

Российская академия наук  
Институт горного дела УрО РАН  
Институт земной коры СО РАН  
Уральский государственный горный университет  
Секция Сибири и Дальнего Востока Научного Совета РАН по проблемам  
геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии  
Международная ассоциация гидрогеологов  
Общероссийская общественная организация Российский союз гидрогеологов

## **ПОДЗЕМНАЯ ГИДРОСФЕРА**

### **МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОГО СОВЕЩАНИЯ ПО ПОДЗЕМНЫМ ВОДАМ ВОСТОКА РОССИИ**

(XXIV Совещание по подземным водам  
Сибири и Дальнего Востока)

Екатеринбург  
2024

**Подземная гидросфера:** материалы Всероссийского совещания по подземным водам Востока России (XXIV Совещание по подземным водам востока Сибири и Дальнего Востока с международным участием), г. Екатеринбург, 21-28 июня 2024 г. / Институт горного дела УрО РАН [отв. ред.: док. геол.-минер. наук С.В. Алексеев, док. геол.-минер. наук Л. С. Рыбникова]. – Екатеринбург: Институт горного дела ИГД УрО РАН, 2024. – 556 с.

В сборнике представлены доклады XXIV совещания по подземным водам востока России. В нем отражены важнейшие результаты работ, выполненных научными, вузовскими и производственными коллективами как в области гидрогеологии, так и в сфере инженерной геологии и геокриологии. Материалы совещания представляют интерес для специалистов-геологов широкого профиля, теоретиков и практиков, а также для аспирантов и студентов.

#### ОРГКОМИТЕТ СОВЕЩАНИЯ

д.э.н. А.В. Душин (председатель)  
д.т.н. И.В. Соколов (председатель)  
д.г.-м.н. С.В. Алексеев  
(сопредседатель,  
ответственный редактор)  
д.г.-м.н. И.В. Абатурова  
д.г.-м.н. Л.П. Алексеева  
д.г.-м.н. Б.В. Боревский  
д.г.-м.н. С.В. Борзенко  
д.г.-м.н. А.Г. Вахромеев  
к.г.-м.н. Н.А. Виноград  
д.г.-м.н. В.Е. Глотов  
д.г.-м.н. О.М. Гуман  
д.г.-м.н. Н.В. Гусева  
к.г.-м.н. Л.В. Замана  
д.г.-м.н. А.В. Кирюхин  
д.г.-м.н. Г.Н. Копылова  
д.т.н. С.В. Корнилков  
д.г.-м.н. В.В. Кулаков

д.г.-м.н. О.Е. Лепокурова  
к.г.-м.н. Н.Г. Максимович  
к.г.-м.н. Д.А. Новиков  
к.г.-м.н. А.Ю. Озёрский  
д.т.н. А.Г. Плавник  
д.г.-м.н. А.М. Плюснин  
д.г.-м.н. С.П. Поздняков  
д.г.-м.н. Л.С. Рыбникова  
(заместитель председателя,  
ответственный редактор)  
чл.-корр. РАН В.Г. Румынин  
к.г.-м.н. А.В. Скалин  
д.т.н. С.Н. Тагильцев  
(заместитель председателя)  
д.г.-м.н. И.А. Тарасенко  
д.г.-м.н. В.В. Шепелев  
д.г.-м.н. Н.А. Харитонова  
д.г.-м.н. А.П. Хаустов  
д.г.-м.н. А.Л. Язвин

Проведение совещания и издание сборника осуществлено при спонсорской помощи И. В. Абатуровой, С. В. Алексеева, Л. П. Алексеевой, С. В. Борзенко, А. Г. Вахромеева, О. М. Гуман, А. В. Душина, Л. В. Замана, Г. Н. Копыловой, О. Н. Овечкиной, А. Ю. Озерского, Н. А. Павловой, В. А. Пеллинина, А. Г. Плавника, А. М. Плюснина, Л. С. Рыбниковой, П. А. Рыбникова, В. Г. Румынина, А. А. Светлакова, А. В. Скалина, И. В. Соколова, В. В. Шепелева, М. Ю. Широкова, А. Л. Язвина.



Водный центр  
Санкт-Петербургского  
государственного университета



Научно-производственное объединение  
УРАЛГЕОЭКОЛОГИЯ



Экомстройпроект  
исследовательские работы



11. Махинов А. Н., Ким В. И., Воронов Б. А. Наводнение в бассейне Амура 2013 года: причины и последствия // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2014. № 2. С. 5–14.
12. Шварцев С.Л. Взаимодействие воды с алюмосиликатными горными породами // Геология и геофизика. 1991. № 12. С. 16-51.
13. Kulakov V.V., Berdnikov N.V. Hydrogeochemical processes in the Tunguska reservoir during in situ treatment of drinking water supplies // Applied Geochemistry 120. 2020. 104683. <http://www.elsevier.com/locate/apgeochem>
14. Kulakov, V.V., Fisher, N.K., Kondratieva, L.M., Grischek, T. Riverbank Filtration as an Alternative to Surface Water Abstraction for Safe Drinking Water Supply to the City of Khabarovsk, Russia // In C. Ray and M. Shamruk (eds.) Riverbank Filtration for Water Security in Desert Countries. Springer Science + Business Media. 2011. T. 103. pp. 281-298.
15. Paufler, S., Grischek, T., Feller, J., Herlitzius, J., Kulakov, V.V. Manganese release linked to carbonate dissolution during the start-up phase of a subsurface iron removal well in Khabarovsk, Russia // Science of the Total Environment. 2019. T. 650. pp.1722-1733.

## ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ОЧИСТКЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ РАСТВОРЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Максимович Н.Г.<sup>1</sup>, Хмурчик В.Т.<sup>1</sup>, Деменев А.Д.<sup>1</sup>, Березина О.А.<sup>1</sup>, Мещерякова О.Ю.<sup>1</sup>  
*ООО «МИП «Геонновация плюс», Пермь, Россия, E-mail: nmax54@gmail.com*

**Аннотация.** Очистка подземных вод от растворенных нефтепродуктов является одной из приоритетных задач при проведении комплекса природоохранных мероприятий. Перспективным направлением ликвидации такого загрязнения является биологическое разрушение. Авторами было разработано специальное устройство, позволяющее создавать наиболее приемлемые условия для жизнедеятельности нефтеокисляющих микроорганизмов за счет дозированной подачи кислорода, а также организован оперативный мониторинг за гидрохимическими параметрами. Непрерывный контроль функционирования системы очистки подземных вод является одним из важнейших инструментов эффективности такого природоохранного мероприятия. Организация подобного мониторинга традиционными методами с пробоотбором и замерами повлечет значительные финансовые затраты, поэтому наиболее целесообразным является ведение мониторинга с использованием специализированных датчиков, приборов телеметрии, онлайн-сервисов для хранения, обработки и визуализации данных.

**Ключевые слова:** *очистка подземных вод, растворенные нефтепродукты, дистанционный мониторинг, природоохранные технологии.*

**Abstract.** Treatment of groundwater from dissolved petroleum products is one of the priority tasks when carrying out a set of environmental measures. A promising direction for eliminating such pollution is biological destruction. The authors have developed a special device that makes it possible to create the most acceptable conditions for the life of oil-oxidizing microorganisms through a dosed supply of oxygen, and organized operational monitoring of hydrochemical parameters. Continuous monitoring of the functioning of the groundwater treatment system is one of the most important tools for the effectiveness of such environmental protection measures. Organizing such monitoring using traditional methods with sampling and measurements will entail significant financial costs, so the most appropriate is to conduct monitoring using specialized sensors, telemetry devices, and online services for storing, processing and visualizing data.

**Key words:** *groundwater treatment, dissolved petroleum products, remote monitoring, environmental technologies.*

Процессы добычи нефти и газа, транспортировки, а также последующей переработки могут оказывать определенное воздействие на компоненты окружающей среды [1]. При этом нештатные ситуации в ряде случаев сопровождаются формированием источников нефтяного загрязнения [2, 3]. Скорость миграции нефтяного загрязнения зависит от природных условий территории и интенсивности поступления

загрязняющих веществ в окружающую среду. Со временем нефть или нефтепродукты достигают подземных вод и быстро мигрируют в растворенном виде с их потоком.

В настоящее время применяется широкий спектр методов, направленных на очистку водных объектов от нефтяного загрязнения, однако проблема распространения растворенных нефтепродуктов в подземных водах остается зачастую нерешенной при применении этих технологий.

Перспективным направлением ликвидации загрязнения подземных вод растворенными нефтепродуктами является их биологическое разрушение. Все вещества биологического происхождения, а к ним относятся нефть и нефтепродукты, могут быть окислены, и в природе всегда найдутся микроорганизмы, способные их расщепить полностью или частично. Биологические методы разрушения углеводов применяют в тех случаях, когда их количество мало, чтобы применять механические методы очистки, но слишком велико, чтобы использовать загрязненные земли и воду в хозяйственных целях.

Научным коллективом осуществляются исследования по очистке подземных водоносных горизонтов с помощью биологических методов, использующих как биостимуляцию природного углеводородокисляющего сообщества микроорганизмов [4], так и биодополнение его активной биомассой автохтонных углеводородокисляющих бактерий [5, 6, 7]. Биодополнение осуществляли путем внесения активной биомассы микроорганизмов в скважину непосредственно, либо с использованием специального устройства [8].

Непрерывный мониторинг функционирования системы очистки подземных вод является одним из важнейших инструментов эффективности разрабатываемого технологического комплекса. Известно, что для начала более эффективной деструкции углеводородных загрязнений необходимо добиться концентраций растворенного кислорода в воде на уровне 5-10 мг/дм<sup>3</sup> [9]. Таким образом, концентрация растворенного кислорода в подземных водах – параметр, позволяющий в оперативном режиме отслеживать результативность функционирования скважинного иньектора.

В рамках проекта было разработано специальное устройство (многоканальный скважинный иньектор), позволяющее создавать наиболее приемлемые условия для жизнедеятельности нефтеокисляющих микроорганизмов за счет дозированной подачи кислорода.

В зависимости от результатов мониторинга может быть принято решение о корректировке обработки водоносного горизонта, замены источника поступления кислорода или ремонте оборудования. В связи с этим принципиальным требованием является обеспечение оперативного мониторинга контролируемых параметров или в режиме реального времени. Организация подобного мониторинга традиционными методами с пробоотбором и замерами повлечет значительные финансовые затраты, поэтому в данном случае наиболее целесообразным является организация мониторинга контролируемых параметров с использованием специализированных датчиков, приборов телеметрии и онлайн-сервисов для хранения, обработки и визуализации данных. В последствии пользователи имеют возможность взаимодействовать с системой через веб-интерфейс (рис. 1). Пользователю сервиса будут доступны оперативные и архивные данные измерений с каждого датчика в абсолютных значениях.

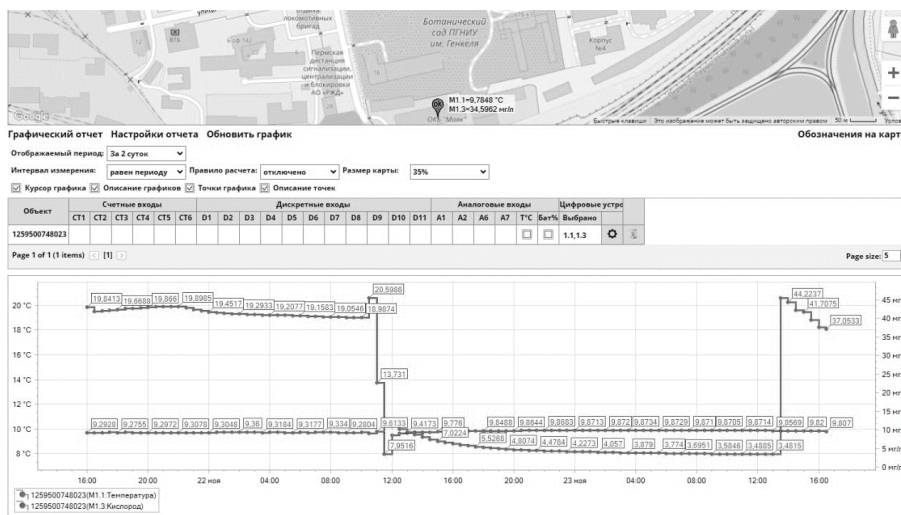


Рис. 1. Веб-интерфейс сервиса сбора данных с автономного датчика (на графике отображено изменение содержания растворенного кислорода в подземных водах)

По результатам полевой апробации многоканального скважинного иньектора можно сделать вывод о том, что разрабатываемые технические средства подтвердили свою эффективность. Процесс насыщения воды кислородом наблюдался на всем протяжении опытных работ, гидрохимические параметры стабильно передавались на сервер по беспроводной связи, в последствии данные анализировались и обрабатывались.

В дальнейшем при реализации предлагаемого метода очистки подземных вод на других объектах рекомендуется проводить подобный мониторинг, однако, с меньшей частотой отбора (например, с передачей данных 2 раза в сутки), устанавливаемой в зависимости от геолого-литологических, гидрогеологических и геоморфологических условий территории.

#### Список литературы

1. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде – М.: Изд-во РУДН, 2004. – 163 с.
2. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 376 с.
3. Фашук Д.Я., Овсиенко С.Н., Леонов А.В. и др. Геоэкологические последствия аварийных разливов нефти // Изв РАН. Сер. геогр. – 2003. – № 5. – С. 135-150.
4. Demenev A., Maksimovich N., Khmurchik V., Rogovskiy G., Rogovskiy A., Baryshnikov A. Field test of *in situ* groundwater treatment applying oxygen diffusion and bioaugmentation methods in an area with sustained total petroleum hydrocarbon (TPH) contaminant flow // Water. 2022. Vol. 14, article 192.
5. Maksimovich N.G., Khmurchik V.T. Remediation of oil-polluted groundwater aquifers at karst region // In: "Engineering geology for society and territory", Vol. 3 "River basins, reservoir sedimentation and water resources" (Lollino G. et al., Eds.) – Springer, 2015 – P. 417-419.
6. Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т. Консорциум штаммов углеводородокисляющих бактерий *Pseudomonas aeruginosa* нд кз-1 и *Pseudomonas fluorescens* нд кз-2 в качестве деструктора нефтепродуктов и способ очистки нефтезагрязненных подземных вод. Патент РФ № 2312719; заявл. 15.02.2006; опубл. 20.12.2007, Бюл. № 35.
7. Максимович Н. Г., Хмурчик В. Т., Мещерякова О. Ю. Опыт очистки подземных вод от нефтяного загрязнения биологическими методами // Промышленная безопасность и экология. – 2009. № 4 (37). – С. 34-36.
8. Максимович Н. Г., Хмурчик В. Т., Мещерякова О. Ю. Опыт очистки подземных вод от нефтяного загрязнения биологическими методами // Промышленная безопасность и экология. – 2009. № 4 (37). – С. 34-36.
9. Yaniga, P.M.; Matson, C.; Demko, D.J. Restoration of water quality in a multi-aquifer system via *in situ* biodegradation of the organic contaminants. In Proceedings of the Fifth National Symposium and Exposition on Aquifer Restoration and Ground Water Monitoring, Worthington, OH, USA, 21–24 May 1985; National Water Well Association: Worthington, OH, USA, 1985. 510p.