

ГИДРОГЕОЛОГИЯ БАШКОРТОСТАНА И ПРОБЛЕМЫ ГИДРОГЕОЭКОЛОГИИ

На территории Республики Башкортостан в соответствии с принципами структурно-гидрогеологического районирования (рис. 1) выделяются Волго-Уральский сложный артезианский бассейн (АБ), относящийся к системе бассейнов Восточно-Европейской артезианской области (АО), и Уральская гидрогеологическая складчатая область (ГСО).

Волго-Уральский бассейн разделяется на Волго-Камский и Предуральский артезианские бассейны второго порядка, отвечающие соответственно юго-восточному склону Русской плиты и Предуральскому краевому прогибу, и Западно-Уральский адартезианский бассейн (ААБ).

По характеру скоплений в Волго-Уральском бассейне выделяются поровые, порово-трещинные, трещинные и трещинно-карстовые классы подземных вод пластового типа. Наиболее широко развиты они в палеозойских отложениях Волго-Камского и Предуральского бассейнов. В верхнепротерозойских (рифейско-вендских) сильно литифицированных, метаморфизованных образованиях этих структур, расположенных в зонах позднего катагенеза и метакатагенеза (на глубине более 2–3 км), распространены главным образом трещинно-жильные воды зон тектонических нарушений, литогенетической и тектонической трещиноватости. В Западно-Уральском артезианском бассейне, представляющем собой систему линейной складчатости, сложенную карбонатными и терригенными породами карбона и девона, доминируют пластовые трещинно-карстовые и трещинные воды.

В гидрогеологических структурах Предуралья с преобладанием пластовых скоплений подземных вод выделяется 10 гидрогеологических комплексов, в каждом из которых заключены воды одного или нескольких классов [Попов, 1985; Абдрахманов, Попов, 1999]. Границами комплексов служат глинистые и галогенный водоупоры (кыновско-доманиковский, визейский, верейский, кунгурский). Среди них наиболее мощным (50–300 м и более) является кунгурский галогенный водоупор (гипсы, ангидриты, каменная соль), разделяющий чехол на два гидрогеологических этажа, в пределах которых условия формирования подземных вод существенно отличаются.

Уральская гидрогеологическая складчатая область в пределах исследуемой территории в геотектоническом отношении представлена Центрально-Уральским под-

нятием и Тагило-Магнитогорским прогибом (Магнитогорским мегасинклиниорием).

Водоносность некарбонатных метаморфизованных осадочных и магматических пород определяется исключительно характером и степенью их трещиноватости, которая обычно не подчиняется возрастным границам, часто их пересекает. Выделяются регионально-трещинные воды зоны выветривания и локально-трещинные воды зон тектонических нарушений (разломов). Первые развиты на глубине до 60–100 м, а вторые — до 200–300 м и более. В качестве водоупоров выступают плотные и массивные разновидности этих же пород.

В соответствии с этим в пределах Уральской гидрогеологической складчатой области выделяются регионально-трещинные воды в различных по литологии и возрасту породах [Гидрогеология..., 1972]: толщах позднего протерозоя Башкирского мегантиклиниория, раннего и среднего палеозоя Зилаирского мегасинклиниория, позднего протерозоя–раннего палеозоя Уралтауского мегантиклиниория, силура–девона Магнитогорского мегасинклиниория; кислых, ультраосновных интрузивных образованиях и др.

К карбонатным и терригенно-карбонатным отложениям нижнего протерозоя, силура, девона и карбона приурочены водоносные горизонты и комплексы трещинно-карстово-пластового типа.

По общности экзогенных ландшафтно-климатических и эндогенных геолого-структурных факторов формирования подземных вод в пределах Уральской ГСО выделяются две гидрогеологические системы трещинно-жильных вод: Центрально-Уральского поднятия и Магнитогорского мегасинклиниория.

Фундаментальное свойство подземной гидросферы — существование в ней различных видов гидрогеологической зональности. Под ней понимается закономерность в пространственно-временной организации подземной гидросферы, определенная направленность изменения гидрогеодинамических, гидрогеохимических, гидрогеотермических и гидрогеохронологических параметров.

В осадочном чехле Волго-Уральского бассейна выделяются два гидрогеохимических этажа, которые по своему объему в целом соответствуют гидрогеодинамическим этажам (табл. 1). Верхний этаж (300–400 м, редко более) включает преимущественно инфильтрационные кислородно-азотные (азотные) воды различного ионно-солевого состава с минерализацией, обычно не

Таблица 1

СООПоставЛЕНИЕ ГИДРОГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ (ГД), ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОЙ (ГХ) И ГАЗОВОЙ (ГЗ) ЗОНАЛЬНОСТЕЙ [8]

| Этажи | ГД | | | | | ГЗ | | | | | ГХ | | | | | T°С Р, ат |
|--------------|--|-----------|-------------------------------------|------------------------------------|--|--|--|--------------------------|---------|---------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------------------------|-------------------|--------------|
| | Зоны | Н, м | v, м/год | t, 10 ⁶ лет | Генезис вод | Зоны | Газосо- держание, см ³ /л | Arx100 N ₂ | He / Ar | Зоны | Под- зоны | М, г/л | pH | Eh, мВ | | |
| Верх- ний | Интен- сивного водо- обмена | 50–250 | n10 ³ –10n | 10 ⁻⁵ –10 ⁻³ | Инфиль- трацион- ный | O ₂ –N ₂ | 15–50 | > 1,2 | < 0,4 | HCO ₃ | Mg–Ca | 0,3–1,0 | 6,7–8,5 | +100 ... +650 | 4–10 1–50 | |
| | Затруд- ненного водо- обмена | 50–350 | n | 10 ⁻³ –10 ⁻¹ | | | | | | SO ₄ | Mg–Ca Na | 1–3 1,5–20 | 7,3–8,5 7,4–8,8 | +100 ... +300 +250 ... –150 | | |
| Ниж- ний | Весьма затруднен- ного во- дообмена | | | | Инфиль- трационно- седимен- тационный | H ₂ S–N ₂ H ₂ S–CO ₂ N ₂ –CH ₄ | 0,3–1,0 | 0,4–3 | | SO ₄ +Cl | Ca–Na Mg | 5–36 300–390 | 6,7–7,5 | +100 ... –180 –100 ... –430 | 10–35 50–180 | |
| | Застой- ного режима | 300–5 000 | n10 ⁻³ –10 ⁻⁵ | 150–500 | Седимен- тационный | N ₂ –CH ₄ | 250–1 500 | 0,15–0,5 | 3–15 | Cl | Na–Ca | 200–330 | 5,9–7,3 | –100 ... –300 | 35–150 180–500 | |

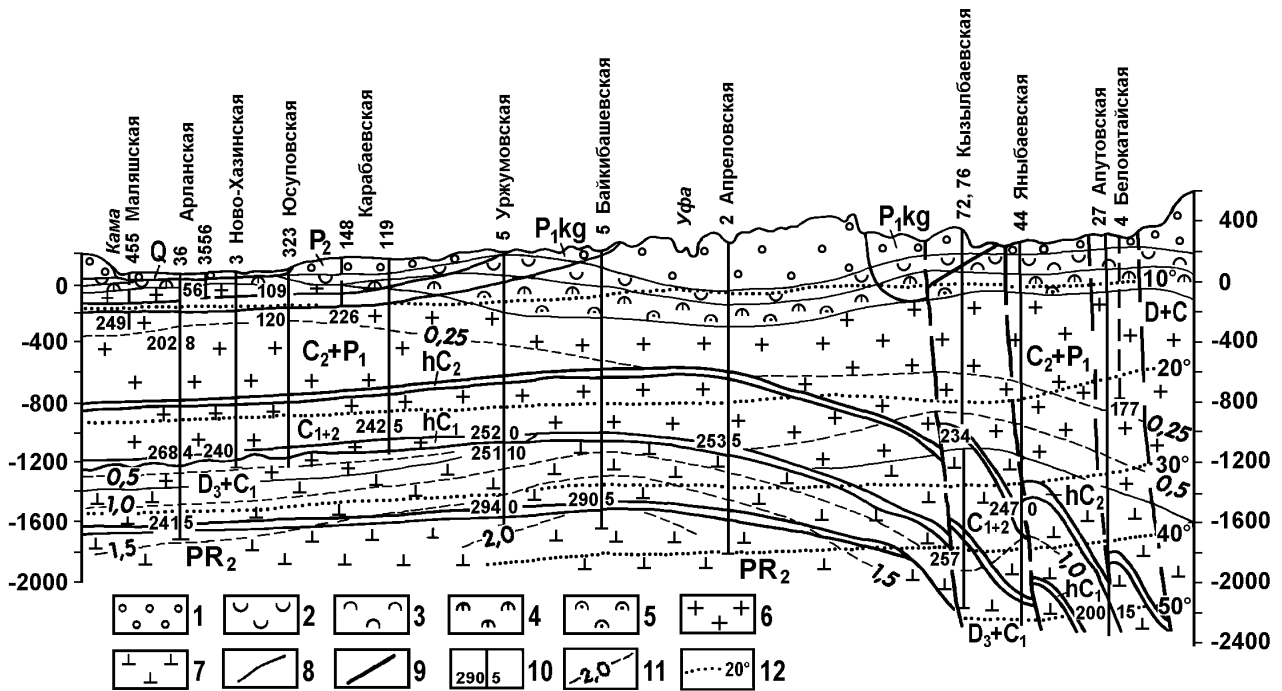


Рис. 2. Гидрогеохимический разрез Башкирского Предуралья

1–7 – химический состав и минерализация подземных вод (г/л): 1 – гидрокарбонатные, реже сульфатно-гидрокарбонатные и хлоридно-гидрокарбонатные разнообразного катионного состава (до 1), 2 – сульфатные кальциевые (1–3), 3 – сульфатные натриевые и кальциево-натриевые (3–10, редко более), 4 – сульфатно-хлоридные кальциево-натриевые (3–10), 5 – сульфатно-хлоридные кальциево-натриевые и хлоридные натриевые (10–36), 6 – хлоридные натриевые (36–310), 7 – хлоридные кальциево-натриевые и натриево-кальциевые (250–330); 8 – гидрогеохимические границы, 9 – стратиграфические границы; 10 – скважина: цифры слева – минерализация (г/л), справа – содержание иода в опробованном интервале (мг/л), сверху номер скважины и название нефтеразведочной площади; 11 – изолинии содержания брома (г/л), 12 – гидроизотермы.

Геохимические последствия техногенеза в подземной гидросфере нефтедобывающих районов. Нефтегазоносность Предуралья связана главным образом с терригенными толщами среднего–верхнего девона и карбонатами нижнего карбона, залегающими на глубине свыше 1–1,5 км в зоне квазистационарного гидрогеодинамического режима.

Современная гидродинамическая и гидрогеохимическая структура осадочного бассейна сложилась в результате длительной эволюции (свыше 1,5 млрд. лет) под воздействием комплекса естественно-исторических эндогенных и экзогенных факторов. Наряду с ними важное значение в последнее время (начиная с 40-х–50-х годов) приобрели техногенные процессы. Характер и масштабы техногенной преобразованности подземной гидросферы определяются геолого-тектоническими, гидрогеологическими, ландшафтно-климатическими и прочими условиями конкретного месторождения, технологией, временем эксплуатации и другими факторами. Наиболее велики они на «старых» нефтяных месторождениях, эксплуатирующихся в течение 50–60 лет, которые уже давно прошли депрессионный этап разработки и в настоящее время обладают репрессивным гидрогеодинамическим режимом, сфор-

мировавшимся в результате использования методов внутри- и законтурного заводнения в продуктивные пласты различных газово-жидких флюидов для поддержания энергетического потенциала водонапорной системы и повышения нефтеотдачи пластов. Под влиянием техногенеза подземная гидросфера нефтяных месторождений испытывает значительные трансформации в физико-химическом, гидрогеодинамическом, ресурсном и прочих отношениях. Изменения гидрогеодинамического режима, нарушение структуры флюидопоров осадочного чехла ведут к перераспределению запасов подземных вод в различных его частях, интенсифицируют процессы взаимодействия в системе вода–порода–газ–органическое вещество, вызывают смешение различных геохимических и генетических типов подземных вод, изменение окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных свойств среды и пр. Характерной особенностью техногенеза служит весьма высокая скорость протекания процессов; литолого-гидрогеохимические последствия их часто носят необратимый характер. Изменения термодинамического и гидрогеохимического режимов произошли в пределах как нижнего, так и верхнего этажей.

Таблица 2

ТИПИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

| Тип | Подтип | Сфера, подвергающаяся техногенезу | Показатели загрязнения (общие и специфические) | Длительность воздействия источника, лет | Масштабы воздействия на подземную гидросферу, км ² | Прогнозное время нахождения в-в в подземной гидросфере, лет | | | | | |
|---|--|--|--|---|---|---|--|--|---|------------------|--------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | | | |
| I. Сельские населенные пункты с агропромышленным хозяйством | 1А. Сельские населенные пункты с приусадебными участками 1Б. Посевные площади с применением удобрений, пестицидов и ядохимикатов 1В. Мелиорируемые земли (массивы орошения) 1Г. Животноводческие комплексы, фермы с прудами накопителями и орошаемыми сточными водами участками | Зоны аэрации и активного водообмена, преимущественно грунтовые воды То же То же То же | Соединения азота, различные органические вещества (нефтепродукты, мыло, СМС и пр.), патогенные микроорганизмы Соединения азота, фосфора, калия, пестициды, тяжелые металлы (Cd, Pb) То же Соединения азота и биогенные вещества, микроэлементы (Mn, Cu, Mo, Zn, Ni, Al), патогенные микроорганизмы Соединения N, C, S, нефтепродукты и др. органические в-ва (СМС, мыло и пр.), тяжелые металлы (Pb, Sn и др.), патогенные микроорганизмы Технологические продукты, стоки, обогащенные нефтепродуктами и др. органическими веществами (фенолы, диоксин, ПАВ и прочие хлорорганические соединения, и хлорированные углеводороды) и тяжелыми металлами (Zn, Cu, Ni, Cr, F, Cd, Mn, Sn, Hg, Mo, Pb, V и др.), рассолы (CaCl ₂ , NaCl) | 10×n–100×n 0,1–0,5×n 0,2–0,4×n–n n ¹ –n n–10×n n–10×n | n ¹ –10×n 10×n–1000×n n–100×n n–10×n n–100×n n–10×n | n ¹ –n n ¹ –3×n n ¹ –3×n n ¹ –3×n n ¹ –10×n n–100×n | | | | | |
| | | | | | | | II. Городские агломерации с промышленным производством | Зоны аэрации и активного водообмена То же | Соединения N, C, S, нефтепродукты и др. органические в-ва (СМС, мыло и пр.), тяжелые металлы (Pb, Sn и др.), патогенные микроорганизмы Технологические продукты, стоки, обогащенные нефтепродуктами и др. органическими веществами (фенолы, диоксин, ПАВ и прочие хлорорганические соединения, и хлорированные углеводороды) и тяжелыми металлами (Zn, Cu, Ni, Cr, F, Cd, Mn, Sn, Hg, Mo, Pb, V и др.), рассолы (CaCl ₂ , NaCl) | n–10×n n–10×n | n–100×n n–100×n |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------------------------------|--|--|---|--|---|--|
| | IIВ. Участки утилизации сточных вод и твердых отходов (пруды-отстойники, хвостохранилища, очистные сооружения, свалки и пр.) | То же | Органические соединения, рассолы (CaCl ₂ , NaCl), тяжелые металлы (Ni, Cr, F, Cd, Mn, Sn, Hg, Mo, Pb, Zn, V, As и др.) | n | n ¹ -n | n-1000×n |
| III. Транспортные средства и дороги | IIIА. Транспортные средства (авто-ж.-д. и авиа-транспорт) IIIБ. Дороги (автомобильные и ж.-д.) | То же | Нефтепродукты, тяжелые металлы (Pb, Cd, и др.), газы (CO _x , NO _x и др.) Реагенты (NaCl, CaCl ₂ и др.), применяемые для борьбы с гололедом и повышения устойчивости оснований дорог, нефтепродукты | n-10×n n ¹ -n | 100×n 10×n | n-100×n n ¹ -n |
| IV. Нефтегазодобывающие предприятия | IVА. Скважины структурного, разведочного бурения, эксплуатационные, пр. IVБ. Участки утилизации стоков (пруды и шламо-накопители, карстовые воронки и пр. фильтрующие емкости), прискважинные площадки, территории КНС и др. IVВ. Нефте-, газопроводы, водо-, рассолопроводы и др. | Зоны активного, затрудненного водообмена и застойного режима Зоны аэрации активно-затрудненного водообмена Зоны аэрации и активного водообмена | Буровые растворы, пластовые рассолы (до 250-280 г/л), нефть, нефтепродукты, ПАВ и др. Рассолы до 250-290 г/л (NaCl, CaCl ₂ и др.), микроэлементы (J, Br, B, Sr и др.), нефть, ПАВ, ингибиторы коррозии и др. Рассолы до 250-290 г/л (NaCl, CaCl ₂ и др.), микроэлементы (J, Br, B, Sr и др.), нефть, ПАВ, ингибиторы коррозии и др. | n ¹ -10×n n-10×n n ¹ | n ¹ -n n ¹ -10×n n ¹ -10×n | n-100×n, >10 ³ ×n n-100×n n-10×n |
| V. Горнодобывающая промышленность | VA. Угольные разрезы VB. Соляные шахты и участки выщелачивания соли VB. Горнодобывающие и горно-обогажительные предприятия | Зоны активного и частично затрудненного водообмена Зоны активного, затрудненного водообмена, иногда застойного режима Зоны активного и затрудненного водообмена с трещинно-жилыми водами | Уголь и угольные отходы, солоноватые воды, соединения азота Рассолы NaCl, KCl, с сопутствующими микроэлементами (Br, B, J, K) и др. Отвальные и подотвальные воды, стоки обогажительных фабрик и комбинатов (Cu, Zn, Pb, Mn, Cd, Hg, Cz, As, Sb, Tl, Se) | n-10×n n-10×n 10×n-100×n | n n ¹ -n n ¹ -n | n-10×n n-100×n n-100×n |

Таблица 2 (окончание)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|--------------------------------------|---|--------------------|-----------------------|----------|
| VI. Полигоны утилизации сточных вод, создаваемых в т.ч. ядерными взрывами в скважинах и др. способами | | Зоны активного и устойчивого режимов | Рассолы (NaCl, CaCl ₂), радиоактивные элементы | n ⁻¹ | n ⁻¹ -n | 10n-100n |
| VII. Лесная и лесоперерабатывающая промышленность | | Зона аэрации и грунтовые воды | Соединения азота (NO ₃ , NH ₄), органические вещества (фенол, метил фенол, нафталин и др.) | n ⁻¹ -n | n ⁻¹ -10×n | n |
| VIII. Пруды и водохранилища с гидротехническими сооружениями | | Зона активного водообмена | Органические соединения, тяжелые металлы (Zn, Cr, Ni, Cu, As, Ag и др.), опреснение подземных вод | n-10×n | n-100×n | n-10×n |

В начальный период эксплуатации месторождений в результате отбора флюидов повсеместно отмечалось уменьшение величин пластовых давлений в продуктивных горизонтах на 5–15 МПа относительно начальных, что привело к образованию депрессионных воронок площадью до 1000 км² (Шкаповское, Туймазинское и другие месторождения).

Нагнетание больших количеств пресных и нефтепромысловых вод, а на отдельных месторождениях и

жидких промышленных стоков явилось причиной восстановления в продуктивных пластах первоначальных пластовых давлений, а затем формирования избыточных давлений, превышающих нормальные на 1–4 МПа и более, и их дифференциации в пределах нефтегазоносных площадей (рис. 3). В литологически выдержанных и проницаемых пластах гидрогеодинамическое влияние от разрабатываемых залежей распространилось на расстояние до 10–20 км.

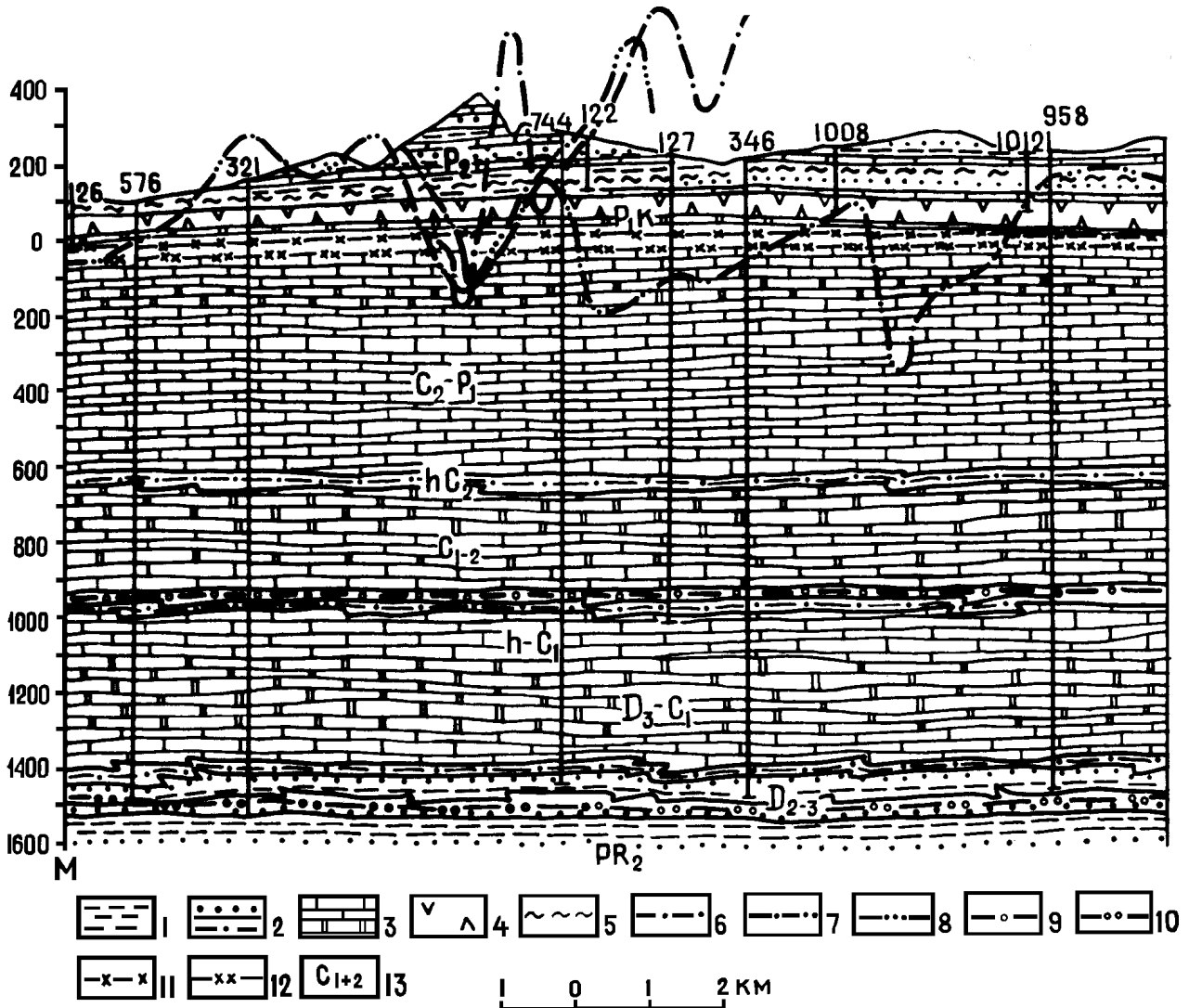


Рис. 3. Изменение пластовых давлений в результате разработки Туймазинского нефтяного месторождения
 1–4 – литологический состав: 1 – глины, аргиллиты, 2 – песчаники, алевролиты, 3 – известняки, доломиты, 4 – гипсы, ангидриты; 5 – подошва зоны пресных вод; 6–8 – современный пьезометрический уровень: 6 – по пласту C_1 , 7 – по пласту D_{III} ; 9–10 – линия ВНК: 9 – по пласту C_1 , 10 – по пласту D_{III} ; 11–12 – начальный; 11 – по пласту C_1 , 12 – по пласту D_{III} ; 13 – индекс гидрогеологического комплекса

В условиях репрессионного режима наблюдается рост как горизонтальных, так и вертикальных градиентов напора, вызывающих миграцию флюидов между водонефтеносными комплексами осадочного чехла

через гидрогеологические «окна» литолого-фациального, тектонического и техногенного происхождения, а также непосредственно через разделяющие глинистые слои. Скорость движения нагнетаемых вод колеблется

от n до $n \times 10^2$ м/сут. Изменение гидрогеодинамических условий вызывает и слабые землетрясения в нефтедобывающих районах (землетрясение до 4 баллов произошло в Татарстане в 1989 году).

В зонах нагнетания пресных вод для поддержания пластового давления наблюдается существенное снижение минерализации пластовых седиментогенных (инфильтрогенно-седиментогенных) рассолов до полного их опреснения (от 280–250 до 49–4,7 г/дм³), а показатели рН и Eh поднимаются соответственно до 6,7–7,0 и +60–(+100) мВ [Абдрахманов, 1993]. Применение пресных вод для поддержания пластового давления приводит также к разрушению месторождений минеральных промышленных вод. Происходит снижение концентрации микроэлементов (мг/дм³): брома — от 1450 до 150–50, иода — от 29–10 до 4,2 (иногда до 1,0), лития — от 14–6 до 2,1–1,7, стронция — от 880–780 до 120 (иногда до 50).

На всех нефтяных месторождениях Волго-Уральского региона нарушение естественного гидрогеологического режима произошло не только в нижнем этаже бассейна, но и в верхнем, заключающем пресные питьевые и минеральные лечебные воды [Абдрахманов, Попов, 1999].

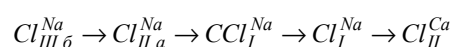
Разработке сильно обводненных залежей нефти сопутствует, с одной стороны, извлечение на поверхность и транспортировка нередко на значительные расстояния агрессивных хлоридных рассолов, а с другой, как указывалось, закачка их (и других жидких промышленных стоков) в глубокие водоносные комплексы палеозоя для поддержания пластового давления. Эти рассолы в силу различных технических причин часто проникают в горизонты пресных вод и смешиваются с последними, вследствие чего утрачиваются естественные связи химического состава подземных вод с литолого-минералогическими особенностями водовмещающей среды, что обуславливает появление новых химических типов вод. В результате этого в верхних горизонтах появились хлоридные, гидрокарбонатно-хлоридные, сульфатно-хлоридные воды пестрого катионного состава с минерализацией до 10–25 г/дм³ и более. Они по ряду показателей обнаруживают прямую генетическую связь с нефтепромысловыми рассолами.

Установлено, что в них на один–три порядка выше, чем в пресных водах, концентрации микроэлементов (мг/дм³): брома — 0,55–66,5, иода — 0,7–2,2, бора — 0,5–2,85, стронция — 1,0–8,5, лития — 0,03–0,75. Снижается содержание O₂ (от 8–10 до 0,1–0,5 г/л), в отдельных водопунктах появляется H₂S (до 0,5–3, иногда 112 мг/дм³ и более).

Под влиянием нефтепромысловых стоков происходят значительные изменения и в ионно-солевом комплексе почвогрунтов. Концентрация адсорбированных щелочноземельных компонентов (кальция и магния) резко снижается, а одновалентных (натрия и калия)

возрастает. Одновременно значительно уменьшается и общая емкость поглощенного комплекса (от 40 до 10 ммоль / 100 г породы). Последнее связано как с природой участвующих в обменно-адсорбционных реакциях катионов, так и с наличием в техногенных растворах нефтепродуктов, обволакивающих глинистые частицы и, таким образом, затрудняющих проникновение ионов раствора в диффузный слой глинистых минералов. При этом, как показывают специальные исследования, восстановление поглощающих свойств глинистых осадков при загрязнении сырой нефтью занимает весьма длительное время.

Процесс рассоления грунтов под влиянием метеогенных вод и химического состава подземных вод происходит в направлении:



Реальность подобной метаморфизации подтверждается имеющимися фактами формирования содовых растворов на участках утилизации нефтепромысловых вод (в прудах-накопителях и пр.).

Геоэкологические проблемы в районах горнодобывающих предприятий. Современное состояние окружающей среды горной части Башкортостана определяется влиянием действующих здесь в течение десятков лет предприятий горнодобывающего комплекса. Объем отходов здесь определяется величиной 1108 млн. тонн, что составляет более 70% от объема всех накопленных на сегодня в Республике отходов.

Подотвальные воды одного из медно-серных комбинатов характеризуются следующими показателями (предельные значения): рН — до 2,63, сухой остаток — до 64848 мг/дм³, сульфаты — 29426 мг/дм³, цинк — 780 мг/дм³, медь — 438 мг/дм³, железо — 280 мг/дм³, магний — 198 мг/дм³, и др. Эти воды в дальнейшем смешиваются с рудничными и без очистки сбрасываются в речку, впадающую в р. Урал.

Подземные воды вулканогенно-осадочных комплексов Южного Урала характеризуются сложным (в 70% случаев) пяти-, шестикомпонентным составом. Техногенные процессы обусловили формирование в горнопромышленных зонах вод с минерализацией до 5–10 г/дм³ сульфатного и сульфатно-хлоридного состава.

В подземных водах отмечаются повышенные значения (превышающие ПДК на 1–2 порядка) ртути, меди, цинка, свинца, мышьяка и других металлов. Список традиционных для рассматриваемой территории токсикантов (медь, цинк, кадмий, железо, никель, кобальт, марганец, хром) в настоящее время пополняется ртутью, селеном, таллием, теллуrom, мышьяком и др.

Геохимическое состояние подземных вод урбанизированных территорий. Рассматривается на примере г. Уфы, где нефтеперерабатывающие, нефтехимические, химические и другие промышленные

предприятия образуют гигантский источник загрязнения природной среды, в подземных водах обнаруживаются аномально высокие концентрации многих химических соединений (органических и неорганических). Установлено, что интенсивному техногенному воздействию геологическая среда подвергается до глубин 75–100 м (вся зона активного водообмена). Тяжелые металлы (медь, цинк, хром, свинец, кадмий и др.), превышающие фон на один–три порядка, на территории промышленных предприятий концентрируются в приповерхностной зоне (до 3 м, наиболее интенсивно на глубине 0,01–0,5 м). В интервале глубин от 3 до 20 м и глубже содержание их значительно снижается. Жидкие органические загрязнители и водорастворимые соли проникают практически на всю зону активного водообмена. В скважине глубиной 75 м, пробуренной на одной из промышленных площадок и вскрывшей породы четвертичного, неогенового, уфимского и кунгурского возрастов, отмечено присутствие фенолов во всех интервалах. При этом с глубиной содержание их увеличивается и в интервале 59–75 м достигает 9 мг/дм³. На территории городской свалки содержание тяжелых металлов в подземных водах колеблется (мг/дм³): меди — 0,002–27,9, свинца — 0,04–9,4, кадмия — 0,0003–1,29, цинка — 13,0–63,6, железа — 420,8–2540, марганца — 7,2–31,6, хрома — 0,8–15,3. Суммарное содержание диоксинов здесь от 1,01 до 18,57 нг/дм³ (51–929 ПДК), в том числе 2,3,7,8-ТХДД (полихлорированных дибензо-п-диоксинов) от 0,25 до 1,45 нг/дм³. Кроме того, суммарное содержание полихлорированных дибензофуранов (ТХДФ) — от 1,05 до 6,72 нг/дм³, в том числе токсичных 2,3,7,8-ТХДФ — от 0,25 до 0,9 нг/дм³. Меняется состав грунтовых вод, они часто приобретают хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатный, гидрокарбонатно-хлоридный и хлоридный кальциевый, натриево-кальциевый, магниевый-кальциевый состав. Тип воды из сульфатного натриевого переходит в хлоридный кальциевый, одновременно возрастает минерализация подземных вод от 0,4 до 13,6 г/дм³.

Высокие концентрации диоксинов, фенолов, тяжелых металлов отмечаются и в горных породах, заключающих подземные воды. На территории свалки суммарное содержание ТХДФ на глубине 2 м достигает 12330 нг/кг, а наиболее токсичных 2,3,7,8-ТХДД — 2530–7540 нг/кг. На глубине 4 м концентрация 2,3,7,8-ТВДЦ составляет 1510 нг/кг. Содержание металлов в них изменяется с глубиной (мг/кг): меди от 9191–500 (глубина 2–3 м) до 46,0 (5 м) и до 28 (16 м), свинца соответственно — 296–18,5, кадмия — 2778–0,6, ртути — 2,8–0,04.

Миграционные возможности диоксинов в подземной гидросфере не изучены. В английском обзоре [Диоксины..., 1990], а также в работе Л. А. Федорова [1995] предполагается возможность проникновения их в почвенный слой на незначительную глубину.

В целом считалось, что диоксины накапливаются только в гумусовом горизонте (до глубины 20–30 см). Впервые полученные данные по Уфе в ходе исследований по программе «Диоксины» [1995] позволяют судить о том, что диоксины вместе с другими органическими соединениями (скорее всего в растворенном в них состоянии) проникают в подземные воды на значительную глубину; в высоких концентрациях они обнаруживаются на глубине до 10–15 м.

Параметры миграции диоксинов и тяжелых металлов в подземной гидросфере, по-видимому, близки. Это подтверждается сравнением глубины проникновения диоксинов (рис. 4) и тяжелых металлов в глинистые породы на территории городской свалки. Как видно из рис. 4, характер миграции и глубина проникновения этих веществ совпадают. Миграция происходит в водонасыщенной среде, при значениях рН 6,73–6,83.

Оценка изменений геологической среды в районах деятельности агропромышленных предприятий.

Наиболее масштабное отрицательное воздействие на подземную гидросферу оказывают животноводческие комплексы с прудами-накопителями и участками утилизации сточных вод. Исследованиями на участках утилизации стоков крупного свиноплеменного комплекса (на 54 тыс. голов) установлено, что при высоких нормах орошения, превышающих самоочищающую способность почвогрунтов, происходит опасное загрязнение подземных вод ингредиентами, содержащимися в стоках (азотистые соединения, хлор, фосфор, тяжелые металлы, патогенные микроорганизмы и пр.).

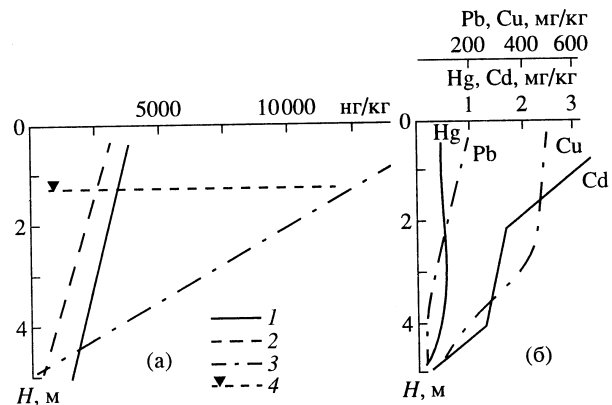


Рис. 4. Изменение концентраций диоксинов (а) и ТМ (б) в горных породах на территории городской свалки
 1 — суммарное содержание ТХДД; 2 — содержание 2,3,7,8-ТХДД; 3 — суммарное содержание ТХДФ; 4 — уровень грунтовых вод

Время самоочищения почв и подземных вод от загрязнителей (органических и минеральных удобрений, пестицидов и пр.) зависит от скорости биологического круговорота вещества, защитных буферных свойств почвогрунтов (рН и Eh-среды, емкости обмена,

состава поглощенных катионов и пр.), почвенно-климатических условий, состава и продолжительности воздействия самих загрязняющих веществ. Загрязнение тяжелыми металлами почвогрунтов, которое имеет место в связи с применением удобрений и пр., носит особенно длительный характер, так как они слабо вовлекаются в биологический круговорот и их соединения мало подвержены химической трансформации, поэтому

процесс самоочищения практически приближается к бесконечности [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1993]. В целом надо отметить, что процессы самоочищения водоносных горизонтов в зоне интенсивной циркуляции и восстановление природных условий реализуются в течение десятков–сотен лет, а в зоне затрудненной циркуляции (минеральных питьевых вод) — тысячелетий.

Литература:

1. Абдрахманов Р. Ф. Техногенез в подземной гидросфере Предуралья / УНЦ РАН. Уфа. 1993. 208 с.
2. Абдрахманов Р. Ф., Попов В. Г. Минеральные лечебные воды Башкортостана / УНЦ РАН. Уфа. 1999. 208 с.
3. Гидрогеология СССР / Под ред. Е. А. Зубровой. М.: Недра, 1972. Т. 15. 344 с.
4. Диоксины в окружающей среде: Научный доклад по загрязнению № 27. Лондон: Ее Величества правительственное издательство, 1990. 130 с.
5. Диоксины: экологические проблемы и методы анализа / ИППЭиП. Уфа. 1995. 360 с.
6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Наука, 1993. 266 с.
7. Кирюхин В. А., Никитина Н. Б., Судариков С. М. Гидрогеохимия складчатых областей. Л.: Недра, 1989. 253 с.
8. Попов В. Г. Гидрогеохимия и гидрогеодинамика Предуралья. М.: Наука, 1985. 278 с.
9. Федоров Л. А. Диоксины как экологическая опасность; ретроспектива и перспективы. М.: Наука, 1995. 266 с.