and mapping of security] in *Gidrogeologicheskie osnovy` ohrany` podzemny`x vod*, M, 1984, pp. 171 – 177 (in Russ.).
5. Shestopalov V.M., Boguslavskij A.S., Bublyas` V.N., Rudenko Yu.F. [Methodological approaches to assessing the protection and vulnerability of groundwater] in *Sovremenny`e problemy` izucheniya i ocenki e`kspluatacionny`x resursov pit`evy`x podzemny`x vod: mater.*

- mezhdunar. nauch.-pr. konf., Kiev, 2008, pp. 54–80 (in Russ.).
6. Gol'dberg V.M. Glazda S. *Gidrogeologicheskie osnovy` oxrany` podzemny`x vod ot zagryazneniya*, M., Nedra, 1984, 266 p. (in Russ.).
 7. Semakova T.A., Krasnoperova S.A. [Evaluation of hydrogeological protection of groundwater in the territories of oil deposits] in *Gorodskaya sreda: e`kologicheskie i social`ny`e aspekty`*: sb. st. nauch.-prakt. konf., Izhevsk, Udmurt University, 2017, pp. 178 – 181 (in Russ.).
 8. Krasnoperova S.A. [The use of waste residues of plant residues for cleaning oil contaminated soils] in *Gorodskaya sreda: E`kologicheskie i social`ny`e aspekty`*: mater. nauchno-praktich. konf., Izhevsk, 2017, Udmurt University, pp. 280 – 282 (in Russ.).

Received 08.09.2018

About the Authors

Krasnoperova S.A. – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Department of Oil and Gas Geology, Udmurt State University,
426034, University str. 1, Izhevsk, Russia.
E-mail: krasnoperova_sve@mail.ru