

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство научных организаций
Российская академия наук
Дальневосточный федеральный университет
Дальневосточный геологический институт ДВО РАН
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Научный совет по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОДЫ С ГОРНЫМИ ПОРОДАМИ

**Материалы Второй Всероссийской научной конференции
с международным участием**

06 – 11 сентября 2015 г., г. Владивосток, о. Русский, кампус ДВФУ



Владивосток
Дальнаука
2015

УДК 556.3+556.5
ББК

Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: материалы Второй Всероссийской конференции с международным участием, г. Владивосток, 06 – 11 сентября 2015 г./ Дальневосточный федеральный университет, Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Национальный исследовательский Томский политехнический университет и др.; [отв. ред.: д.г.-м.н. Н.А. Харитонов, д.г.-м.н., проф. О.В. Чудаев] – Владивосток: Изд-во Дальнаука. – 629с.

В сборнике представлены доклады участников Второй всероссийской конференции с международным участием «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами», которая прошла в г. Владивостоке 6-11 сентября 2015 г. В докладах отражены результаты исследований по широкому спектру фундаментальных и прикладных проблем геологической и геохимической эволюции системы «вода–порода» как на суше, так и в океане. Кроме того, рассмотрены вопросы геохимии природных вод и их трансформации в условиях техногенных аномалий. Существенное внимание уделено моделированию процессов, происходящих в системе «вода–порода–органическое вещество–газ», термодинамике и кинетике этих процессов. Материалы конференции, в которой приняли участие ведущие российские и зарубежные исследователи, представляют интерес для широкого круга специалистов в области геологии, гидрогеологии, гидрологии, гидрогеохимии, гидробиологии, а также для преподавателей и студентов.

This proceeding contains reports presented by participants from all over Russia as well as international participants in a symposium “The Geological Evolution of the Water-Rock Interaction”, held in Vladivostok city between Sep 6-11th, 2015. These papers present results of the research of a wide spectrum of fundamental and applied issues of geological and geochemical evolution of the water-rock system, both on land and in the ocean. In addition, issues of geochemistry of natural waters and their transformation in anthropogenic conditions are also presented. Significant attention is drawn to modeling of processes occurring in the water-rock-organic substance- gas system, thermodynamics and kinetics of these processes. Proceedings of this conference, where some of the leading Russian and foreign researchers have participated, are of interest to a wide range of experts in the field of geology, hydrogeology, hydrology, hydrogeochemistry, hydrobiology, as well as for academic instructors and students.

Редакционная коллегия:

Ответственные редакторы: д.г.-м.н. Н.А. Харитонов, д.г.-м.н., проф. О.В. Чудаев

Члены редколлегии: д.г.-м.н. С.В. Алексеев, д.т.н. А.Т. Беккер, к.г.-м.н. Л.Г. Бондаренко, к.г.-м.н. И.В. Брагин, д.г.-м.н. М.В. Борисов, д.г.-м.н. А.Ю. Бычков, к.г.-м.н. Л.В. Замана, к.г.-м.н. А.В. Зиньков, д.г.-м.н. А.В. Кирюхин, д.г.-м.н. В.В. Кулаков, д.г.-м.н. В.Б. Курносоев, д.г.-м.н. В.Ю. Лаврушин, д.г.-м.н. А.В. Лехов, к.г.-м.н. Д.А. Новиков, академик В.И.Осипов, д.т.н. В.И. Петухов, д.г.-м.н. А.М. Плюснин, д.г.-м.н. С.П. Поздняков, чл.-корр. РАН В.Г. Румынин, д.х.н. Б.Н. Рыженко, чл.-корр. РАН Е.В. Складов, д.г.-м.н. Ю.А. Таран, д.г.-м.н. И.А. Тарасенко, академик А.И.Ханчук, к.г.-м.н. Г.А. Челноков, д.г.-м.н. С.Л. Шварцев

Проведение совещания и издание данного сборника осуществлено при финансовой поддержке Федерального агентства научных исследований, Российского фонда научных исследований (проект № 15-05-20550\15), а также при помощи спонсоров ООО Промышленно-торговой фирмы «Корпус» и компании «Оксфорд Инструментс Оверсиз Маркетинг Лимитед».

ISBN

© Дальневосточный геологический институт
ДВО РАН, 2015

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В КАРСТОВЫХ РАЙОНАХ В УСЛОВИЯХ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Максимович Н. Г., Мещерякова О. Ю.

Естественнаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета (ЕНИ ПГНИУ), Пермь, Россия, E-mail: nmax54@gmail.com, olgam.psu@gmail.com

АННОТАЦИЯ: В статье рассмотрены основные гидрохимические характеристики подземных вод в нефтезагрязненном карстовом районе, что позволило понять причину загрязнения массива и водоема, а также разработать эффективные методы по ликвидации загрязнения.

1. ВВЕДЕНИЕ

Разработка месторождений нефти и ее дальнейшая переработка неизбежно сопровождаются техногенной миграцией нефтепродуктов в гидросфере и наносят существенный ущерб окружающей среде. Эта проблема особенно актуальна для Пермского края с развитой нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленностью, на значительной части территории которого выходят на поверхность или залегают неглубоко от нее карстующиеся породы. Циркуляция подземных вод в карстовых массивах имеет специфические особенности, что отражается на механизме распространения нефтяного загрязнения.

В Пермском крае насчитывается около 320 месторождений нефти площадью около 3 тыс. км². Треть всех месторождений площадью 1,3 тыс. км² расположена в карстовых районах.

Районы развития карста имеют ряд гидрогеологических и гидрохимических особенностей, которые создают особые условия для распространения нефтяного загрязнения и которые необходимо учитывать при его исследовании [1].

Высокую степень опасности представляют районы развития карста, приуроченные к речным долинам, поскольку данные массивы являются хорошими коллекторами в случае утечки и разливов нефтепродуктов, а впоследствии выступают вторичным источником загрязнения гидросферы.

2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наиболее остро проблема загрязнения гидросферы стоит на Полазненском месторождении нефти, расположенном в районе развития сульфатного карста на берегу Камского водохранилища – основного источника водоснабжения Пермского края [1]. Исследования проводились на участке протяженностью 1,2 км (рис. 3).

Проведенными исследованиями установлено, что причина загрязнения водохранилища — разгрузка нефтепродуктов из техногенной линзы

нефти на поверхности трещинно-карстовых вод. В настоящее время по внешним признакам поступления свежей нефти в линзу не зафиксированы. По составу нефть линзы близка к нефти яснополянской залежи, однако окисленная, утратившая бензиновые фракции и высокомолекулярные парафиновые углеводороды (табл. 1).

По результатам проведенного в 2002-2011 годах гидрогеохимического опробования территории установлено, что подземные воды имеют сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевый состав. Минерализация вод изменяется от 1,81 до 4,63 г/дм³. Водородный показатель имеет значение 6,39-7,92. Содержание макрокомпонентов изменяется в пределах (мг/дм³): SO₄²⁻ – 612,4-1790,8; HCO₃⁻ – 170,8-1281,4; Cl⁻ – 8,5-516,2; Ca²⁺ – 360,7-781,6; Mg²⁺ – 9,1-273,4; Na⁺+K⁺ – 5,1-685,4. Содержание Fe²⁺ составляет не более 30,72 мг/дм³, а Fe³⁺ – не более 11,17 мг/дм³. Концентрация соединений азота лежит в пределах (мг/дм³): NO₃⁻ – 0,1-114,0; NO₂⁻ – 0,02-2,9; NH₄⁺ – 0,3-168,0. Преобладающим среди катионов является кальций, а доминирующими анионами являются сульфаты.

На основании данных химического анализа проб подземных вод необходимо было выяснить, существует ли поступление свежей нефти в настоящее время. Для этого была вычислена корреляционная зависимость между основными химическими компонентами воды. Методика корреляционных связей позволила произвести качественную оценку взаимосвязи между признаками. Наблюдается весьма тесная связь между ионами Ca²⁺ и HCO₃⁻, а также Ca²⁺ и SO₄²⁻; коэффициенты корреляции равны соответственно (0,63) и (0,80), что обусловлено, прежде всего, наличием карбонатных и сульфатных пород, слагающих массив. Тесная связь обнаружена и между ионами Na⁺+K⁺ и Cl⁻, коэффициент корреляции равен (0,62).

Особенностью изучаемых подземных вод является повышенное содержание ионов Fe²⁺ и

Таблица 1. Результаты анализа физико-химических свойств нефтей из линзы

Содержание воды (по ГОСТ 2477-65), %	отсутств.
Плотность нефти при 20°C (по ГОСТ 3900-85), г/см ³	0,8497
Содержание асфальтенов, %	0,12
Содержание смол силикагелевых, %	8,46
Массовая доля парафина (по ГОСТ 11851-85), %	2,16
Температура плавления парафина, °С	47
Фракционный состав:	
начало кипения, °С	65
до 100°C, % об.	6,0
до 150°C, % об.	20,0
до 200°C, % об.	32,0
до 250°C, % об.	41,0
до 300°C, % об.	59,0

NO₂⁻ с высоким коэффициентом корреляции между ними – (0,92), что свидетельствует об активной микробиологической деятельности. В обычных условиях эти показатели либо отсутствуют, либо имеют крайне низкие значения, а наиболее характерным является присутствие ионов Fe³⁺ и NO₃⁻. При наличии органики происходит восстановление ионов Fe³⁺ до ионов Fe²⁺, а NO₃⁻ до NO₂⁻.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По данным химического анализа были построены графики зависимости содержания макрокомпонентов от минерализации (рис. 1, 2). По графическим данным видно, что наблюдается линейная зависимость с минерализацией следующих компонентов: SO₄²⁻, HCO₃⁻, Ca²⁺, Na⁺+K⁺. Такие воды являются типичными для сульфатно-карбонатных закарстованных массивов.

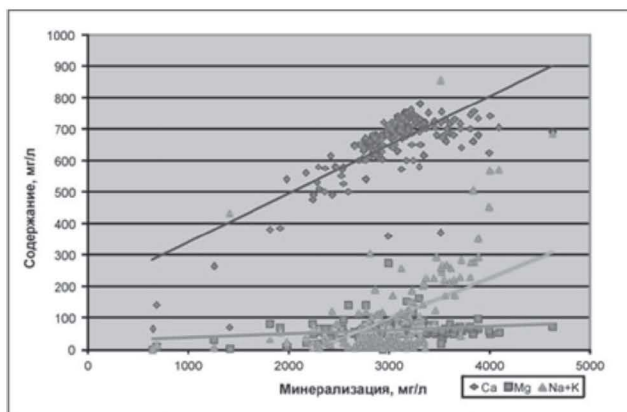


Рис. 1. Зависимость содержания катионов от минерализации.

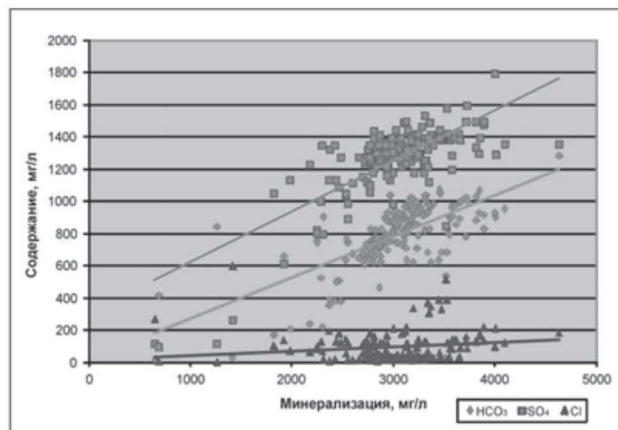


Рис. 2. Зависимость содержания анионов от минерализации.

По составу воды не имеют признаков смешения с более глубокими водоносными горизонтами. Таким образом, можно говорить об отсутствии перетоков вод и, соответственно, нефтепродуктов.

Результаты терморезистивометрических и гидрохимических исследований позволили оконтурить места сосредоточенной разгрузки подземных вод, содержащих нефтепродукты. Было выделено три зоны с повышенным содержанием минерализации (до 3,45 г/л) и нефтепродуктов (до 13,2 мг/л) (рис. 3).

В период межени наблюдается разгрузка подземных вод в водохранилище в виде родников прозрачной опалесцирующей жидкости (а не нефти) с сильным запахом углеводородов. После смешивания с поверхностными водами происходит выпадение темных нефтепродуктов, представляющих собой иловый осадок, результаты анализа физико-химических свойств которого представлены в таблице 2.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Загрязнение подземных вод происходит, главным образом, за счет выноса растворенных нефтепродуктов при фильтрации через линзу дождевых и талых вод. Уменьшение мощности линзы существенно уменьшит вынос нефтепродуктов за счет уменьшения пути фильтрации воды через нефть. Усилится поступление кислорода, необходимого для химического и биологического окисления нефти. В связи с этим была разработана, опробована и запатентована специальная установка [4] для откачки нефти через существующие наблюдательные скважины, а также для очистки подземных вод ниже водонефтяного контакта разработан и запатентован микробиологический

метод. Для этого выделен консорциум аборигенных активизированных микроорганизмов, отобранных из подземных вод месторождения [3]. Патентовано также устройство для контроля процессов очистки вод от нефтепродуктов [2]. Предложенные методы успешно прошли опытно-промышленные испытания.

Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания № 2014/153 № 269 в сфере научной деятельности.

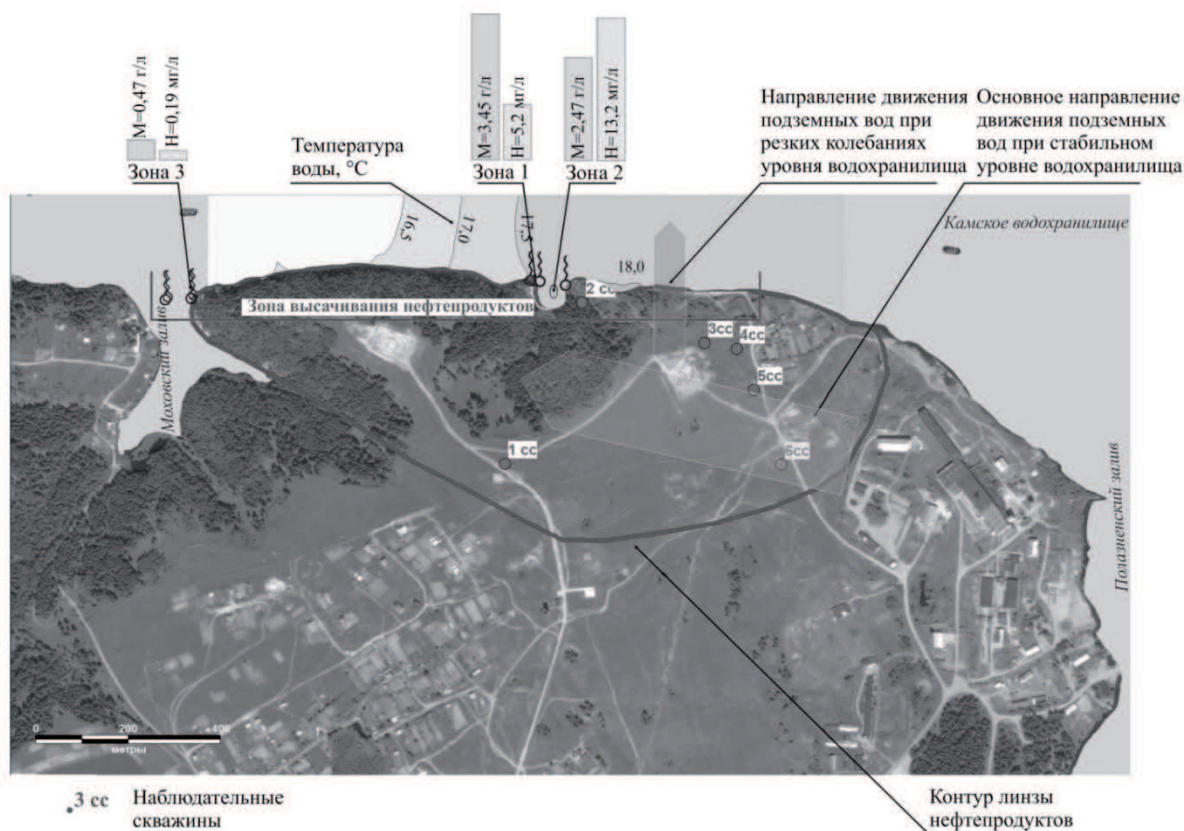


Рис. 3. Схема нефтяного загрязнения закарстованного массива.

Таблица 2. Результаты анализа физико-химических свойств илового осадка *

Наименование параметра	Значение параметра ± погрешность определений
Содержание воды (по ГОСТ 2477-65), %	60,8 ± 2,1
Содержание хлороформенного битумоида в иловом осадке, масс. %	3,469
Содержание хлороформенного битумоида в высушенном осадке, масс. %	8,849
Содержание метаново-нафтеновых и ароматических углеводородов, масс. %	56,51
Содержание легких смол, масс. %	25,73
Содержание тяжелых смол, масс. %	16,04
Содержание асфальтенов, масс. %	1,72

Примечание – анализы проведены лабораторией геохимии пород и флюидов ОАО «КамНИИКИГС», апрель, 2011 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Максимович Н. Г., Мецзякова О. Ю.* Методы борьбы с нефтяным загрязнением на закарстованных берегах водохранилищ // *Экология урбанизированных территорий*. 2009. № 4. С. 55-58.
2. *Максимович Н. Г., Хмурчик В. Т.* Пробоотборник / Патент на полезную модель № 54398 РФ МПК E21B 49/08; заявитель и патентообладатель ФГНУ «Естественнонаучный институт». № 2005139519/22; заявл. 16.12.05; опубл. 27.06.06, Бюл. «Изобретения. Полезные модели». № 18 (III ч.). С. 869-870.
3. *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 на изобретение № 2312719 РФ МПК В 09 С 1/10, С 12 N 1/26; заявитель и патентообладатель ООО «Лукойл-Пермь». №2006104797/13; заявл. 15.02.2006; опубл. 20.12. 2007. Бюл. «Изобретения. Полезные модели». № 35.
4. *Попов Л. Н., Максимович Н. Г.* Установка для откачки нефтесодержащей жидкости из скважины / Патент на полезную модель № 81522 РФ; заявитель и патентообладатель ГОУВПО «Пермский государственный университет». № 2008139538; заявл. 07.10.2008; опубл. 20.03.2009.