

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА МАКРО-
И МИКРОКОМПОНЕНТОВ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ
НА ТЕРРИТОРИИ ВЛИЯНИЯ
ГОМЕЛЬСКОГО ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА**

О. В. Шершнёв¹, А. И. Павловский¹, А. Н. Галкин²

¹Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
ул. Советская 104, 246019 Гомель, Республика Беларусь; airpavlovsky@mail.ru

²Витебский государственный университет им. П. М. Машерова,
пр. Московский 33, 210038 Витебск, Республика Беларусь; galkin-alexandr@yandex.ru

Объектами воздействия на подземные воды на территории промышленного объекта ОАО «Гомельский химический завод» (ГХЗ) являются промышленная площадка, отвалы фосфогипса, системы канав и озёрно-болотный комплекс, принимающие сточные воды с отвалов.

В пределах промышленного объекта наиболее уязвимыми при поступлении загрязнения в глубину оказываются подземные воды трёх водоносных горизонтов, получивших распространение в четвертичных и палеогеновых отложениях. Это обусловлено геолого-гидрогеологическими, литологическими и гидродинамическими особенностями водопроницаемых и водоупорных отложений.

К отложениям четвертичной системы относятся грунтовый и березинско-днепровский (подморенный) водоносные горизонты, сложенные разномерными песками, глубина залегания которых составляет 0,5–15 м. Палеогеновый водоносный горизонт залегает на глубинах 30–35 м и представлен песками разномерными, преимущественно мелкозернистыми.

Водоносные горизонты отделены друг от друга регионально выдержанными водоупорными отложениями. Грунтовый водоносный горизонт подстилается моренными супесчано-суглинистыми породами. Второй водоупор, разделяющий подморенный и палеогеновый водоносные горизонты, сложен алевритами, глинами и суглинками.

Коэффициенты фильтрации водоупорных отложений невелики и составляют 0,01–0,001 м/сут в моренных супесчано-суглинистых породах, возрастая до 0,0002–0,0006 м/сут в алевритах, что является благоприятным фактором для обеспечения защищённости напорных вод. Однако мощность слабопроницаемых моренных отложений относительно небольшая и составляет 5–16 м, причём максимальные величины характерны для производственной площадки, а минимальные – для территории размещения отвалов фосфогипса. Мощность алевритов в основном составляет 3,0–4,0 м, увеличиваясь до 11 м к центральной части размещения отвалов. Гидродинамическая ситуация является также малоблагоприятной, поскольку практически на всей территории уровни нижележащих водоносных горизонтов устанавливаются ниже уровней вышележащих горизонтов. Это создает гидродинамические условия для перетекания вниз по профилю загрязнённых вод из вышележащих водоносных горизонтов. При этом на отдельных участках отмечаются опесчаненные (гидрогеологические) окна, через которые миграция загрязнения происходит наиболее быстро.

Многолетними исследованиями установлено, что наибольшее загрязнение подземных вод обнаруживается в пределах площадей размещения отвалов фосфогипса.

Преимущественно загрязнению подвержены грунтовые воды. Основными загрязняющими компонентами являются соединения N, S и P.

Цель исследования – оценка пространственно-временной динамики макро- и микрокомпонентов в подземных водах на территории влияния ГХЗ.

Объектом исследования являются подземные воды четвертичного, подморенного нижне-среднеплейстоценового и палеогенового водоносных горизонтов. Источником фактического материала явились данные полевых гидрогеологических наблюдений за химическим составом подземных вод соответствующих горизонтов, полученные на основе опробования скважин локального мониторинга ГХЗ за период 2012–2018 гг.

В качестве индикаторов загрязнения подземных вод проанализированы химические элементы и соединения по их кратности превышения ПДК для вод хозяйственно-питьевого назначения, включающие: SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- Cu, Zn, $\text{Cr}_{\text{общ}}$, Pb, Cd [1, 3].

Анализ распределения химических элементов и соединений в подземных водах проведен по кустам скважин локального мониторинга, расположенных в соответствии с требованиями п. 7.9 ТКП 17.06–01–2007 [2]: локализуемых в пределах зон с разной степенью техногенного влияния:

– в пределах источника загрязнения – зона отвалов (куст А) и зона ближней периферии, прилегающая к отвалам фосфогипса (куст Б);

– ниже по потоку подземных вод на расстоянии не далее границы санитарно-защитной зоны (СЗЗ) (1 000 м) по основным направлениям потока подземных вод – северо-западном (куст В) и юго-западном (куст Г);

– вне зоны влияния источника загрязнения на расстоянии одной ширины санитарно-защитной зоны (в юго-восточном направлении), вверх по потоку подземных вод от источника воздействия (куст Д).

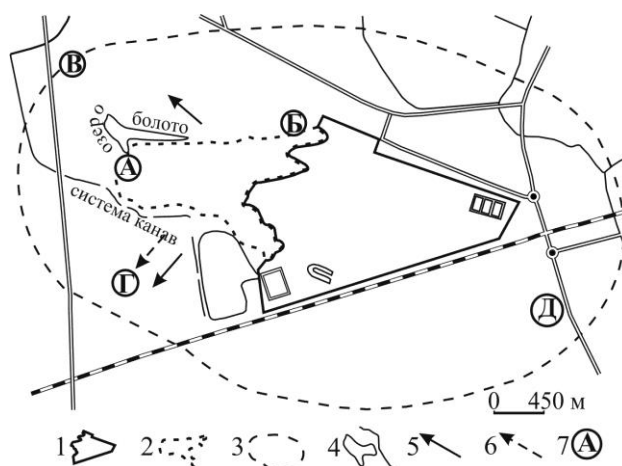


Рисунок – Схема расположения кустов скважин на территории исследования
1 – промышленная площадка ГХЗ; 2 – контуры отвалов фосфогипса; 3 – граница санитарно-защитной зоны; 4 – водные объекты; 5 – направление потока грунтового и подморенного водоносного горизонта; 6 – направление потока палеогенового водоносного горизонта; 7 – кусты скважин

В грунтовом водоносном горизонте в зоне отвалов (куст А) среди макрокомпонентов самые значительные концентрации по отношению к ПДК принадлежат PO_4^{3-} . Весьма значительные концентрации, превышающие ПДК в десятки раз характерны для SO_4^{2-} и NH_4^+ , которые вместе с PO_4^{3-} формируют устойчивую во времени высо-

кую степень загрязнения водоносного горизонта. Последние при этом становятся лидирующими в зоне ближней периферии (куст Б), но их концентрации существенно снижаются, едва превышая ПДК. Концентрация NH_4^+ здесь резко сокращается, составляя доли ПДК. Влияние Cl^- и NO_3^- на формирование загрязнения грунтовых вод зоны отвалов и ближней периферии можно констатировать как несущественное.

Куст А (ПДК): PO_4^{3-} (1 672) > SO_4^{2-} (5,6) > NH_4^+ (5,3) > Cl^- , NO_3^- (0,05).

Куст Б (ПДК): NH_4^+ (1,6) > SO_4^{2-} (1,4) > Cl^- (0,05) > PO_4^{3-} (0,03) > NO_3^- (0,006).

В грунтовых водах дальней периферии (куст В, Г, Д) в многолетнем разрезе абсолютные величины анализируемых макрокомпонентов существенно ниже ПДК, указывая на то, что данные компоненты не играют роли в формировании их загрязнения.

Куст В, Г, Д (ПДК): NH_4^+ (0,8) > SO_4^{2-} (0,1) > Cl^- (0,06) > PO_4^{3-} (0,008) > NO_3^- (0,002).

Периодически в грунтовых водах юго-западного направления (куст Г) наблюдаются повышенные концентрации азота аммонийного. Возможной причиной их повышения может являться как поступление загрязнения по потоку грунтовых вод, так и воздушный перенос загрязняющих веществ и их инфильтрация с талыми и дождевыми водами.

Значительные концентрации анализируемых микроэлементов, превышающие ПДК, тяготеют к центральной части отвалов фосфогипса (куст А). По кратности превышения ПДК они образуют ряд:

Cd (50) > Cu (4,8) > Cr (2,4) > Pb (0,2) > Zn (0,02).

В зоне ближней периферии (куст Б) и на границе СЗЗ (куст В, Г и Д) их содержание в грунтовых водах резко сокращается и практически сравнивается для всех трех направлений, образуя ряд:

Cd (0,5) > Pb (0,2) > Cu , Cr (0,04) > Zn (0,004),

что в целом аналогично среднему распределению этих элементов в грунтовых водах страны.

В нижне-среднеплейстоценовом (подморенном) напорном водоносном горизонте в рядах приоритетности для зоны отвалов (куст А) и их ближней периферии (куст Б) лидирующим является ион SO_4^{2-} , концентрации которого превышают ПДК в 3–6 раз и обуславливают высокую степень загрязнения водоносного горизонта. Анализируемые компоненты в водах дальней периферии характеризуются несущественными концентрациями и варьируют от десятых до сотых долей ПДК.

Куст А (ПДК): SO_4^{2-} (6,6) > NH_4^+ (0,6) > PO_4^{3-} (0,08) > Cl^- (0,06) > NO_3^- (0,02).

Куст Б (ПДК): SO_4^{2-} (3,1) > NH_4^+ (0,65) > Cl^- (0,2) > PO_4^{3-} (0,01) > NO_3^- (0,002).

Куст В, Г, Д (ПДК): SO_4^{2-} , NH_4^+ (0,2) > Cl^- (0,1) > PO_4^{3-} (0,06) > NO_3^- (0,004).

В подморенном и палеогеновом водоносных горизонтах для всех кустов скважин концентрации микроэлементов никогда не превышают ПДК и близки между собой, что позволяет объединить их в единый ряд распределения для обоих водоносных горизонтов: Cd (0,5) > Pb (0,2) > Cr (0,04) > Zn (0,004) > Cu (0,001)

В палеогеновом напорном водоносном горизонте по отношению к ПДК в ряду приоритетности лидирующими является ионы SO_4^{2-} и NH_4^+ . В тоже время концентрации рассматриваемых элементов для всех кустов скважин не превышают ПДК, составляя десятые и даже тысячные доли.

Куст А (ПДК): NH_4^+ (0,25) > PO_4^{3-} (0,04) > SO_4^{2-} (0,03) > Cl^- , NO_3^- (0,007).

Куст Б (ПДК): SO_4^{2-} (0,6) > NH_4^+ (0,3) > Cl^- (0,04) > PO_4^{3-} , NO_3^- (0,01).

Куст В, Г, Д (ПДК): SO_4^{2-} , NH_4^+ (0,2) > Cl^- (0,08) > PO_4^{3-} (0,07) > NO_3^- (0,004).

Таким образом, результаты исследования позволили установить пространственное распределение макро- и микрокомпонентов, оказывающих влияние на формирование загрязнения подземных вод и выявить наличие участков с различной степенью загрязнения. Площади максимального загрязнения подземных вод прослеживаются в контурах размещения отвалов фосфогипса. При продвижении потоков подземных вод к дальней периферии в границах санитарно-защитной зоны ГХЗ происходит сокращение концентраций загрязняющих веществ.

Наиболее высокие концентрации принадлежат SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NH_4^+ , Cd, Cu и $\text{Cr}_{\text{общ}}$ и преимущественно наблюдаются в грунтовых водах зоны отвалов фосфогипса. Сульфатное загрязнение также прослеживается и в нижне-среднеплейстоценовом водоносном горизонте, как зоны отвалов, так и ближней периферии. В палеогеновом водоносном горизонте для всей исследуемой территории в границах СЗЗ за исследуемый период времени концентрации рассматриваемых элементов не превышали ПДК.

Такая обстановка в распределении в подземных водах анализируемых макро- и микроэлементов по-видимому может определяться несколькими факторами. Снижение концентрации анализируемых химических элементов в нижне-среднеплейстоценовом водоносном горизонте возможно ограничивается поглощающей способностью днепровских моренных супесей и суглинков, которая проявляется дифференцированно (активно поглощается PO_4^{3-} , в меньшей степени SO_4^{2-} и NH_4^+). Существенным барьером на пути миграции химических элементов в палеогеновый водоносный горизонт в зоне отвала фосфогипса являются алевриты верхней части палеогеновой толщи, для которых характерна очень слабая проницаемость и вероятно высокая сорбционная способность. Миграция химических элементов по основным направлениям потока подземных вод может быть ограничена для ряда из них в зависимости от существующих типов геохимических условий, например, когда наряду с кислородной встречается глеевая и сероводородная обстановка. В тоже время незначительные мощности слабопроницаемых отложений, временами невыдержанность их по площади распространения, гидродинамические особенности взаимосвязи водоносных горизонтов, являются неблагоприятными факторами для обеспечения защищенности напорных подземных вод. Все это создает условия с трудно прогнозируемыми процессами миграции химических элементов.

Библиографические ссылки

1. Инструкция о порядке проведения локального мониторинга окружающей среды юридическим лицами, осуществляющими эксплуатацию источников вредного воздействия на окружающую среду. Нац. реестр правовых актов Республики Беларусь, 2007. № 148, 8/16640. С. 121–136.
2. Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Правила размещения пунктов наблюдений за состоянием подземных вод для проведения локального мониторинга окружающей среды: ТКП 17.06–01–2007. Минск: Минприроды, 2007. 12 с.
3. СанПин 10–124 РБ 99 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Минск, 2000.