

## ПРОБЛЕМА УДАЛЕНИЯ ЖИДКИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ В ГЛУБОКИЕ ВОДОНОСНЫЕ ГОРИЗОНТЫ

© 2018 г. Р. Ф. Абдрахманов

**Реферат.** В статье анализируется опыт утилизации жидких промышленных отходов в глубокие водоносные горизонты в геолого-гидрогеологических условиях Башкортостана. Удаление промышленных сточных вод производится, как правило, в глубокие горизонты зоны полного водонасыщения седиментационных бассейнов, которая в естественных условиях характеризуется весьма затрудненным гидрогеодинамическим режимом. Ведущим гидрогеодинамическим процессом является вертикальная миграция вод, затухающая с глубиной, но охватывающая (в различной степени) все гидрогеологические комплексы: от земной поверхности до зоны весьма затрудненного водообмена включительно. Среди карбонатных карстогенных коллекторов наибольший интерес как возможный объект удаления жидких промышленных стоков представляет верхнедевонско-турнейский комплекс. Особую опасность в геоэкологическом отношении представляют полигоны («Кама-1», «Кама-2») утилизации стоков, создаваемые с помощью подземных ядерных взрывов в скважинах. В известных случаях при удалении в недра больших объемов жидкости под высоким давлением возможны гидроразрыв пластов и даже техногенные землетрясения. Опыт нагнетания больших объемов стоков (10000 м<sup>3</sup>/сут) и длительное время закачек (до 20 лет) в районах нефтяных месторождений Башкирского Предуралья свидетельствует о том, что в литологически выдержанных и проницаемых пластах гидрогеодинамическое влияние распространяется на расстояние до 20 км. Решение проблемы охраны гидросферы от загрязнения заключается в сокращении объема жидких отходов и уменьшении содержания в них загрязняющих веществ, внедрении более эффективных методов очистки и пр., то есть в совершенствовании самих технологических процессов.

**Ключевые слова:** жидкие промышленные стоки, утилизация, подземное захоронение отходов, глубокие горизонты, седиментационные бассейны, подземные ядерные взрывы

## THE PROBLEM OF REMOVAL OF LIQUID INDUSTRIAL EFFLUENTS IN DEEP AQUIFERS

R. F. Abdrakhmanov

**Abstract.** The article analyzes the experience of utilization of liquid industrial wastes into deep aquifers in geological and hydrogeological conditions of Bashkortostan. Industrial effluents are usually removed to the deep horizons of the zone of full water saturation of sedimentation basins, which in natural conditions is characterized by very difficult hydrogeodynamic regime. The leading hydrogeodynamic process is the vertical migration of water, damped with depth, but covering (to varying degrees) all hydrogeological complexes: from the earth's surface to the zone of very difficult water exchange inclusive. Among the carbonate karstogenic reservoirs, the Upper Devonian-Tournaisian complex is of the greatest interest as a possible object for the removal of liquid industrial effluents. A particular geoecological danger represent wastewater disposal polygons («Kama-1» and «Kama-2») generated by underground nuclear explosions in boreholes. In certain cases, when large volumes of liquid are removed into the Earth's interior under high pressure, hydraulic fracturing and even man-made earthquakes are possible. The experience of injection of large volume of effluents (10000 m<sup>3</sup>/day) and long time of injection (up to 20 years) in the areas of oil fields of the Bashkir Cis-Ural region suggests that in lithologically aged and permeable layers hydrogeodynamic effect extends to a distance of 20 km. The solution to the problem of protecting the hydrosphere from pollution consists in reducing the volume of liquid waste and reducing the content of pollutants in them, the introduction of more effective methods of cleaning, etc., that is, to improve the technological processes themselves.

**Keywords:** liquid industrial effluents, underground waste disposal, deep aquifers, sedimentary basins, underground nuclear explosions

**Для цитирования:** Абдрахманов Р.Ф. Проблема удаления жидких промышленных стоков в глубокие водоносные горизонты // Геологический вестник. 2019. № 1. С. 159–165. DOI: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-1-13>.

**For citation:** Abdrakhmanov R.F. The problem of removal of liquid industrial effluents in deep aquifers // Geologicheskii vestnik. 2019. No. 1. P. 159–165. DOI: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-1-13>.

## Введение

Удаление промышленных сточных вод в недра вызвано ростом промышленного производства, объем которого в экономически развитых странах резко вырос во второй половине прошедшего столетия. Именно в этот период в Башкортостане, благодаря богатым природным ресурсам, были введены в действие крупные нефтегазодобывающие, нефтеперерабатывающие, нефтехимические и химические комплексы. Не случайно, что большинство этих водоемких, не совершенных в технологическом отношении производств тяготеет к долине основной водной артерии Республики — р. Белой. Отсутствие в производственных циклах указанных комплексов систем безотходных технологий или глубокой очистки стоков обусловило сброс в р. Белую больших количеств жидких промышленных отходов и, как следствие, сильное загрязнение речной воды и периодическое ухудшение качества воды ряда крупных хозяйственно-питьевых водозаборов грунтово-инфильтрационного типа, снабжающих водой более половины населения Республики.

Принятые меры по снижению водопотребления в промышленности и очистке сточных вод привели к некоторому улучшению экологической обстановки в бассейне р. Белой, однако и до настоящего времени она остается неудовлетворительной. Поэтому на так называемый метод подземного захоронения промышленных сточных вод, позволяющий сократить их сброс в поверхностные водооток и водоемы, возлагаются большие геоэкологические надежды.

Обоснованию этого метода, особенностям его использования в различных геолого-гидрогеологических условиях посвящены многочисленные публикации гидрогеологов, гидрогеохимиков и других специалистов, занимающихся вопросами охраны и использования геологической среды [Гидрогеологические..., 1972, 1976, 1993; Гаев и др., 1986; Brown et al., 1997; Mavropoulos et al., 2004]. Впервые он был использован в США для удаления нефтепромысловых рассолов. К середине 90-х годов в странах СНГ эксплуатировалось около 20 полигонов захоронения промышленных стоков, в том числе радиоактивных. Однако, несмотря на довольно длительную историю проведения работ в этой области, еще целый ряд вопросов, касающихся особенностей формирования глубоких частей подземной гидросферы, их гидрогеодинамического и гидрогеохимического режима, выяснен

недостаточно. Считается, что при решении вопроса о возможности захоронения жидких отходов в земных недрах необходимо соблюдение следующих основных требований: 1) геолого-гидрогеологические условия района захоронения должны обеспечивать надежную и контролируруемую изолированность стоков в поглощающих коллекторах; 2) последние не должны заключать вод, которые представляют интерес для хозяйственно-питьевых, лечебных или промышленных (как гидроминеральное сырье) целей [Гидрогеологические..., 1993]. Высокие концентрации брома, иногда и иода, в этих рассолах позволяют отнести их к категории иодо-бромных лечебных и промышленных вод. Пример отрицательного влияния закачки сточных вод прослеживается на примере Стерлитамакского месторождения минеральных вод (санаторий «Белая береза»). Эксплуатация скважины 1/85, пробуренной с целью получения бромных рассолов на глубине 2000–2200 м, была прекращена из-за появления в зоне развития этих рассолов очагов загрязнения отходами, предположительно полигонов утилизации стоков, созданных ядерными взрывами «Кама-1» и «Кама-2» [Абдрахманов, Попов, 1999].

Подчеркивается, что нагнетание сточных вод в глубокие горизонты является мерой вынужденной и временной, что этот способ предназначен для утилизации сравнительно небольших объемов<sup>1</sup> (до 100 м<sup>3</sup>/сут) особо вредных стоков, не поддающихся обезвреживанию другими способами.

Опыт нагнетания больших объемов стоков (в случае «Кама-2» — стоки Стерлитамакского СЦК, они относятся к очень большим — более 10000 м<sup>3</sup>/сут) и длительное время закачек (до 20 лет) в районах нефтяных месторождений Башкирского Предуралья свидетельствуют о том, что в литологически выдержанных и проницаемых пластах гидрогеодинамическое влияние распространяется на расстояние до 20 км. На Туймазинском нефтяном и других месторождениях установлены восходящие перетоки при закачке стоков из одного пласта терригенного девона в другой через толщу аргиллитов (мощностью 10–15 м) до 130 л/с в пределах нефтяного месторождения [Максимов, 1959].

При этом вредные вещества, содержащиеся в промышленных стоках, после их закачки в недра должны быть нейтрализованы (переведены

<sup>1</sup> Классификация объемов стоков, удаляемых в глубокие подземные горизонты, следующая (м<sup>3</sup>/сут): малые — до 100, средние — от 100 до 1000, большие — от 1000 до 10000, очень большие — более 10000.

в нерастворимое состояние — осадок или сорбированы) в результате взаимодействия с горными породами и пластовыми водами.

Удаление промышленных сточных вод производится, как правило, в глубокие горизонты зоны полного водонасыщения седиментационных бассейнов, которая в естественных условиях характеризуется весьма затрудненным гидрогеодинамическим режимом [Попов, 1985; Абдрахманов и др., 2002]. Все пустоты (поры, трещины и каверны) в горных породах этой зоны, за редким исключением (локальные нефтегазовые месторождения), заполнены водой. Поэтому в условиях отсутствия в породах «свободного» пространства поглощение ими избыточного количества жидкости может обеспечиваться благодаря: 1) упругим свойствам воды, насыщающей коллектор, и в меньшей степени — упругим свойствам пород самого коллектора и 2) оттеснения закачиваемыми стоками пластовой воды от околоствольного пространства нагнетательных скважин, возбуждения или интенсификации латеральных и вертикальных потоков к естественным областям или искусственным очагам разгрузки. Очевидно, что длительное воздействие на пласт значительных количеств нагнетаемых стоков неизбежно должно привести к снижению его приемистости, смене режима свободного налива нагнетанием под избыточным давлением, росту пластовых давлений (напоров), напорных градиентов и скоростей движения флюидов, интенсификации вертикальных (преимущественно восходящих) перетоков между гидрогеологическими комплексами, залегающими в различных частях осадочного разреза, изменению скоростей и направленности гидрогеохимических процессов в системе вода — порода — газ — ОВ. В известных случаях при удалении в недра больших объемов жидкости под высоким давлением возможны гидроразрыв пластов и даже техногенные землетрясения (нефтедобывающие районы Татарстана).

Необходимо подчеркнуть, что удаление жидких отходов в недра представляет собой весьма сложную, слабоизученную проблему вследствие неполноты наших знаний о процессах, происходящих в глубоких частях чехла осадочных бассейнов. Учитывая это, исследования для обоснования подземного захоронения промышленных стоков помимо анализа общей геолого-гидрогеологической информации должны включать: определение в естественных и лабораторных условиях емкостных и геофильтрационных параметров коллекторов и водоупоров; расчет забойного и пластового дав-

ления и их изменения во времени; изучение характера движения и разгрузки пластовых вод и условий взаимосвязи водоносных горизонтов; проведение опытно-миграционных работ для создания прогнозных моделей распространения отходов в недрах при заданных объемах отходов и режиме их захоронения; анализ условий взаимодействия удаляемых отходов с пластовыми водами и вмещающими породами с использованием физико-химического, графо-аналитического, термодинамического и математического моделирования. При этом особое внимание необходимо уделять наличию в районе предполагаемого полигона захоронения глубоких скважин, нарушающих сплошность водоупоров осадочного чехла, и их техническому состоянию. В процессе эксплуатации полигона захоронения требуется: проведение гидрогеоэкологического мониторинга, включающего наблюдения не только за количеством и составом удаляемых стоков, но и за их распространением в горизонте, составом вод поглощающего и вышележащих буферных горизонтов, их гидрогеодинамическими показателями, качественным состоянием пресных подземных вод и пр.

### **Объекты, материалы и результаты исследований**

В Башкирском Предуралье при изысканиях и эксплуатации полигонов удаления промышленных стоков в поглощающие горизонты выполнен явно недостаточный объем названных исследований. Поглощающие горизонты здесь приурочены к карбонатным и терригенным комплексам девона и карбона, залегающим в нижнем гидрогеологическом этаже Волго-Камского бассейна. Среди карбонатных карстогенных коллекторов наибольший интерес как возможный объект удаления жидких промышленных стоков представляет верхнедевонско-турнейский комплекс. Кровля его залегает на глубине 1000–1700 м, мощность в среднем 400–500 м. Пьезометрические уровни устанавливаются на отметках 5–35 м. Фильтрационные свойства слагающих комплекс карбонатных пород сильно изменчивы: пористость их от 1–3 до 22%, проницаемость 10–20, иногда до 300 мД и более. Поглощающая способность отдельных скважин (Шакшинская, Туймазинская площади) в сильно закарстованных зонах в начальный период испытаний достигает 1400–2000 м<sup>3</sup>/сут. Обычно же водопритоки в скважины не превышают 30–40 м<sup>3</sup>/сут. Минерализация вод изменяется от 160 до 300 г/л,

состав их азотно-метановый хлоридный натриево-кальциевый.

Основные выводы по динамике глубокозалегающих подземных вод Башкирской части Волго-Камского артезианского бассейна сводятся к следующему [Попов, 1985; Абдрахманов, Попов, 1999]. Гидрогеодинамическая структура нижнекаменноугольных и девонских комплексов нижнего этажа бассейна, имеющего слоисто-блоковый характер анизотропности геофильтрационной среды, определяется совокупностью местных (внутриструктурных) областей питания и дренажа. Первыми из них являются положительные морфотектонические элементы (сводовые поднятия, возвышенности, водоразделы), а вторыми — отрицательные (депрессии, низменности, долины рек). Судя по конфигурации пьезометрических поверхностей вод нижнего карбона и среднего — верхнего девона (глубина 1200–2000 м), области питания их находятся на Буйско-Таныпском и Икско-Демском междуречьях, соответствующих склонам Пермско-Башкирского и Татарского сводов, а областью разгрузки служит долина р. Белой в ее нижнем течении, тектонически отвечающая Бирской депрессии и примыкающему моноклиналильному склону платформы.

Ведущим гидрогеодинамическим процессом является вертикальная миграция вод, затухающая с глубиной, но охватывающая (в различной степени) все гидрогеологические комплексы: от земной поверхности до зоны весьма затрудненного водообмена включительно. Латеральный массоперенос в глубоких горизонтах не носит регионального характера, осуществляется локально по наиболее выдержанным и проницаемым пластам, имеющим связь с местными областями питания и дренажа путем вертикальных перетоков. Показателями последних служат газогидрогеохимические (в том числе гелиевые) и гидрогеотермические аномалии, гидрогенное минералообразование, этажное расположение залежей и проявлений углеводородов, их физико-химические свойства и пр.

В свете этих данных следует считать, что утвердившиеся взгляды на глинистые пласты карбона и девона, а также карбонатно-галогенную толщу кунгура мощностью до 100–350 м как на абсолютные региональные флюидоупоры не отвечают действительности: через них при соответствующих литолого-фациальных и геотектонических условиях, высоких вертикальных градиентах напора (до 0.3 и более) возможна как восходящая, так и нисходящая миграция флюидов. Известное

гидрогеодинамическое значение в глубоких горизонтах приобрел техногенный фактор (разработка нефтегазовых месторождений, утилизация жидких отходов и пр.).

В Башкортостане, как и в других регионах Волго-Уральской области, подземное захоронение стоков начало применяться с середины 50-х годов прошлого века как сброс попутно добываемых с нефтью промысловых рассолов в продуктивные горизонты палеозоя (Туймазинское, Шкаповское, Сергеевское, Арланское, Краснохолмское и другие месторождения).

Использование промысловых рассолов для законтурного и внутриконтурного заводнения нефтяных залежей следует считать вполне приемлемым, тем более что этот способ давно применялся в практике разработки нефтяных месторождений. К сожалению, в силу целого ряда причин, связанных с техническим состоянием фонда различных скважин, трубопроводных систем и др., на многих нефтяных месторождениях произошло загрязнение неглубокозалегающих пресных подземных вод.

Позднее, в конце 60-х — начале 70-х гг., в глубокие горизонты стали удаляться также и стоки некоторых химических, нефтехимических и других предприятий. Менее двух лет продолжалась закачка промышленных стоков Уфимского НПЗ на глубину 1355–1720 м в карбонатные отложения верхнего девона — нижнего карбона. В связи с ростом рабочего давления и снижением приемистости скважины ее эксплуатация была прекращена. С начала 70-х годов проводилась закачка дистиллерной жидкости Стерлитамакского ОАО «Сода» (хлоркальциевый рассол с М 130 г/л) в продуктивные терригенные породы девона и намюрские карбонаты на Шкаповском месторождении Татарского свода. Объем стоков 30–50 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Вскоре после начала нагнетания в районе КНС-6 из верхнепермских отложений появились сильно соленые источники хлоркальциевого типа, свидетельствующие о проникновении промышленных стоков в приповерхностную зону по затрубному пространству нагнетательных скважин. В середине 70-х годов проводилась закачка стоков установки по производству мазута Кармановской ГРЭС в терригенные отложения нижнего карбона (1200–1300 м) на Краснохолмском месторождении, расположенном в зоне сочленения Пермско-Башкирского свода и Верхнекамской впадины.

Во всех этих случаях какие-либо специальные исследования на месторождениях не проводились, поэтому трудно сказать, как далеко в поглощающих

коллекторах продвинулся фронт загрязненных вод. В подобных условиях трудно предугадать все последствия подобных мероприятий и идентифицировать загрязнение подземных вод. При столь больших объемах стоков и длительном периоде работы нагнетательных скважин загрязняющие вещества могут быть обнаружены спустя неопределенно продолжительное время на большом расстоянии от скважин в областях разгрузки естественного или искусственного происхождения.

Особую опасность в геоэкологическом отношении представляют полигоны утилизации стоков, создаваемые с помощью подземных ядерных взрывов в скважинах. Они вызывают образование и раскрытие трещин в горных породах, которые могут явиться каналами миграции загрязняющих веществ как по латерали, так и в вышележащие горизонты и в конечном итоге в приповерхностную зону. В подобных условиях действительные скорости продвижения фронта загрязненных вод будут сильно отличаться от расчетных.

В Башкирском Предуралье в бассейнах рек Уршак – Белая к середине 90-х годов было проведено семь подземных ядерных взрывов: два для захоронения стоков завода «Салаватнефтеоргсинтез» («Кама-1») и Стерлитамакского СЦК («Кама-2»), пять для увеличения нефтеотдачи пластов. В 1965 г. в СССР были проведены **два первых (в мирных целях) камуфлетных<sup>1</sup> взрыва** — для интенсификации притока нефти на Грачевском нефтяном месторождении Башкортостана (близ Мелеуза) [Емельянов, 1997]. Объектом для закачки промышленных стоков выбран визейско-башкирский карбонатный комплекс, залегающий на глубине более 2 км и экранированный глинистыми породами. В ноябре 1974 г. во время бурения прокольной скважины на полигоне «Кама-1» произошел аварийный выброс пароводяной смеси, вызвавший радиоактивное загрязнение местности [Абдрахманов, 1993]. Замеры радиационного фона в 1991 г. в районе скважины показали несколько тысяч мкр/ч, в закрытой зоне — 180–250 мкр/ч, в районе насосной станции — 55 мкр/ч. В настоящее время максимальная мощность радиационного фона достигает 250 мкр/ч.

Все вышеизложенное приводит к следующим выводам. Удаление промышленных стоков в глубокозалегающие закарстованные породы не должно

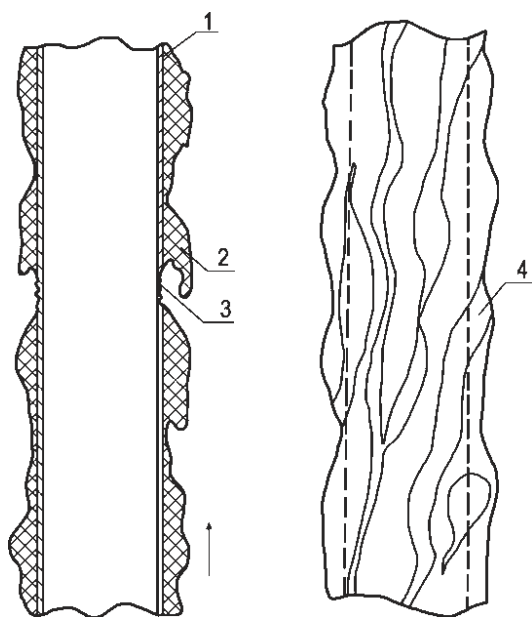
рассматриваться обособленно в отрыве от общей проблемы техногенного воздействия на подземную гидросферу. В условиях постоянно растущей обводненности нефтяной продукции в Башкортостане (на ряде месторождений она достигает 98%) извлекаемые вместе с нефтью рассолы необходимо с соблюдением всех природоохранных мероприятий возвращать в нефтеносные горизонты для поддержания в них пластового давления и повышения нефтеотдачи.

При этом особое внимание должно быть уделено техническому состоянию глубоких скважин (нагнетательных, разведочных, эксплуатационных и др.), которые могут явиться путями проникновения рассолов в горизонты пресных вод. Ситуация сильно осложняется тем, что через 10–20 лет после начала эксплуатации вследствие коррозии обсадных колонн и разрушения цементного камня практически все скважины приходят в аварийное состояние и не подлежат восстановлению.

Анализ гидрогеологических материалов по артезианским бассейнам, в том числе и по Волго-Камскому, свидетельствует о том, что областями дренажа глубоких водоносных горизонтов являются крупные речные долины, заложенные, как правило, вдоль линий тектонических нарушений. Поэтому нетрудно предугадать эффект в случае, если глубинные рассолы вместе с нагнетаемыми жидкими отходами промышленных предприятий и радиоактивного распада (или те и другие) устремятся вверх под долиной р. Белой, где расположены практически все крупные хозяйственно-питьевые водозаборы [Абдрахманов, 2005].

Разрушение тампонажного материала в заполненном пространстве, как выявлено многими исследователями, происходит при переходе жидкого цементного раствора в пластическое состояние и цементный камень. Существующее в реальной скважине пластовое давление флюидов способствует разрушению цементного камня. Это происходит также на стадии формирования камня. Разрушительное действие пластовых вод происходит в том случае, если в их составе имеются в достаточном количестве сульфат-ионы, углекислота, сероводород, хлориды, соли магния и другие. Коррозия цементного камня в электролите представляет собой химический процесс в виде обменных реакций, в результате которых происходит растворение минералов цементного клинкера, что и приводит к постепенному разрушению прогидратированной части цемента и снижению прочной связки гидратов (рис.).

<sup>1</sup> Камуфлетным называется взрыв, произведенный столь глубоко под землей, что полость взрыва не сообщается с земной поверхностью. В случае ядерного камуфлетного взрыва это означает, что происходит полное захоронение радиоактивных продуктов взрыва под землей [Емельянов, 1997].



**Рис. Характер разрушения цементного камня в затрубном пространстве скважин [Акманов, 1992]**

1 — обсадная труба, 2 — цементный камень, 3 — коррозия стенок обсадных труб, 4 — борозды разрушения.

**Fig. The nature of the destruction of cement stone in the annulus of wells [Akmanov, 1992]**

1 — casing, 2 — cement stone, 3 — corrosion of casing walls, 4 — furrows of destruction.

Широкое использование земных недр (в том числе карстовых коллекторов) для захоронения в них сточных вод химических, нефтехимических и других производств с гидрогеодинамических, гидрогеохимических и геоэкологических позиций недопустимо. Так называемый метод «подземного захоронения» может быть использован в исключительных случаях при соблюдении всех ранее указанных условий: малые объемы трудноочищаемых стоков, обязательное проведение специальных геологоразведочных работ, проведение контроля за распространением стоков в пласте и др. Упрощенный подход к созданию и эксплуатации полигонов для удаления промышленных стоков в глубокие горизонты, практиковавшийся до последнего времени в Башкирии, чреват самыми серьезными геоэкологическими последствиями.

### Заключение

Ряд крупных ученых выступает категорически против осуществления подземных закачек сточных промышленных вод, считая, что кардинальное решение проблемы охраны гидросферы от загряз-

нения заключается в сокращении объема жидких отходов и уменьшении содержания в них загрязняющих веществ, внедрении более эффективных методов очистки и пр., то есть в совершенствовании самих технологических процессов. Достаточно привести мнение одного из них — профессора А.Е. Ходькова [Ходьков, Валуколис, 1968], известного своими работами в области гидрогеохимии и глубинной гидродинамики. Он пишет: «...Совсем недавно считалось, что где-то там, на глубине можно запрятать что угодно и в любом количестве. Поэтому рядом организаций велись работы по подготовке сброса промстоков в глубокие подземные горизонты, расположенные в зоне замедленного водообмена. Исходя из того, что общей тенденцией глубинной гидродинамики является разгрузка подземных вод вверх, в конце концов, на поверхность, следует, что генеральная линия на закачку огромных масс каких-либо вод в недра принципиально неверна. Вследствие геологических процессов и в силу меньшей плотности и флюидности вод последние все равно будут стремиться со временем подняться на поверхность. Конечно, можно в каждом отдельном случае находить некоторые структуры и горизонты, способные удерживать закачиваемые воды. Но все равно существует опасность миграции вверх. Поэтому мы принципиально против осуществления сброса промстоков в глубокие горизонты ... надо придерживаться принципа: не делай по отношению к земле того, последствия чего ты не в состоянии еще предугадать» (с. 198). Это мнение представляется нам вполне обоснованным.

*Работа выполнена по теме 0246-2019-0086.*

### Список литературы:

- Абдрахманов Р.Ф. Техногенез в подземной гидросфере Предуралья / УНЦ РАН. — Уфа, 1993. — 208 с.
- Абдрахманов Р.Ф. Гидрогеоэкология Башкортостана. — Уфа: Информреклама, 2005. — 344 с.
- Абдрахманов Р.Ф., Попов В.Г. Минеральные лечебные воды Башкортостана. — Уфа: Гилем, 1999. — 208 с.
- Абдрахманов Р.Ф., Мартин В.И., Попов В.Г., Рождественский А.П., Смирнов А.И., Травкин А.И. Карст Башкортостана. — Уфа: Информреклама, 2002. — 383 с.
- Акманов Р.Х. Причины загрязнения пресных подземных вод районов нефтедобычи Башкирии / БНЦ УрО РАН. — Уфа, 1992. — 122 с.
- Гаев А.Я., Шугорев В.Д., Бутолин А.П. Подземные резервуары. — Л.: Недра, 1986. — 223 с.
- Гидрогеологические и гидрогеохимические исследования при решении проблемы сброса промстоков в глубокозалегающие карбонатные породы (на примере

Куйбышевского Поволжья и Башкирии) / Под ред. К.Е. Путьевой. — М.: Изд-во МГУ, 1972. — 350 с.

Гидрогеологические исследования для захоронения промышленных сточных вод в глубокие водоносные горизонты / Под ред. К.И. Антоненко, Е.Г. Чаповского. — М.: Недра, 1976. — 312 с.

Гидрогеологические исследования для обоснования подземного захоронения промышленных стоков / Под ред. В.А. Грабовникова. — М.: Недра, 1993. — 335 с.

Емельянов Б.М. Раскрывая первые страницы. — Екатеринбург: Уральский рабочий, 1997. — 344 с.

Максимов М.И. Мероприятия по улучшению системы разработки Туймазинского нефтяного месторождения // Разработка нефтяных месторождений Башкирии. — М.: Гостоптехиздат, 1959. — С. 16–36.

Попов В.Г. Гидрогеохимия и гидрогеодинамика Предуралья. — М.: Наука, 1985. — 278 с.

Ходьков А.Е., Валуконис Г.Ю. Формирование и геологическая роль подземных вод. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1968. — 216 с.

Brown H.S., Cook B.J., Krueger R., Shatkin J.A. Reassessing the History of U.S. Hazardous Waste Disposal Policy — Problem Definition, Expert Knowledge and Agenda-Setting // RISK: Health, Safety & Environment. — 1997. — V. 8, No. 3. — P. 249–272.

Mavropoulos A., Menegaki M., Kaliampakos D. Underground hazardous waste disposal: a dynamic alternative to current hazardous waste management // Waste Management and the Environment II / V. Popov, H. Itoh, C.A. Brebbia, S. Kungolos (eds.). — WIT Press, 2004. — P. 159–168.

### References:

Abdrakhmanov R.F. Tekhnogenez v podzemnoi gidrosfere Predural'ya [Technogenesis in the underground hydrosphere of the Urals] / USC RAS. Ufa, 1993. 208 p. (In Russian).

Abdrakhmanov R.F. Gidrogeoeкологиya Bashkortostana [Hydrogeoeology of Bashkortostan]. Ufa: Informreklama, 2005. 344 p. (In Russian).

Abdrakhmanov R.F., Popov V.G. Mineral'nye lechebnye vody Bashkortostana [Mineral medicinal waters of Bashkortostan]. Ufa: Gilem, 1999. 208 p. (In Russian).

Abdrakhmanov R.F., Martin V.I., Popov V.G., Rozhdestvenskiy A.P., Smirnov A.I., Travkin A.I. Karst Bashkortostana [Karst of Bashkortostan]. Ufa: Informreklama, 2002. 383 p. (In Russian).

Akmanov R.Kh. Prichiny zagryazneniya presnykh podzemnykh vod rayonov neftedobychi Bashkirii [Causes of contamination of fresh underground waters in the areas of oil

production in Bashkortostan] / BSC UrO RAS. Ufa, 1992. 122 p. (In Russian).

Brown H.S., Cook B.J., Krueger R., Shatkin J.A. Reassessing the History of U.S. Hazardous Waste Disposal Policy — Problem Definition, Expert Knowledge and Agenda-Setting // RISK: Health, Safety & Environment. 1997. V. 8, No. 3. P. 249–272.

Emel'yanov B.M. Raskryvaya pervye stranitsy [Opening the first pages]. Ekaterinburg: «Ural'skii rabochii» Press, 1997. 344 p. (In Russian).

Gaev A.Ya., Shchugorev V.D., Butolin A.P. Podzemnye rezervuary [Underground tanks]. Leningrad: Nedra, 1986. 223 p. (In Russian).

Gidrogeologicheskie i gidrogeokhimicheskie issledovaniya pri reshenii problemy sbrosa promstokov v glubokozalegayushchie karbonatnye porody (na primere Kuibyshevskogo Povolzh'ya i Bashkirii) [Hydrogeological and hydrogeochemical studies in solving the problem of discharging industrial effluents into deep-lying carbonate rocks (at the example of Kuibyshevsky Volga and Bashkiria)] / K.E. Pit'eva (ed.). Moscow: MSU Press, 1972. 350 p. (In Russian).

Gidrogeologicheskie issledovaniya dlya zakhoroneniya promyshlennykh stochnykh vod v glubokie vodonosnye gorizonty [Hydrogeological research for disposal of industrial wastewater into deep aquifers] / K.I. Antonenko, E.G. Chapovskii (eds.). Moscow: Nedra, 1976. 312 p. (In Russian).

Gidrogeologicheskie issledovaniya dlya obosnovaniya podzemnogo zakhoroneniya promyshlennykh stokov [Hydrogeological studies to substantiate underground disposal of industrial wastewater] / V.A. Grabovnikov (ed.). Moscow: Nedra, 1993. 335 p. (In Russian).

Khod'kov A.E., Valukonis G.Yu. Formirovanie i geologicheskaya rol' podzemnykh vod [Formation and geological role of groundwater]. Leningrad: LGU Press, 1968. 216 p. (In Russian).

Maksimov M.I. Meropriyatiya po uluchsheniyu sistemy razrabotki Tuimazinskogo neftyanogo mestorozhdeniya [Measures to improve the development system of the Tuymazinskoye oil field] // Razrabotka neftyanykh mestorozhdenii Bashkirii [Development of oil fields in Bashkiria]. Moscow: Gostoptekhizdat, 1959. P. 16–36. (In Russian).

Mavropoulos A., Menegaki M., Kaliampakos D. Underground hazardous waste disposal: a dynamic alternative to current hazardous waste management // Waste Management and the Environment II / V. Popov, H. Itoh, C.A. Brebbia, S. Kungolos (Eds.). WIT Press, 2004. P. 159–168.

Popov V.G. Gidrogeokhimiya i gidrogeodinamika Predural'ya [Hydrogeochemistry and hydrogeodynamics of the CisUrals]. Moscow: Nauka, 1985. 278 p. (In Russian).

### Сведения об авторе:

**Абдрахманов Рафил Фазылович**, доктор геол.-мин. наук, профессор, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: hydro@ufaras.ru

### About the author:

**Abdrakhmanov Rafil Fazilovich**, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: hydro@ufaras.ru