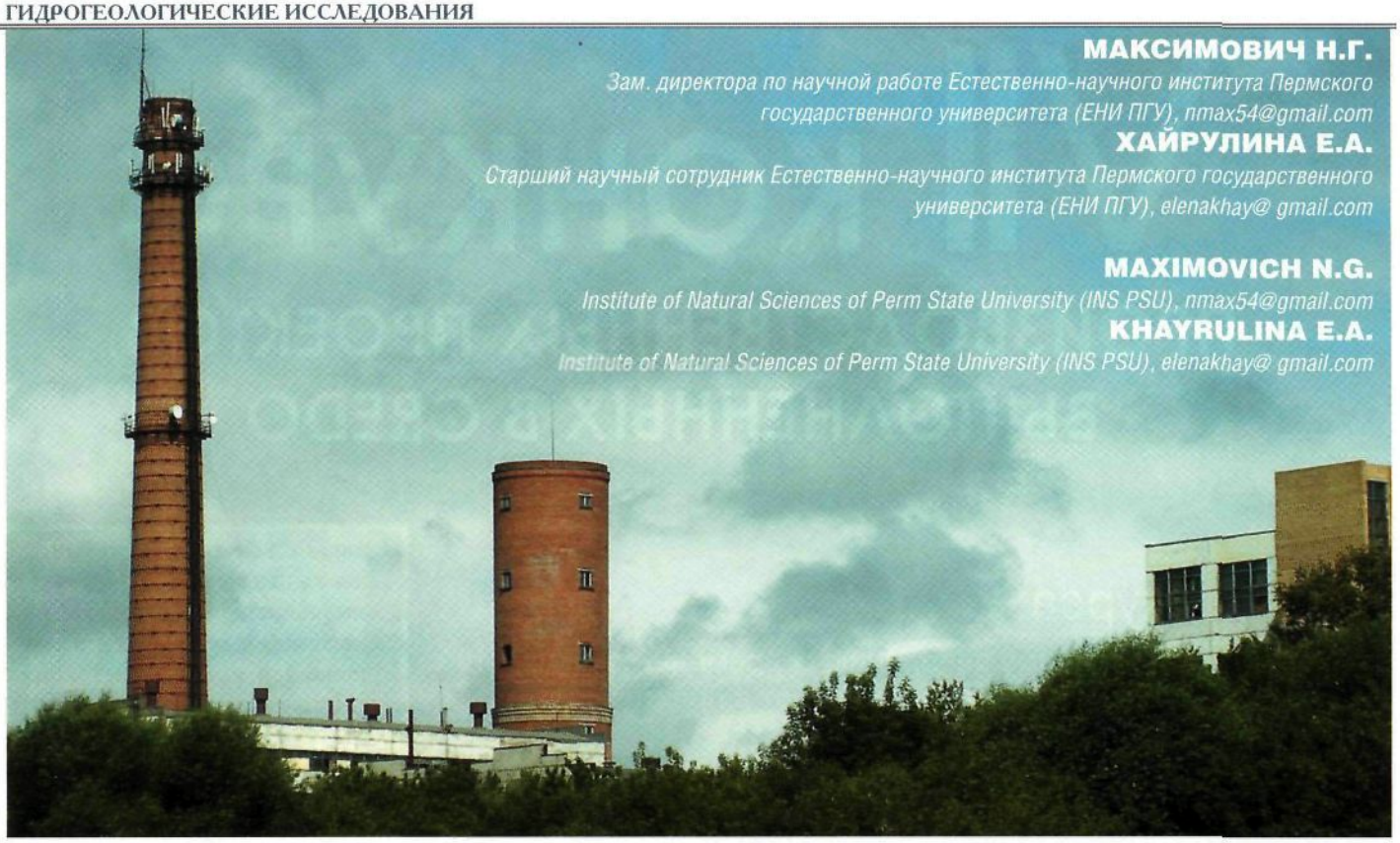


МАКСИМОВИЧ Н.Г.
Зам. директора по научной работе Естественно-научного института Пермского государственного университета (ЕНИ ПГУ), nmax54@gmail.com
ХАЙРУЛИНА Е.А.
Старший научный сотрудник Естественно-научного института Пермского государственного университета (ЕНИ ПГУ), elenakhay@ gmail.com

MAXIMOVICH N.G.
Institute of Natural Sciences of Perm State University (INS PSU), nmax54@gmail.com
KHAYRULINA E.A.
Institute of Natural Sciences of Perm State University (INS PSU), elenakhay@ gmail.com

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЛЕСОПАРКОВОЙ ЗОНЫ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА

FEATURES OF INVESTIGATING RECREATIONAL FOREST GROUNDWATER OF A LARGE INDUSTRIAL CITY

Ключевые слова: лесопарки, городская территория, гидрогеологические условия, загрязнение, устойчивость гидросферы.

Key words: parks, urban areas, hydrogeological conditions, contamination, stability of the hydrosphere.

Аннотация: в статье представлены результаты исследований гидрогеологических условий и экологического состояния подземных вод на территории крупного лесопарка г. Перми. Рассмотрены особенности залегания и колебания уровня грунтовых вод, оценка их защищенности, зависимость изменения площадей переувлажненных участков от уровня грунтовых вод, распределение содержания загрязнителей. Также приведена оценка устойчивости гидросферы лесопарка к ведению инженерной деятельности.

Abstract: the article presents the research results of the hydrogeological conditions and ecological state of groundwater within a city-forest park of the Perm. It was described the features of the groundwater occurrence and fluctuations, analysis of natural protection of ground waters, variation of wetland area, the special contaminant distribution and the stability of the hydrosphere city-forest park to engineering activities.

Введение

Крупные промышленные города являются участками геосферы, где техногенное воздействие достигает максимальной напряженности. Кроме того, здесь формируются техногенные геохимические аномалии, которые являются вторичными источниками поступления загрязнителей в пригородные зоны [2].

Особое место в городской среде занимает лесопарковая зона. Традиционно при экологической оценке данных территорий исследуются животный мир, растительность, воздух, поверхностные воды и почвы [9]. Изучению состояния подземных вод уделяется меньшее внимание. Тем не менее подземная гидросфера в пределах лесных массивов, находящихся на территории крупных городов, подвергается существенному изменению, связанному с нарушением естественного водообмена и загрязнением.

Исследование подземных вод таких территорий имеет ряд особенностей. Наряду с общепринятыми критериями оценки их состояния, регулируемыми нормативными документами [7, 8], необходим более детальный анализ факторов, влияющих на биотические компоненты, среди которых прежде всего следует отметить глубины залегания подземных вод, амплитуду их колебания и химический состав. Эти и некоторые другие параметры необходимо учитывать при проведении инженерных изысканий на территории городских лесных массивов.

Исследование гидрогеологических условий проводилось на примере Черняевского лесопарка г. Перми, являющегося особо охраняемой территорией регионального значения [6], для которого разрабатывался проект благоустройства.

Целью исследования являлась оценка устойчивости гидросферы к инженерной деятельности в пределах лесопарковой зоны города. Основными задачами были анализ влияния внутрен-

них и внешних источников техногенного воздействия на режим и загрязнение подземных вод, оценка их защищенности, зонирование территории по устойчивости гидросферы к ведению инженерной деятельности.

Черняевский лесопарк площадью 6,9 км^2 является уникальным лесным массивом, который, несмотря на расположение в черте города (рис. 1), сохранил черты зональных ландшафтов. Этому способствовали его большая территория, статус, существенно ограничивающий хозяйственную деятельность в ее пределах, и специфические гидрогеологические условия.

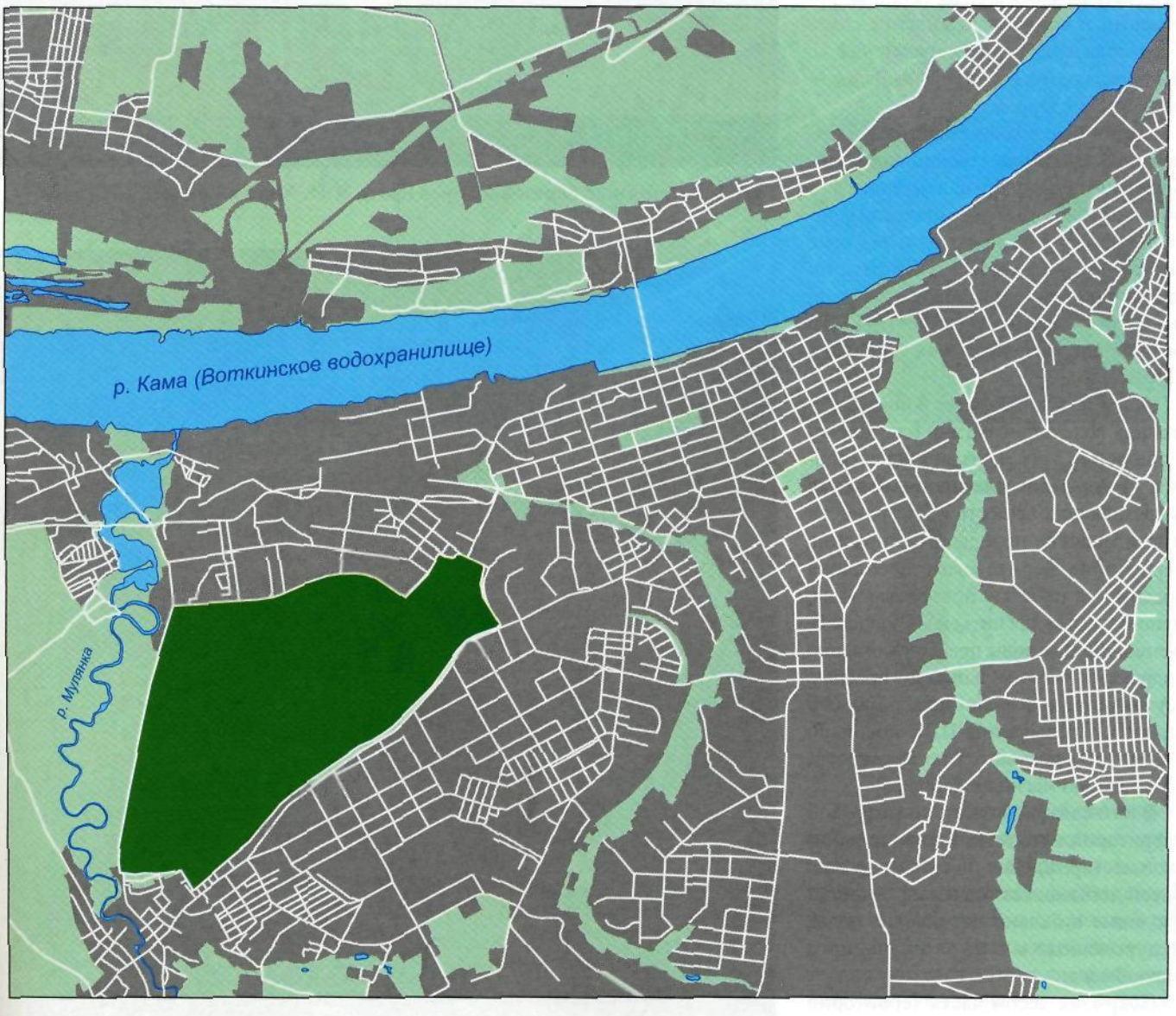
Природная характеристика. Изучаемая территория расположена на восточной окраине Восточно-Европейской платформы, по условиям залегания осадочного чехла здесь выделяется одна из крупных тектонических форм региона — Пермский свод. Рассматриваемый участок располагается в пределах Муллинской впадины, которая имеет вид котловины протяженностью около 100 км. К пониженной части Муллинской впадины приурочено русло р. Камы с низкими террасами.

Рельеф территории — речного происхождения, сформировавшийся в результате глубинной боковой регрессивной эрозии и аккумуляции. Рельефообразующим элементом является р. Кама и ее притоки (р. Мулянка, мелкие ручьи). По внешнему виду рельеф территории равнинный, по морфологическим категориям — волнистый, холмистый и долинный, по глубине расчленения — слаборасчлененный.

Территория участка является частью Камской долины, выполненной разновозрастными четвертичными отложениями. Основными элементами рельефа являются пойма и аккумулятивно-эрозионные надпойменные террасы.

Поверхностные водотоки, протекающие по территории Черняевского лесопарка, представлены р. Костянкой и ручьями. Они относятся к правобережному бассейну р. Мулянки, впадающей в р. Каму, а также к бассейну р. Данилихи в северной части парка. Кроме водотоков поверхностная гидросфера представлена прудами и озерами.

Геологическое строение верхней части разреза (четвертичные аллювиальные и верхняя часть шешминских отложений) представляет собой аллювиальные отложения поймы, которые слагают



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- территория Черняевского лесопарка
- озеленение и городские леса
- застроенная территория
- крупные реки, водохранилища

Рис. 1. Расположение Черняевского лесопарка на территории г. Перми

пески, глины, суглинки, торф (линзами); I террасы — песок разнозернистый, песок гравелистый, гравийный грунт, II и III террасы — песок, супесь гравелистая, гравийный грунт; коренные отложения на всех элементах одинаковые: песчаник, аргиллит, алевролит.

По условиям взаимосвязи водоносных горизонтов и комплексов с поверхностью выделяются две гидродинамические зоны: активного и затрудненного водообмена. Для результатов выполняемой работы наибольшее значение имеет зона активного водообмена, которая содержит пресные подземные воды четвертичного аллювиального горизонта и шешминского водоносного комплекса.

Поток грунтовых вод имеет направление к ближайшей дрене — р. Мулянке. Для грунтовых вод характерны террасовый и приречный виды режима. Террасовый вид распространен на I, II, III террасах р. Камы, приречный вид — на пойме и I террасе.

Подземные воды четвертичных отложений преимущественно гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые, в большинстве случаев с минерализацией до 1 г/л. Отмечены повышенные значения минерализации, жесткости, концентрации хлоридов, сульфатов, нитратов и других компонентов, что является характерным для городских *территорий* [6].

Присутствие в четвертичных отложениях водоупорных глин (суглинков) мощностью 5–11 м создает определенное препятствие для проникновения загрязняющих веществ с поверхности в шешминские породы, в которых на территории Черняевского лесопарка содержатся пресные подземные воды, используемые для питьевого водоснабжения. Данные воды преимущественно гидрокарбонатно-кальциевые, пресные (сухой остаток вод составляет 300–600 мг/дм^3). Превышения ПДК довольно стабильно отмечаются по жесткости, содержанию магния и бария [3].

В юго-западной части исследуемой территории находится Верхнемуллинское месторождение минеральных вод. Здесь добываются питьевые лечебно-столовые и бальнеологические воды, приуроченные к зоне затрудненного водообмена.

Покрытая лесом часть территории лесопарка составляет 82,9% (рис. 2). На непокрытых лесом землях (17,1% площади лесопарка) наибольшие тер*ритории занимают прогалины и ланд*шафтные поляны (8,2% общей площади парка) (рис. 3).

Рис. 2. *Вторичные березовые леса* (фото К.И. Малеева)

Рис. 3. Поляна в квартале 12, образованная в результате прокладки минерализованных полос (фото К.И. Малеева)

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- реки, ручьи
- пруды, озера
- заболоченности
- болота
- труднопроходимые болота
- застроенные территории
- граница Черняевского лесопарка
- скв 1 — скважины
- —101— гидроизогипсы при максимальном уровне грунтовых вод и их отметки, м
- просеки

переувлажненные участки

- постоянно
- периодически

глубина залегания грунтовых вод при максимальном уровне, м

- 0,0 м
- 1,5 м
- 3,5 м
- 5,5 м
- 7,5 м
- 9,5 м

Рис. 4. Гидрологические условия Черняевского лесопарка

Разнообразие ландшафтов обеспечивает видовое богатство растительного и животного мира. Флора насчитывает более 215 видов высших растений. В том числе три вида растений, имеющие статус редких и исчезающих, занесены в Красную книгу Пермского края: *Goodyera repens* R. Br., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Lilium martagon* L. (*Lilium martagon* L.var. *pilosiusculum* Freyn.). Черняевский лесопарк является одним из самых богатых по видовому разнообразию птиц парков Перми. Здесь встречаются в различные сезоны года птицы 124 видов, относящихся к 32 семействам 12 отрядов [6].

Источники техногенного воздействия. В пределах Черняевского лесопарка хозяйственная деятельность существенно ограничена, однако недра и подземные воды в той или иной степени подвержены техногенному воздействию, которое приводит к загрязнению грунтов и подземных вод. Источники техногенного воздействия находятся как на территории Черняевского лесопарка, так и за его пределами.

Внешние источники. Общее направление движения поверхностного стока с юго-востока на северо-запад обеспечивает поступление загрязненных талых и дождевых вод с городской территории. На прилегающей городской территории отсутствует ливневая канализация, вследствие чего весь сток попадает на территорию лесопарка. Об интенсивности этого стока говорят погребенные под слоем наносов почвы на периферии лесопарка. Отсутствие на территории исследования каналов поверхностного стока и высокая прони-

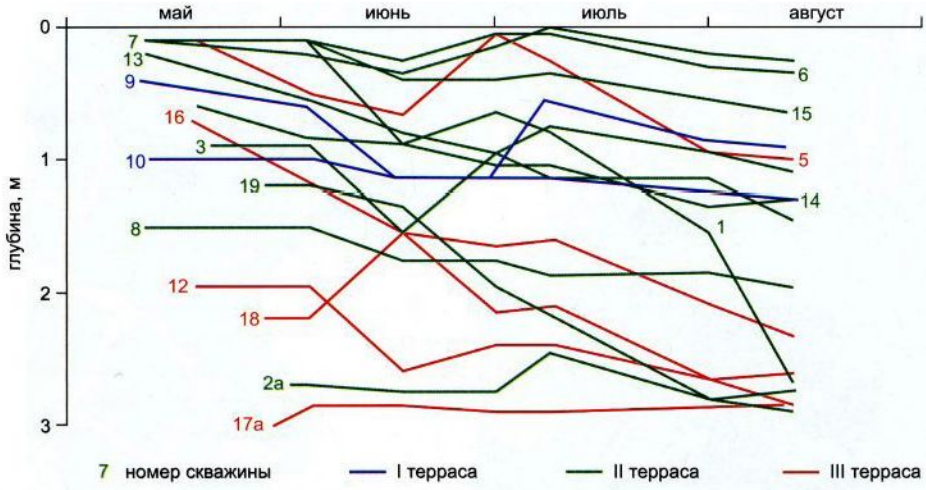


Рис. 5. Уровенный режим грунтовых вод Черняевского лесопарка в летнее время

цаемость пород способствуют существенной инфильтрации загрязняющих веществ в грунтовые воды.

Поверхностный сток с городских водосборов содержит значительное количество загрязняющих веществ: взвешенных, органических, нефтепродуктов, соединений азота, фосфора и др.

Источником поступления загрязняющих веществ в подземные воды являются атмосферные осадки, содержащие загрязнители. Расположение парка в районе города с химико-машиностроительной специализацией промышленности и в окружении крупных автомагистралей способствует формированию специфического спектра атмосферного загрязнения [3–5]. Среди загрязнителей атмосферного воздуха на территории лесопарка выявлены фенол (1,1 ПДК), сероводород (1,1 ПДК), ксилол (2,6 ПДК), формальдегид (4,0 ПДК), этилбензол (2,4 ПДК), железо (1,8 ПДК), свинец (1,3 ПДК) и др.

Территория исследований расположена в зоне транзитного движения потока подземных вод, от склоново-водораздельного пространства к дренам — рекам Мулянке и Каме (Воткинскому водохранилищу). В области питания, где расположена часть г. Перми и в том числе некоторые промышленные предприятия, происходит неизбежное загрязнение подземных вод. Для грунтовых вод г. Перми характерно загрязнение нитратами, аммонием, нефтепродуктами. Показатели жесткости и ХПК также превышают нормативные значения [3].

Верхняя часть грунтового потока разгружается в виде родников и мочажин непосредственно в пределах Черняевского лесопарка.

Внутренние источники. В пределах территории исследований загрязнение грунтовых вод связано с неорганизованными свалками мусора, застойными водами заболоченных мест, с утечками и аварийными ситуациями в системе канализации, возможными утечками по трассе канализационного коллектора и попаданием минерализованных вод глубоких горизонтов в пресноводную зону по стволам скважин месторождения лечебно-столовых вод.

Методика исследований

Несмотря на расположение лесопарка на освоенной территории города, специальное изучение подземных вод здесь не проводилось. Для уточнения гидрогеологической ситуации была пробурена в верхней аллювиальной толще 21 скважина (рис. 4). В скважинах проводились замеры уровней грунтовых вод и температуры.

Гидрохимические исследования воды из скважин проводились в осенне-зимний и весенний периоды. Пробы воды из скважин исследовались на содержание следующих компонентов: кальций, магний, ионы аммония, гидрокарбонаты, железо общее, сульфаты, фосфаты, хлориды, нитраты, нитриты, хром (общий, трех- и шестивалентный), СПАВ, нефтепродукты, фенол. Определялись такие показатели, как pH, сухой остаток, БПК, ХПК. Проводились лабораторные исследования микрокомпонентного состава подземных вод по 39 элементам.

По результатам работ был создан комплект карт, на которых отражены глубины залегания грунтовых вод, переувлажненные участки, распределение содержания загрязнителей, зонирование территории и некоторые другие характеристики, важные для биотических компонентов.

Результаты исследования

Гидродинамические условия. Режим грунтовых вод в районе Черняевского лесопарка во многом обусловлен достаточно высокой проницаемостью пород, значительной залесенностью, относительно высоким перепадом высотных отметок (от 95 до 126 м), небольшим количеством водотоков, наличием дрены вдоль западной границы (р. Мулянки). Эти факторы определили специфику структуры потока грунтовых вод, которая здесь имеет не совсем типичную картину.

Поверхность грунтовых вод практически не зависит от расчлененности рельефа (рис. 5), как это бывает в большинстве случаев, а имеет практически равномерную структуру по всей территории. Это, по-видимому, обусловлено одинаковой интегральной проницаемостью массива, несмотря на неоднородный состав аллювиальных отложений.

Глубина залегания грунтовых вод различна (см. рис. 3) и определяется топографическим фактором. Наиболее обширный по площади участок, где грунтовые воды залегают близко к поверхности, приурочен к пониженному участку в центральной части исследуемой территории. Здесь отмечаются процессы заболачивания, в основном обусловленные двумя факторами: выходом грунтовых вод на поверхность и плохими условиями стока.

Близкое залегание к земной поверхности грунтовых вод отмечено на правом берегу долины р. Мулянки в пределах I надпойменной террасы р. Камы, где строительство дороги спровоцировало процессы заболачивания. Небольшие по площади локальные участки близкого залегания грунтовых вод к поверхности отмечаются в северной и северо-восточной частях Черняевского лесопарка. По мере возрастания отметок поверхности земли глубина залегания грунтовых вод увеличивается, достигая в западной части исследуемой территории 4–11 м. В этой части в рельефе прослеживается заметное повышение в форме хребта.

Сформировавшаяся гидравлическая система определила сложный ход уровней подземных вод (см. рис. 5). Наблюдения за режимом грунтовых вод с мая по август (весенний паводок — осенняя межень) показали, что амплитуда колебаний уровней крайне неравномерна по площади. Наряду с общей тенденцией снижения уровня на отдельных участках происходит его локальный подъем,

другие участки характеризуются стабильностью уровней.

По результатам сопоставления уровней с отметками поверхности земли выделены участки, постоянно переувлажненные за счет поступления грунтовых вод на поверхность земли, и участки, переувлажняемые периодически (см. рис. 4).

В пределах лесопарка выделяются несколько зон выходов грунтовых вод на поверхность. Первый, наиболее обширный, приурочен к центральной части лесопарка, другой расположен вдоль правобережной части долины р. Мулянки, и два небольших по размерам участка находятся в северной и северо-восточной частях лесопарковой зоны. Суммарная площадь зон, где грунтовые воды поступают на поверхность земли практически постоянно, даже в засушливые периоды, приблизительно равна 1,17 км^2, или 15% от площади лесопарка.

В периоды дождей и таяния снега происходит расширение площадей переувлажненных участков (см. рис. 4). Кроме этого, формируются новые небольшие локальные очаги, которые приурочены обычно к долинам временных водотоков и другим понижениям рельефа. Высокое стояние уровня грунтовых вод, в ряде случаев спровоцированное техногенным фактором, выражается в переувлажнении и заболачивании земель (рис. 6), что может привести к смене растительных сообществ. В условиях загрязнения грунтовых вод химические вещества поступают в биологический круговорот, что негативно сказывается на природных комплексах в целом.

Защищенность подземных вод является важной экологической характеристикой, показывающей, как толща грунтов задерживает проникновение в них загрязнителей. Эта характеристика важна для Черняевского лесопарка потому, что грунтовые воды используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Перми (водозабор «Светлый») и в пределах лесопарка могут подвергаться непосредственному воздействию в случае утечек и аварийных разливов из канализационного коллектора, при инфильтрации загрязненных дождевых и талых вод, стекающих с городской территории.

По методике Гольдберга–Газда [1] произведен расчет естественной защищенности грунтовых вод от поверхностного загрязнения и построена схематическая карта качественной оценки условий защищенности грунтовых вод (рис. 7).

Результаты расчетов показывают, что в пределах лесопарка грунтовые воды повсеместно характеризуются I категорией условий защищенности, то есть имеют наименьшую защищенность. Слабая защищенность грунтовых вод обусловлена особенностями строения зоны аэрации, которая имеет небольшую мощность (0–6,0 м) и сложена относительно хорошо проницаемыми отложениями, в основном песком и супесью, реже суглинком. Коэффициент фильтрации пород, слагающих зону аэрации, изменяется в пределах 0,3–4,62 м/сут.

Гидрохимические исследования грунтовых вод показали, что на территории Черняевского лесопарка распространены воды пресные (сухой остаток 104–646 мг/дм^3), водородный показатель изменяется в пределах 7,4–5,49. В ионном составе преобладают гидрокарбонаты и кальций, реже сульфаты и натрий. По содержанию азотосодержащих компонентов на ряде участков исследуемой территории прослеживается азотное загрязнение. Высокое содержание аммония (1,1–7,5 ПДК), нитратов (2,2–2,9 ПДК) и нитритов (1,2–1,8 ПДК) в центральной заболоченной части лесопарка связано, скорее всего, с природными факторами — процессами заболачивания (рис. 8).

Грунтовые воды на территории Черняевского лесопарка повсеместно загрязнены фенолом (2,2–20,6 ПДК) (см. рис. 8). Характер распределения содержания данного загрязнителя по площади свидетельствует о его поступлении с атмосферными осадками. В летний период содержание фенолов обычно снижается, так как с увеличением температуры увеличивается скорость распада данного вещества.

Максимальные концентрации нефтепродуктов (до 29,2 ПДК) выявлены в южной части Черняевского лесопарка (см. рис. 8). По ходу грунтового потока, направленного вглубь лесопарка, содержание нефтепродуктов уменьшается. Особенности распределения нефтепродуктов указывают, что источник их поступления находится на городской территории.

Повышенное значение ХПК характерно для всей территории лесопарка с максимальными значениями в центральной части до 3 ПДК (см. рис. 8). Такое распределение значений ХПК говорит скорее всего об общем техногенном загрязнении в сочетании с высоким содержанием органического вещества на переувлажненных участках.

Изучение микроэлементного состава грунтовых вод территории Черняевского лесопарка показало, что содержание практически всех микроэлементов ниже предельно допустимых значений. Различия в химическом составе в большей степени обусловлены составом горных пород. Например, максимальные концентрации титана прослеживаются в пробах из скважин, в которых в повышенном количестве обнаружены ильменит ($FeTiO_3$) и сфен ($CaTiSiO_5$); циркония — циркон ($ZrSiO_4$); хрома — хромит ($FeCr_2O_4$).

Проведенные исследования позволили выделить проблемные в гидрогеохимическом отношении участки.

Рис. 6. Развитие процессов заболачивания в результате нарушения поверхностного стока

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- реки, ручьи
- пруды, озера
- заболоченности
- болота
- труднопроходимые болота
- застроенные территории
- граница Черняевского лесопарка
- скв 1 — скважины
- —101— гидроизогипсы при максимальном уровне грунтовых вод и их отметки, м
- просеки

защищенность грунтовых вод по методике Гольдберга-Газда, баллы

- 0
- 1
- 2

Рис. 7. Защищенность грунтовых вод Черняевского лесопарка

В центральной части Черняевского лесопарка зафиксированы повышенные концентрации нефтепродуктов, железа, кобальта, аммония и фенола. Пониженное в гипсометрическом отношении положение участка способствует накоплению загрязнителей. Эта особенность нашла отражение в распределении содержания таких компонентов, как кальций, натрий, хлориды, сульфаты, и сухого остатка. Превышений ПДК по перечисленным показателям не выявлено, но максимальные концентрации оказываются приуроченными к этой части, то есть этот участок характеризуется повышенной способностью аккумулировать загрязняющие вещества.

Заключение

Гидрогеологическая обстановка на территории Черняевского лесопарка определяет ряд его экологических особенностей, которые необходимо учитывать при разработке проекта благоустройства.

Территория Черняевского лесопарка является областью транзита грунтовых вод, двигающихся с обширной городской территории к ближайшей дрене (р. Мулянке), что способствует привносу загрязнителей.

Поток грунтовых вод, несмотря на различие фильтрационного состава грунтов и расчлененность рельефа, имеет равномерную в плане структуру. В понижениях рельефа на территории лесопарка формируются значительные области, где подземные воды выходят на поверхность, образуя переувлажненные участки. Сезонные колебания уровня грунтовых вод приводят к изменению размеров заболоченных участков. При высоких уровнях эта зона составляет 1,76 км^2 (23% от всей площади лесопарка). При низких значениях она уменьшается до 1,17 км^2 (на 44%).

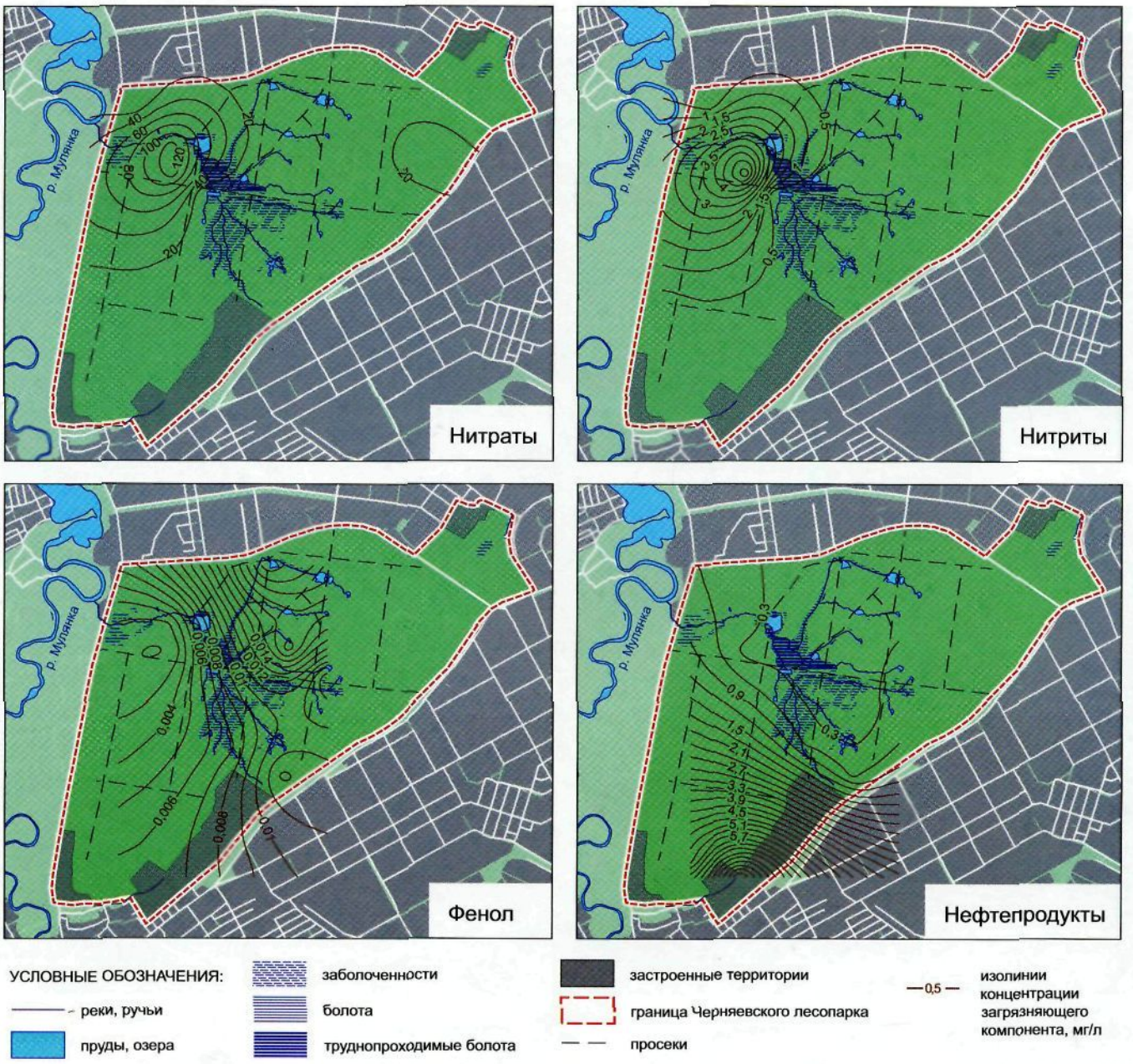


Рис. 8. Содержание загрязняющих компонентов в грунтовых водах

На территории лесопарка существует обширная зона (4,2 км^2), где грунтовые воды залегают на глубине менее 2 м. Примерно до такой глубины в данной климатической области происходит интенсивное испарение с поверхности грунтовых вод, что наряду с неглубоким залеганием грунтовых вод создает стабильные условия для произрастания растительных сообществ. Эта зона служит своеобразным ядром лесопарка, здесь отмечается наибольшее биоразнообразие. Инженерная деятельность в этой зоне может привести к изменению глубины залегания и режима подземных вод, что крайне негативно скажется на сформировавшейся структуре биотических комплексов (рис. 9).

Низкая защищенность грунтовых вод практически на всей территории способствует их загрязнению. Повышенные концентрации нефтепродуктов, железа, кобальта, аммония и фенола обнаружены в центральной части Черняевского лесопарка. Основными потенциально опасными источниками в данной ситуации являются стоки ливневых вод, попадающих с городской территории в лесопарк, свалки мусора на территории лесопарка. При благоустройстве территории необходимы мероприятия по отводу ливневых вод и разработка правил обращения с отходами.

Режим грунтовых вод, несмотря на относительную простоту гидрогеологических условий, носит сложный характер, что во многом обусловлено структурой потока, практически не связанной с рельефом, и слабо развитой гидрографической сетью. Растительные сообщества крайне чувствительны к колебаниям уровня, в связи с чем при благоустройстве лесопарка необходимо учитывать факторы, влияющие на режим грунтовых вод. Прежде всего это относится к земляным работам, связанным с нарушением поверхностного стока, организацией ливневого стока, прокладкой тропинок и т.д.

Проведенные исследования показали, что при разработке проекта благоустройства Черняевского лесопарка гидрологические факторы имеют первостепенное значение для сохранения растительных сообществ.

Очевидно, что опыт оценки гидрогеологических условий лесопарковой зоны применим и к другим подобным объектам. Учитывая важность этих факторов при ведении инженерной

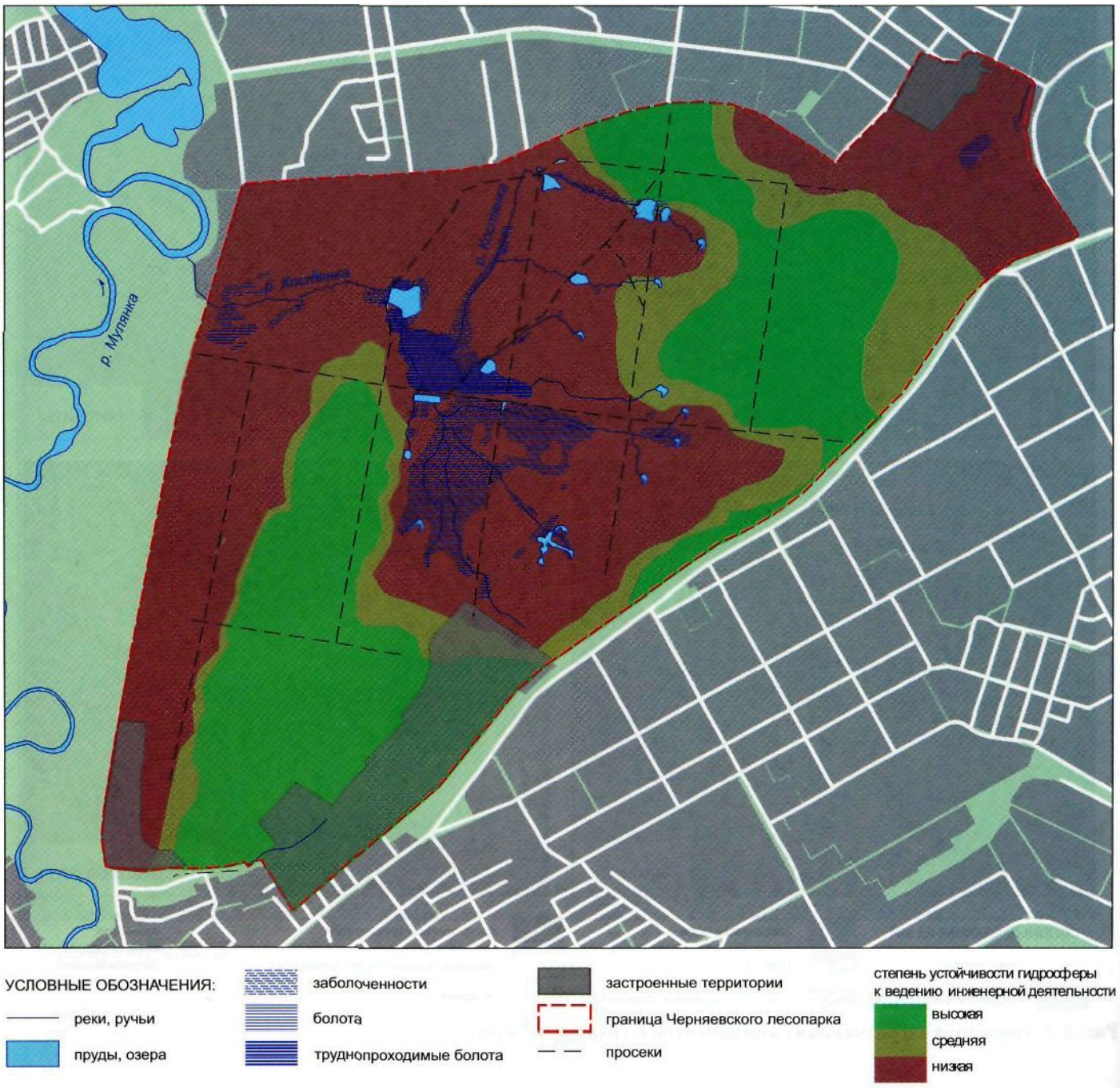


Рис. 9. Устойчивость гидросферы Черняевского лесопарка к ведению инженерной деятельности

деятельности, в лесопарковых зонах необходима система продуманных мероприятий, направленных на сохранение естественных гидрогеологических условий, включая разработку системы мониторинга подземных вод для принятия оперативных мер в случае существенного изменения ситуации.

Настоящая работа была подготовлена при поддержке гранта РФФИ 10-05-96017 р_урал_а «Теоретические основы создания искусственных геохимических барьеров для защиты окружающей среды при освоении природных ресурсов Западного Урала».

Список литературы

1. *Гольдберг В.М., Газда С.* Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. М.: Недра, 1984. 262 с.

2. *Касимов Н.С., Никифорова Е.М.* Геохимия городов и городских ландшафтов. География, общество, окружающая среда. Т. IV: Пиродно-антропогенные процессы и экологический риск / под ред. С.А. Малхазовой и Р.С. Чалова. М.: Городец, 2004. С. 474–507.

3. *Катаев В.Н., Щукова И.В.* Подземные воды города Перми. Пермь: Перм. гос. ун-т, 2006.

4. *Максимович Н.Г., Ворончихина Е.А., Хайрулина Е.А., Жекин А.В.* Техногенные биогеохимические процессы в Пермском крае // Георискь. 2010. № 2. С. 38–45.

5. *Малеев К.И., Бельтюков Г.В., Двинских С.А. и др.* Закамск. Экология и здоровье. Пермь, 1993. 96 с.

6. Особо охраняемые природные территории Пермской области. Реестр / под ред. С.А. Овеснова. Пермь: Книжный мир, 2002.

7. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. М.: ПНИИИС, Госстрой России, 1997. 50 с.

8. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. М.: ПНИИИС, Госстрой России, 1997. 41 с.

9. Экология города. М.: Научный мир, 2004. 624 с.