

**ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
НЕФТЕПРОДУКТАМИ В ПЕРИОД ОБИЛЬНЫХ ОСАДКОВ**

Н.К. Фишер, В.В. Кулаков

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, ул. Ким Ю Чена, 65, Хабаровск, 680000, Россия. E-mail: fisher@ivep.as.khb.ru

Показаны особенности биогеохимических процессов в подземных водах, загрязненных нефтепродуктами, в районе г. Комсомольск-на-Амуре во время обильных осадков летне-осеннего периода.

**FEATURES OF GROUNDWATER CONTAMINATION BY HYDROCARBONS
DURING HEAVY RAINFALL**

N.K. Fisher, V.V. Kulakov

Institute of Water and Ecological Problems, FEB RAS, Khabarovsk, 680000, Russia. E-mail: fisher@ivep.as.khb.ru

The biogeochemical processes in groundwater near Komsomolsk-on-Amur contaminated by petroleum were studied during heavy rainfall in the summer-autumn period.

Нерациональное использование подземных вод (ПВ) во время бурной индустриализации привело к их интенсивному загрязнению. Это вызвало значительную проблему, так как они являются последним резервом питьевых вод для человечества (ЮНЕСКО, 1985). В настоящее время особенности миграции и трансформации загрязняющих веществ в ПВ, способность ПВ к восстановлению в разных геологических, геокриологических и климатических условиях пока еще слабо изучены. Наиболее распространенным и опасным является загрязнение ПВ нефтью и нефтепродуктами, поскольку это приводит к длительному многокомпонентному загрязнению токсичными веществами (Зекцер, 2001; Bauer et al., 2009; Banwart, Thornton, 2010; Галицкая, Позднякова, 2011).



Рис. 1. Карта-схема участка исследований.

В Хабаровском крае установлено более 70 очагов загрязнения ПВ площадью до 100 км² и более. По количеству участков и объему загрязнения нефтепродукты и их производные являются приоритетными в Хабаровском крае (Караванов, 1996; Архипов, Козлов, 2007; Кулаков, 2011; Государственный доклад..., 2013). Наиболее интенсивное загрязнение геологической среды нефтепродуктами отмечается в районе г. Комсомольск-на-Амуре, в большей степени на северо-западной окраине горо-

да (рис. 1). Содержание нефтепродуктов в отдельных скважинах превышает ПДК в 1000 раз и более, а мощность слоя плавающих на поверхности ПВ линз нефти может достигать 3 м. Источниками загрязнения ПВ являются рекультивированный полигон захоронения промышленных отходов, склад ГСМ, свалка ТБО, илоплощадка. Также здесь проходят трассы нефтепровода и продуктопровода, на которых случались неоднократные аварии с утечками нефтепродуктов. Территория исследования расположена на поверхности надпойменной террасы р. Амур, сложенной аллювиально–пролювиальными отложениями. Для мониторинга загрязнения ПВ с 1998 г. было пробурено 35 скважин. Для определения особенностей загрязнения ПВ нефтепродуктами в период интенсивных осадков выбраны скважины, расположенные ниже по направлению движения ПВ от илоплощадки и места разрыва нефтепровода (скважина 44) и полигона захоронения промышленных отходов, где, в том числе, захоронено более 450 тонн нефтешламов (скважина 45). Скважины находятся в пределах участка, расположенного на расстоянии около 4 км от уреза р. Амур, и характеризуются одинаковыми гидрогеологическими условиями и гидродинамическим режимом, зависящим от колебания уровня воды в реке.

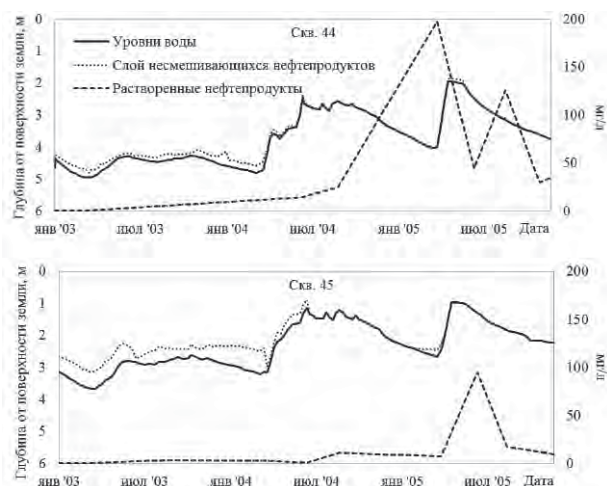


Рис. 2. Колебания уровней подземной воды, несмешивающихся и растворенных нефтепродуктов

растворимые формы был минимальным, а их концентрация в ПВ на участке исследования не превышала 8 мг/л.

Резкий подъем уровня воды р. Амур во время весеннего ледохода, высокий уровень воды реки в летне-осенний период 2004 г. в результате обильных осадков привели к интенсивному подъему уровней ПВ. Подъем уровней ПВ привел к перераспределению линз несмешивающихся нефтепродуктов по площади зеркала ПВ и, как следствие, к значительному сокращению мощности слоя нефтепродуктов, зафиксированному во всех скважинах, а в некоторых – и до полного исчезновения. На участках понижения рельефа уровень ПВ в этот период достигал поверхности земли и отмечался выход нефтепродуктов на поверхность.

В результате значительных колебаний уровней (до 2,3 м) активизировались биогеохимические процессы, что привело к переходу нефтепродуктов в растворенное состояние и резкому увеличению их концентрации, в некоторых скважинах с 10–15 мг/л до 1030 мг/л (рис. 2). Динамика роста концентрации растворенных нефтепродуктов в разных скважинах значительно различалась и определялась удаленностью источника загрязнения, интенсивностью загрязнения, видом нефтепродуктов, и, соответственно, растворимостью, мобильностью и биодоступностью их компонентов. В скважине 44, расположенной ниже места прорыва нефтепровода, резкое увеличение концентрации растворенных нефтепродуктов до 200 мг/л произошло через 6 месяцев после подъема уровня ПВ. Это в большей степени

режимом, зависящим от колебания уровня воды в реке.

В связи с продолжительным периодом маловодных лет с 1998 по 2003 гг. происходило стабильное снижение уровней ПВ. Абсолютный минимум уровней был отмечен в зимний период 2002–2003 гг. (рис. 2). Это способствовало притоку нефтепродуктов из зоны аэрации, в результате чего слой несмешивающихся нефтепродуктов на поверхности ПВ в некоторых скважинах достигал 1,9 м. В результате небольших амплитуд колебаний уровней ПВ и слабоактивных биогеохимических процессов переход нефтепродуктов в

связано с осенним изменением направления движения ПВ в сторону р. Амур и подходом к скважине вод с вышерасположенного участка, где в течение 6 месяцев происходили активные биогеохимические процессы.

Несмотря на значительно бóльшую мощность слоя нефтепродуктов в скважине 45, рост концентрации растворенных нефтепродуктов был менее интенсивным (до 11 мг/л). Это связано с низкой растворимостью отработанных нефтепродуктов, захороненных на полигоне промышленных отходов, а также меньшей их биодоступностью.

На активизацию процессов биотрансформации нефтепродуктов в период интенсивного подъема уровней ПВ, вызванного половодьем в весенне-летний период и выпадением атмосферных осадков, указывает динамика аммонийного азота и растворенных форм железа и марганца. Известно, что в результате анаэробной биотрансформации нефтепродуктов в качестве акцепторов электронов микроорганизмы используют нитраты, окисленные формы железа и марганца, при этом образуются их восстановленные формы – аммоний, растворенные железо и марганец (Kleemann, Meckenstock, 2011; Yeung et al., 2013). Установлено, что наиболее активно микроорганизмы при трансформации нефтепродуктов использовали нитраты в качестве акцептора электронов, при этом происходило образование аммония (рис. 3). Несмотря на снижение уровней ПВ в осенне-зимний период и снижение концентрации нефтепродуктов, биотрансформация нефтепродуктов, сопровождаемая нитратредукцией, оставалась на высоком уровне. Также в качестве акцептора электронов микроорганизмы активно использовали марганец (IV) и в меньшей степени железо (III), образуя их растворимые формы (рис. 3). Наличие процессов биотрансформации нефтепродуктов подтверждается и увеличением гидрокарбонатного иона, что привело к увеличению минерализации. Рост содержания гидрокарбонатов обусловлен поступлением в подземные воды углекислого газа, образующегося при биотрансформа-

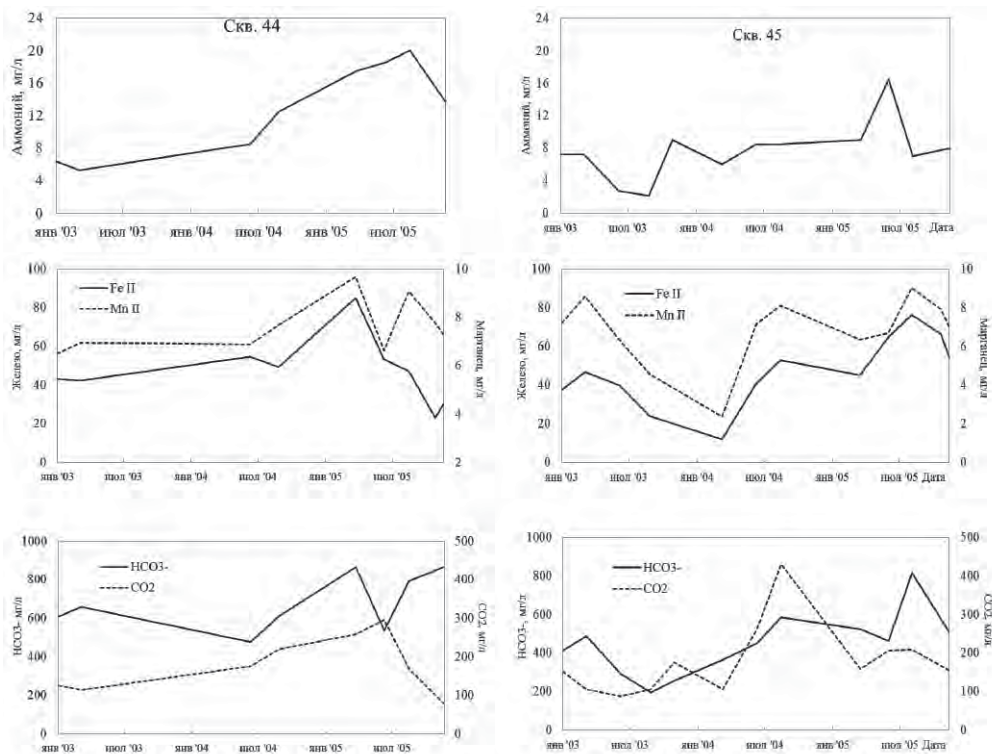


Рис. 3. Изменение химического состава подземных вод.

ции нефтепродуктов. Активные анаэробные процессы биотрансформации нефтепродуктов привели к снижению окислительно-восстановительного потенциала до -200 – -300 mV.

Таким образом, половодье и обильные осадки в весенне-летний период привели к активизации биогеохимических процессов и резкому увеличению концентрации растворенных нефтепродуктов в ПВ. При трансформации нефтепродуктов в данный период в качестве акцепторов электронов микроорганизмы в большей степени использовали нитраты, затем - марганец (IV) и железо (III).

Работа выполнена в рамках проекта Дальневосточного отделения РАН 14-III-B-09-218.

ЛИТЕРАТУРА

- Архипов Б.С., Козлов С.А. 2007.** Загрязнение подземных вод на территории Дальневосточного федерального округа // Разведка и охрана недр. № 7. С. 86–88.
- Галицкая И.В., Позднякова И.А. 2011.** К проблеме загрязнения подземных вод и пород зоны аэрации нефтепродуктами и ПАУ на городских территориях // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. № 4. С. 337–343.
- Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Хабаровского края в 2012 году. 2013.** Хабаровск: ИП Пермяков С.А. 252 с.
- Зекцер И.С. 2001.** Подземные воды как компонент окружающей среды. Москва: Научный мир. 328 с.
- Караванов К.П. 1996.** Распространение и использование подземных вод в Российском Приамурье. Препринт. Хабаровск: ИВЭП ХНЦ ДВО РАН. 96 с.
- Кулаков В.В. 2011.** Геохимия подземных вод Приамурья. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН. 254 с.
- Banwart S.A., Thornton S.F. 2010.** Natural attenuation of hydrocarbon compounds in groundwater // Handbook of hydrocarbon and lipid microbiology. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. P. 2473–2486.
- Bauer R.D., Rolle M., Bauer S., Eberhardt C., Grathwohl P., Kolditz O., Meckenstock R.U., Griebler C. 2009.** Enhanced biodegradation by hydraulic heterogeneities in petroleum hydrocarbon plumes // J. of contaminant hydrology. V. 105, N 1–2. P. 56–68.
- Kleemann R., Meckenstock R.U. 2011.** Anaerobic naphthalene degradation by Gram-positive, iron-reducing bacteria // FEMS Microbiol Ecol. V. 78, N 3. P. 488–496.
- Yeung C.W., Van Stempvoort D.R., Spoelstra J., Bickerton G., Voralek J., Greer C.W. 2013.** Bacterial community evidence for anaerobic degradation of petroleum hydrocarbons in cold climate groundwater // Cold regions science and technology. V. 86. P. 55–68.