

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ ГОМЕЛЯ

¹И.А. Красовская, ¹А.Н. Галкин, ²М.Г. Верутин, ²С.В. Коваленко

¹Витебский государственный университет им. П.М. Машерова
Московский пр., 33, 210038, Витебск, Беларусь
E-mail: krasovskaya@vsu.by

²Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины
ул. Советская, 104, 246099, Гомель, Беларусь
E-mail: nis@gsu.unibel.by

Рассматриваются основные типы техногенного воздействия на эколого-геологическую обстановку территории Гомеля. Делается вывод о том, что сложившаяся в настоящее время ситуация не относится к категории экологического бедствия, но остается до сегодняшнего дня довольно напряженной. Согласно существующим подходам к типизации техногенных воздействий на геологическую среду приводится классификация техногенного воздействия, объединяющая все возможные виды воздействия на эколого-геологическую систему Гомеля и позволяющая проводить оценку ее состояния в комплексе природоохранных мероприятий.

В последнее десятилетие в геологической науке возникло и активно развивается новое направление – экологическая геология, изучающая экологические функции литосферы, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под влиянием природных и техногенных причин в связи с жизнью и деятельностью биоты и, прежде всего, человека. Под экологическими функциями литосферы понимается все многообразие функций, определяющих и отражающих роль и значение литосферы, включая подземные воды, нефть, газы, геофизические поля и протекающие в ней геологические процессы, в жизнеобеспечении биоты и, главным образом, человеческого сообщества (Трофимов, Зилинг, 2002). Объектом исследований экологической геологии служат эколого-геологические системы, главным отличием которых является наличие живого и неживого компонентов.

Изучение крупных городских агломераций является важной и необходимой задачей экологической геологии, поскольку только в крупных городах в результате суммарного наложения различного рода воздействий создается уникальный тип эколого-геологической системы, где геологическая среда подвергается весьма интенсивной техногенной трансформации, а ее состояние оценивается спецификой проявления ресурсной, геофизической, геохимической, геодинамической экологических функций литосферы. Комплексная оценка эколого-геологического состояния урбанизированной территории как техногенной составляющей эколого-геологической системы невозможна без типизации техногенных воздействий на геологическую среду.

В качестве типового объекта для эколого-геологических исследований авторами был выбран Гомель, который, как и большинство современных крупных городов, располагает высоким промышленным и энергетическим потенциалом, разветвленной транспортной сетью и обширным коммунальным хозяйством. Пространственная организация Гомельской городской агломерации имеет сложную структуру, основной частью которой являются промышленная и селитебная зоны, отличающиеся между собой степенью негативного воздействия на состояние всех компонентов эколого-геологической системы. Воздействие каждой зоны в значительной мере преобразует естественное состояние геологической среды, являясь причиной возникновения физического, химического и биологического загрязнения ее компонентов. При этом следует отметить, что вносимый ими вклад в экологическое состояние города имеет различный характер.

Изучение состояния геологической среды территории Гомеля в разных аспектах проводилось на протяжении ряда лет (1986–2001) сотрудниками Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины, а также производственными и научными организациями: РУП «Белгеология», Институтом геохимии и геофизики НАН Беларуси, УП «Геосервис», Белорусским научно-исследовательским центром (БелНИЦ) «Экология», Центральным научно-исследовательским институтом комплексного использования водных ресурсов (ЦНИИКИВР), Белорусским

научно-исследовательским геологоразведочным институтом (БелНИГРИ) и др. В ходе изучения эколого-геологического состояния геологической среды территории Гомеля авторами был выполнен целый ряд исследований, в том числе и полевых, результаты которых позволяют делать выводы об источниках, характере и последствиях каждого класса и типа воздействия на геологическую среду города и эколого-геологическую обстановку в целом. При этом на основе анализа прямых критериев: интенсивности излучения, уровня шума, валового содержания загрязняющих веществ и др. – определены уровни трансформации экологических функций литосферы территории и выделены следующие зоны: экологической нормы, которая включает территории, где значения прямых критериев оценки ниже ПДК или фоновых; экологического риска, включающая территории с обратимыми нарушениями функционирования экосистем, где прямые критерии оценки незначительно превышают ПДК или фоновые значения; экологического кризиса, к которой отнесены территории с потерей устойчивости экосистем и труднообратимыми нарушениями, где значения прямых критериев оценки значительно превышают ПДК или фоновые. Следует отметить, что зоны экологического бедствия с полной потерей продуктивности и необратимыми нарушениями экосистем в пределах Гомеля установлены не были.

ИСТОЧНИКИ И ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Физическое воздействие, наряду с другими (химическим и биологическим), играет немаловажную роль в формировании эколого-геологической обстановки Гомеля. Его можно определить как суммарный энергетический потенциал искусственно создаваемых физических полей, иногда значительно превосходящий по величине потенциал естественных геофизических полей и оказывающий в силу этого негативное воздействие на окружающую, в том числе геологическую, среду, инженерные сооружения и экосистемы (биоту).

Анализ многочисленных опубликованных и фондовых материалов (Кудельский и др., 1990, 1997; Акулевич и др., 1997; Какарека и др., 1997; Верутин и др., 1998; Жогло, 2001 и др.; Природная ..., 2002) свидетельствует о том, что в возникновении физического загрязнения в Гомеле основную роль играют искусственные радиационное, акустическое (шумовое), температурное и электрическое поля. Источниками указанных искусственных физических полей являются последствия аварии на ЧАЭС, энергетические комплексы, электрифицированные троллейбусные линии, линии электропередач переменного и постоянного тока, промышленные предприятия, градостроительные объекты

и т. п. Физические поля иных видов менее значимы при формировании эколого-геологической обстановки на территории города.

Особую экологическую опасность представляет радиационное загрязнение компонентов геологической среды радионуклидами (РН) цезия-137 и стронция-90, возникшее в результате аварии на ЧАЭС в апреле 1986 г.

К настоящему времени накоплен достаточно обширный материал по радиологической обстановке юго-востока Беларуси и Гомеля в частности. Обобщая многочисленные данные с учетом результатов собственных наблюдений (Верутин и др., 1998), можно отметить главные особенности радиационного загрязнения.

В наибольшей степени радиоактивному загрязнению в городе подверглись почвы и грунты зоны аэрации. Участки с относительно пониженной плотностью загрязнения почв основным загрязнителем – цезием-137 – пространственно тяготеют к южной и крайней юго-западной частям города. Здесь содержание цезия-137 в почвогрунтах изменяется от 0,18 до 1,0 Ки/км², тогда как до 1986 г. естественный фон для изучаемой территории не превышал 0,1 Ки/км². Отмечается несколько пятен с содержанием 1,0–2,7 Ки/км² в 5-м микрорайоне города и в долине р. Сож. Остальная часть города (центральная, северная и восточная) загрязнена от 1,0 до 5,0 Ки/км² с локальными и точечными пятнами загрязнения, превышающими 5,0 Ки/км² (Верутин и др., 1998; Природная ..., 2002).

Загрязнение радионуклидами грунтов зоны аэрации привело к их проникновению в подземные воды (Кудельский и др., 1990; Жогло, 2001). Если до 1986 г. активность радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в подземных водах составляла тысячные доли Бк/л, то уже в 1987 г. на площадях с высокой степенью загрязнения эти величины возросли и, по данным В.Г. Жогло (2001), составили до 0,1–0,2 Бк/л (0,3–0,9 пКи/л) по стронцию-90 и 5–10 Бк/л (150–300 пКи/л) по цезию-137, а в отдельных случаях до 50–100 Бк/л (1500–3000 пКи/л).

В подземных питьевых водах крупных городских водозаборов активность стронция-90 в период 1987–1989 гг. возросла в 6–10 раз, активность цезия-137, достигнув максимума в 1988 г., имеет тенденцию к снижению. По стронцию-90 наблюдалось снижение содержаний в 1988 г., но в конце 1989 г. активность этого нуклида возросла до уровня 1987 г. Особенно ярко тенденция к возрастанию стронция-90 отмечена для вод аллювиальных и флювиогляциальных отложений. В водах межморенных горизонтов значительных вариаций активности не наблюдалось (Кудельский и др., 1997). Исследования А.В. Кудельского и др. (1997) показывают, что существует реальная возможность проникновения радионуклидов с земной поверхности в подземные воды. Содержание цезия-137 и строн-

ция-90 в грунтовых водах юго-востока Беларуси, по состоянию на конец 1995 г., достигало соответственно 0,9 и 2,1 Бк/л, причем максимальные концентрации цезия-137 свойственны территориям с плотностью поверхностного загрязнения до 185 кБк/м². По оценкам исследователей (Жогло, 2001), загрязнение водоносных горизонтов радионуклидами носит мозаичный характер и не превышает уровней, установленных РКУ-90.

Комплексная суммарная оценка радиационного загрязнения города, проведенная авторами с использованием материалов БелНИЦ «Экология», показывает, что в пределах Гомеля по степени благоприятности геологической среды могут быть выделены три зоны экологического состояния: нормы, риска и кризиса. Наиболее благоприятными по этому фактору являются южная и юго-западная части Советского района города, центральная и южная части Новобелицкого района и южные участки Центрального района, относимые авторами к зоне нормы. Для них характерен фоновый уровень гамма-излучения в приземном слое воздуха, небольшое загрязнение почв и грунтов по цезию-137 (до 0,5 Ки/км²) и низкие значения суммарной годовой дозы до 0,2 м³).

К зоне риска по радиационной нагрузке следует отнести городские участки в центральной и восточной частях Советского, в юго-западной и западной частях Центрального и в западной части Железнодорожного районов, где загрязнение почвогрунтов по цезию-137 достигает 2 Ки/км² и суммарная годовая доза 0,2–0,5 м³.

Кризисные участки, отличающиеся несколько более повышенными значениями радиационной нагрузки, характерны для северо-восточной части Советского и восточной части Железнодорожного районов, а также северной и юго-восточной частей Центрального района при плотности загрязнения цезием-137 2–5 Ки/км² и суммарной годовой дозой 0,5–1,0 м³. Неблагоприятные территории в виде локальных кризисных участков с загрязнением по цезию от 5 Ки/км² и более и суммарной годовой дозой более 1 м³ отмечаются также по левобережью р. Сож.

Вторым по значимости видом физического воздействия в эколого-геологическом отношении на территории Гомеля является шум.

Известно, что максимальный фоновый уровень шума соответствует 30–35 дБ и является наиболее жесткой санитарной нормой (Вахромеев, 1995). Интервал изменения уровня звука от 35 до 80 дБ перекрывает весь диапазон санитарных норм – от норм для жилых помещений до норм для производственных помещений, включая помещения «шумных» предприятий. Продолжительное шумовое воздействие при уровне звука от 80 до 120 дБ приводит к появлению негативных изменений в слуховом аппарате человека.

Источники шума в пределах Гомеля распределены неравномерно. Однако все они приурочены главным образом к транспортным магистралям (улицам, проездам, линиям железной дороги), образуя сложную систему линейных источников шума. Как показали исследования, на отдельных улицах и примыкающих территориях уровни эквивалентного шума от транспортных потоков в часы «пик» превышают нормативные значения, а ширина зон шумового дискомфорта от железных дорог в ночные часы составляет сотни метров. Шумовая характеристика наиболее загруженных автомагистралей (магистральных улиц общегородского значения), таких как улицы Советская, Кирова, Барыкина, Ильича и др., превышает 80 дБ (А).

Шумовое воздействие в городе усиливается и тем, что большая часть улиц в центральной части города застроена почти сплошным фронтом зданий повышенной этажности (проспект Ленина, улицы Победы, Советская и др.). На территориях с относительно новой застройкой существует проблема шумового дискомфорта для средней и верхней частей фасадов зданий, даже если они размещены с достаточным отступом от красных линий улиц. Это связано с тем, что в приземном слое происходит более интенсивное снижение уровня шума по мере удаления от его источников за счет звукопоглощающих свойств подстилающей поверхности (малые формы архитектуры, элементы микро-рельефа, растительность и т. д.). Начиная с некоторого расстояния от источников шума, его уровень на высоте начинает превышать уровень шума у земли. В результате размер зон шумового дискомфорта до определенной высоты может увеличиваться по сравнению с наблюдающимся в приземном слое.

По ориентировочным оценкам, в зонах шумового дискомфорта от автотранспорта проживают более 50 % гомельчан. С каждым годом по мере роста автопарка города и увеличения интенсивности транспортных потоков по основным городским магистралям эта цифра увеличивается. Наиболее подвержена шуму центральная часть города в пределах улиц Советская, Кирова, где практически отсутствуют территории с нормативно допустимым уровнем шума. Более 75 % территории испытывает акустические нагрузки на 5–10 дБ (А) выше нормативных и может быть отнесена к зоне риска. Кризисные участки, где уровень шумового воздействия превышает нормативные значения на 20 и более дБ (А), занимают 10 % территории города. Участки с нормальным уровнем шума (зоны нормы) занимают около 15 % периферийных городских территорий, используемых в основном в рекреационных целях.

Значительный вклад в состояние эколого-геологической обстановки в Гомеле вносит тепловое загрязнение. Источниками теплового

загрязнения на территории города непосредственно являются промышленные и коммунальные предприятия, сети теплоснабжения и коммуникаций, отапливаемые подземные сооружения и другие теплоэнергетические объекты, функционирование которых при относительно равномерном их территориальном распределении приводит к созданию тепловых аномалий в грунтовой толще. Появление аномалий, в свою очередь, влечет за собой нарушение естественного температурного режима, увеличивая или снижая температуру пород и содержащихся в них подземных вод, изменяя тем самым физико-механические свойства пород и общую коррозионную обстановку. Кроме того, появлению температурных аномалий во многом способствуют сплошная застройка территории, покрытие асфальтом или бетоном грунтовой поверхности.

С точки зрения изучения изменений температурного режима геологической среды на территории города представляют интерес результаты проведенных авторами наблюдений температурного поля в грунтах на опорных точках в период с апреля по июль 1996 г. и с октября 1996 г. по март 1997 г. Наблюдения заключались в измерении (3–4 раза в месяц) мостом постоянного тока Р-333 температуры грунтов на глубине до 1 м с использованием в качестве термодатчиков термосопротивлений. Точки наблюдений располагались на расстоянии 500 м друг от друга в местах с различной степенью техногенной трансформации геологической среды – от значительной техногенной нагрузки до естественных условий с различными типами растительности, закрытостью от солнца и абсолютными отметками. Геологический разрез на опорных точках, расположенных в естественных (ненарушенных) условиях, представлен (сверху вниз) почвенно-растительным слоем мощностью 0,2–0,3 м и моренными суглинками. На точках с трансформированными экологическими функциями геологической среды в верхней части разреза присутствует техногенный насыпной грунт мощностью от 0,5 до 1 м.

Исследованиями установлено, что влияние суточных колебаний температуры отсутствует уже на глубине 1 м. Анализ температурного хода показывает, что на участке земной поверхности с твердым покрытием скорость изменения температуры грунтов отлична от этой величины на участках с открытой поверхностью. Так, для площадки 5 м² с твердым покрытием, находящейся вблизи хозпостройки, изменение температуры грунтов за апрель – май составило 4 °С, в то время как для остальных точек эта величина равна 8–10 °С. Этот факт указывает на то, что твердое покрытие является фактором, нарушающим естественный теплообмен на границе земля – воздух и служит своеобразным экраном при передаче тепла в приповерх-

ностный слой. Наибольшее изменение температуры грунтов с апреля по июль 1996 г. (на 12 °С) наблюдалось на участке с насыпным грунтом, расположенном вблизи канализационного колодца. Это связано с высокой проницаемостью пород, а следовательно, с большим, чем в других местах, вкладом конвективной составляющей теплопереноса. Повышенные значения температуры грунтов были зафиксированы также в непосредственной близости к тепловой котельной.

Более уверенное выявление техногенной составляющей температурного поля возможно в период с начала апреля до середины мая, так как в этот период наблюдается наибольший температурный контраст между естественными и техногенными участками. Наличие такого контраста можно объяснить не только действием источников техногенного тепла, но и различным тепловым режимом на опорных точках.

На основе экспериментального материала установлено, что ход температуры грунтов на глубине 1 м запаздывает от изменения температуры на поверхности на один-два месяца, то есть температура в апреле на глубине 1 м зависит от изменения температуры на поверхности в феврале, когда наблюдается минимальная зависимость температурного поля от поверхностных условий: одинаковое альbedo при наличии снежного покрова, отсутствие инфильтрации за счет замёрзшего слоя, равная степень естественной закрытости земной поверхности. Величина такого запаздывания неодинакова для различных значений температуропроводности, но для одного типа разреза она составляет одинаковую величину для различных точек, находящихся в естественных условиях. Теоретические расчеты показывают, что при значении температуропроводности, соответствующей супесям и суглинкам, $a = 5 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-7}$ м²/с запаздывание по отношению к ходу температуры на дневной поверхности составляет от 26 до 58 суток. Полученный экспериментальный материал подтверждает вывод о том, что при отсутствии техногенных факторов ход температуры на глубине 1 м в период с начала апреля до середины мая для различных точек, находящихся в естественных условиях, практически одинаков. При этом среднеквадратичное отклонение по каждому циклу для данного периода составляет 0,28 °С (для точек с техногенной нагрузкой эта величина равна 2,9 °С).

Синхронные режимные наблюдения на глубинах 0,2 и 1 м позволили определить амплитуды годовой температурной волны и эффективный коэффициент температуропроводности для естественных условий, который составил $1,7 \cdot 10^{-7}$ м²/с. При таком значении температуропроводности запаздывание годовой температурной волны составляет 45 суток.

Установленные особенности температурного режима на изучаемых объектах позволяют сделать вывод, что при фоновой температуре грунта, равной приблизительно 7 °С, в черте города наблюдается ряд устойчивых аномалий повышенных значений температуры (на 2–5 °С), которые обусловлены существованием города.

Электрическое поле блуждающих токов и оценка электрического воздействия. Электрическое воздействие на геологическую среду определяется наличием блуждающих электрических токов, для которых геологическая среда в городах является средой-носителем (Жигалин, 1990). Электрическое поле блуждающих токов охватывает практически всю верхнюю часть литосферного пространства в пределах территории Гомеля, концентрируясь вблизи электрифицированных троллейбусных линий, энергоустановок высокого напряжения, электромеханизмов, станций противокоррозионной защиты и т. п.

Расчеты показывают, что в песчано-глинистых грунтах с малым электрическим сопротивлением (порядка 10 Ом) поле блуждающих токов локализуется в пределах небольшого по площади пространства на расстоянии нескольких метров от источника. В грунтах с низкой электропроводностью (сопротивление 100–500 Ом) поле блуждающих токов можно наблюдать на расстоянии нескольких километров от источника (Жигалин, 1990). Коррозионная активность геологической среды находится в прямой зависимости от плотности электрических токов, текущих в пределах нескольких верхних метров грунтовой толщи, где, как правило, располагаются фундаменты зданий и инженерных сооружений, тепло-, газо- и водопроводы, коммуникации. Высокая плотность электрических токов способствует интенсификации электрохимической коррозии, что, в свою очередь, сокращает сроки безаварийной службы указанных выше объектов, длительное воздействие поля блуждающих токов, в особенности постоянного и непериодического низкочастотного знакопеременного, стимулируя электрокинетические процессы, могут изменить величину удельного электрического сопротивления пород, представляющих основу геологической среды, и тем самым еще более усугубить общую коррозионную обстановку (Жигалин, 1990).

Количественным отображением степени потенциальной коррозионной опасности может служить скорость коррозии металла находящихся в грунте труб, конструкций и т. п. Низкой степени потенциальной коррозионной опасности отвечает такая коррозионная активность грунта, при которой скорость коррозии металла не превышает 0,2–0,4 мм/год. При высокой степени коррозионной опасности коррозионная активность грунта «обеспечивает» скорость коррозии металла 1,0–2,0 мм/год и более. При скорости коррозии металла 0,4–

1,0 мм/год коррозионная активность грунта отвечает среднему уровню потенциальной коррозионной опасности. Таким образом, скорость коррозии металла в грунте может служить критерием для количественной оценки уровня электрического воздействия на геологическую среду и изменения коррозионной обстановки (Жигалин, 1990).

Исследования показывают, что основная часть территории Гомеля представляет собой область с преобладанием средней (62 % от всей площади, занятой городом) и высокой (24 %) степени коррозионной опасности. На долю отдельных разрозненных участков с низкой степенью опасности приходится лишь незначительная часть (около 5 %) общей территории. Участки, характеризующиеся высокой степенью потенциальной коррозионной опасности, располагаются на севере, в центре, на юге и юго-западе территории Гомеля. Связать такой характер пространственного распределения коррозионных свойств геологической среды с одним каким-либо фактором или с ограниченным набором факторов оказывается затруднительным, поскольку этот вопрос еще недостаточно хорошо изучен. Однако можно констатировать, что наблюдаемые пространственные изменения степени потенциальной коррозионной опасности (коррозионной активности грунтов) хорошо соотносятся со схемой инженерно-геологического районирования территории Гомеля (Галкин и др., 2004). Анализ имеющихся данных показывает, что в пределах занятой городом территории коррозионная активность грунтов, а следовательно, и степень коррозионной опасности зависят в первую очередь от литологического состава грунтов и наличия или отсутствия подтопления. Участки, отмечаемые авторами статьи как зоны высокой степени коррозионной опасности, характеризуются распространением моренных и флювиогляциальных отложений.

Таким образом, искусственные физические поля и создаваемое ими физическое загрязнение представляют собой весьма мощный фактор воздействия города Гомеля и его агломерации на геологическую среду и эколого-геологические условия в целом.

ИСТОЧНИКИ И ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Химическое воздействие представляется доминирующим фактором в числе слагаемых, в сумме определяющих эколого-геологические условия на территории такого города, как Гомель, и способствующих изменению свойств геологической среды в целом или отдельных ее компонентов.

По типу воздействия на территории города и его окрестностей ярко выражено загрязнение почв, горных пород и подземных вод. Исследованиями установлено, что экологически неблаго-

получной является фактически вся территория города (Какарека и др., 1997; Жогло, 2001; Природная ..., 2002; Галкин, 2004). Наиболее пораженные загрязнением участки расположены вблизи источников загрязнения или в зоне их влияния. Исключения составляют отдельные залесенные участки, расположенные главным образом на периферии города и не подверженные вмешательству человека.

Экологически неблагополучные зоны подземной геосреды образовались там, где вблизи расположенных производств технологические процессы являются высокоотходными и не имеют законченных технических решений по утилизации и обезвреживанию отходов и где длительное время не осуществлялись природоохранные мероприятия. К таким зонам в пределах исследуемой территории следует отнести участки Гомельского химзавода, городских очистных сооружений и полигона твердых бытовых отходов, городской застройки в северной части Гомеля. Значительные загрязненные участки могут образовываться на территориях промышленных предприятий при утечке технологических и сточных вод с концентрациями, во много раз превышающими ПДК. Среди таких предприятий «Гомсельмаш», «Центролит», «Коралл», «Гомельдрев», заводы пластмассовых изделий, станочных узлов, литья и нормалей, самоходных комбайнов, химического мела, жирокOMBината, «Гидроавтоматика», «Гомелькабель», городская ТЭЦ, котельные и др.

Наиболее показательными в этом отношении являются экологически неблагополучные участки, где в процессе инфильтрации и под действием физико-химических процессов происходит накопление компонентов-загрязнителей в грунтах (Галкин, 2004). Так, на территориях, примыкающих к Гомельскому химзаводу, наблюдается сульфатное загрязнение в основном песчаных пород зоны аэрации, в то время как на самой территории химзавода и непосредственно под отвалами фосфогипса уже загрязнены слабопроницаемые разделяющие слои межпластовых вод – моренные супеси и суглинки, палеогеновые алевроиты.

Исследования БелНИЦ «Экология» показали, что в Гомеле и его окрестностях почвы и грунты зоны аэрации чаще загрязнены свинцом, цинком и хромом (каждая 6–8-я почвенная проба), реже медью, ванадием и марганцем. В единичных случаях обнаружены опасные уровни загрязнения почв ртутью. Из водорастворимых соединений опасных уровней достигают концентрации в почвах фосфатов и фтора (Природная ..., 2002).

Количественная оценка химического загрязнения почв и грунтов зоны аэрации Гомеля позволяет отнести к зоне нормы лишь небольшие территории на юго-западе и юго-востоке города,

а также локальные участки, расположенные в пределах высокой поймы р. Сож. Для зоны нормы характерны значения суммарного показателя (по валовому содержанию) загрязнения тяжелыми металлами Z_c менее 16. Содержание тяжелых металлов в почвогрунтах здесь не превышает предельно допустимых концентраций, лишь отдельные участки в пределах высокой поймы р. Сож характеризуются несколько повышенным содержанием ртути (0,1–0,2 мг/кг). Близкие к предельно допустимым концентрации меди, а также водорастворимого фтора, достигающие соответственно 2–3 и 4–10 мг/кг, отмечаются на крайнем юго-западе зоны нормы.

Обширные территории южного, восточного и западного районов города, характеризующиеся некоторым удалением от основных источников химического воздействия, отнесены авторами к зоне риска. Для них характерен умеренно опасный уровень загрязнения, а суммарный показатель загрязнения тяжелыми металлами (Z_c) изменяется в пределах от 16 до 32. Концентрации большинства элементов-загрязнителей в почвогрунтах этой зоны большие, чем установленные предельно допустимыми нормами, но они не превышают пороговых величин, вызывающих компенсаторное напряжение функциональных систем живых организмов. Так, на западе, юго-западе и частично юге зоны риска содержание свинца в почвогрунтах составляет 20–30 мг/кг, достигая при этом 40 мг/кг и более, содержание меди изменяется от 2 до 5 мг/кг, а концентрации хрома местами превышают 16 мг/кг. В направлении от центра города к юго-западу и локально в пределах поймы р. Сож фиксируются повышенные концентрации ртути (0,1–0,5 мг/кг), которые увеличиваются вниз по течению, где местами превышают 1,0 мг/кг.

Несколько участков, расположенных вблизи центра, пространственно тяготеющих к долине р. Сож, характеризуются повышенным содержанием кадмия (0,1–0,2 мг/кг). Больших значений достигает содержание в почвогрунтах цинка (20–80, местами превышая 80 мг/кг), которое фиксируется на небольших локальных участках в пределах зоны риска вблизи непосредственных источников химического воздействия. Повышенное содержание фтора в виде двух ареалов в юго-западной и южной частях города достигает 8–16 мг/кг, тогда как в целом зона риска характеризуется концентрацией фтора от 4 до 8 мг/кг.

Обширная территория загрязненных почв и грунтов зоны аэрации, для которой характерен опасный уровень загрязнения ($Z_c=32–128$), определена авторами как зона кризиса. К ней относятся центральная, северная и западная части, а также небольшие по площади локальные участки в других районах города. Опасного уровня в зоне кризиса достигают concentra-

ции целого ряда элементов. Например, содержание свинца и цинка значительно превышает ПДК и составляет 30–40 и 40–80 мг/кг. В центральной же части города эти показатели превышают значения 40 и 80 мг/кг соответственно, составляя 4–6 ПДК. Кроме того, в зоне кризиса превышения ПДК фиксируются по никелю, хрому, меди. Отдельными локальными участками выделяются ареалы повышенных значений содержания в почвогрунтах ртути (от 0,5 до 1,0 мг/кг и более) и меньшие по площади – кадмия (более 0,5 мг/кг). К зоне кризиса приурочены также участки локального распространения аномально высоких концентраций подвижного фтора, достигающие 16 мг/кг и более.

Говоря о загрязнении почв и грунтов различного рода химическими элементами, нельзя не отметить и загрязнение нефтепродуктами. Известно, что наиболее распространенные нефтепродукты – бензин, керосин, дизельное топливо, мазут, смазочные материалы и др. Собственно природная нефть не является токсичным веществом, однако в зависимости от фракционного состава и количества она может оказывать определенное токсическое действие на некоторые живые организмы (Королев, 2001). Например, при концентрации свыше 2 г на 1 кг почвы происходит необратимое угнетение растений.

Причиной загрязнения почв и грунтов нефтепродуктами в пределах Гомеля служит несовершенство с экологической точки зрения прежних методик проектирования и строительства объектов хранения горюче-смазочных материалов (ГСМ). Резервуары хранения нефтепродуктов, а также транспортные коммуникации заглубляются в грунт без надлежащей электрохимической защиты металла. В результате длительного контакта металла труб и поверхностей резервуаров с подпочвенной влагой происходит коррозия металлов, появляются свищи, через которые осуществляется бесконтрольная утечка нефтепродуктов в грунты. Не меньшую опасность представляют разливы нефти и нефтепродуктов на поверхности почвы, которые затем просачиваются в грунтовую толщу.

Процесс нефтяного загрязнения происходит достаточно медленно. Но, учитывая, что в Гомеле находится много потенциальных источников загрязнения, которые функционируют в течение нескольких десятилетий, в последние годы все чаще проявляются последствия неконтролируемого загрязнения геологической среды нефтепродуктами.

Большая часть геологической среды Гомеля по химическому загрязнению относится преимущественно к зоне нормы, которая количественно характеризуется содержанием нефтепродуктов, не превышающим 200 мг/кг. Зона риска установлена авторами по промежуточ-

ным концентрациям нефтепродуктов, составляющим от 200 до 400 мг/кг. Наиболее значительные аномалии содержания нефтепродуктов в почвогрунтах, количественно превышающие 500 мг/кг, приурочены в основном к центральной и западной частям города, хотя и в южном районе (Новобелицком) также выделено несколько аномальных ареалов. Эти участки образуют зону кризиса.

Аналогичная ситуация сложилась и с загрязнением грунтовых и подземных вод (Жогло, 2001; Природная ..., 2002; Коцур, 2004). Причем загрязнены они преимущественно в тех же зонах, что и почвогрунты.

Наиболее показательным в этом плане является зона влияния Гомельского химзавода. В настоящее время минерализация грунтовых вод под отвалами фосфогипса и промплощадкой завода составляет 8,3–31,5 г/л, а содержание сульфат-иона в загрязненных водах достигает 5,4–7,2 г/л, фосфатов – 13,2 г/л, фтора – 38,0 мг/л (Жогло, 2001; Коцур, 2004). Загрязнены также нижележащие нижне- и среднеплейстоценовый и палеогеновый водоносные горизонты, где содержание этих компонентов в несколько раз превышает ПДК.

Другими экологически опасными объектами являются полигон твердых бытовых отходов (ТБО) и городские очистные сооружения Гомеля. Данные объекты расположены рядом друг с другом, образуя, по сути, единый очаг загрязнения. Анализ режимных гидрогеохимических наблюдений, проводившихся А.М. Гуменом в окрестностях полигона ТБО в 1997–1998 гг., свидетельствует о наличии химического загрязнения подземных вод, которое проявляется в значительных концентрациях специфических компонентов-загрязнителей, не свойственных подземным водам данного района. Отмечаются значительные сезонные колебания в концентрациях макрокомпонентов и различие уровней загрязнения на отдельных участках. Содержание макрокомпонентов варьирует в пределах, не изменяющих естественный геохимический тип подземных вод. В грунтовом водоносном горизонте средняя минерализация 0,8–0,9 г/л. В воде всех скважин присутствуют нефтепродукты, аммоний, железо и тяжелые металлы в концентрациях, во много раз превышающих ПДК. Непосредственно на участке полигона грунтовые воды интенсивно окрашены, имеют минерализацию 4,65 г/л, высокие содержания щелочных металлов (Na^+ – 1500 мг/л, K^+ – 800 мг/л), хлоридов (2750 мг/л) и железа (23,5 мг/л).

Кроме промышленных и коммунально-бытовых источников, в загрязнении подземных вод немаловажную роль играет частный сектор жилой застройки города, где наблюдается площадное загрязнение грунтового и нижне- и среднеплейстоценового водоносных горизонтов в основном за счет бытовых источников и в ре-

Классификация техногенных воздействий на эколого-геологическую систему Гомеля

Класс воздействий	Тип воздействия	Вид воздействия	Компоненты эколого-геологической системы*	Разновидности воздействия**	Показатели воздействия, ед. измерения	Уровень воздействия	Потенциальные источники воздействия
ФИЗИЧЕСКОЕ	ЗАГРЯЗНЕНИЕ	Радиационное (радионуклидное)	П Г В Б	1а; 2в; 3а; 4б; 5а; 6б,в	Ки/км ² Бк/л Превышение ПДД (0,2 м ³ /год)	0,1–5,0 0,1–14,0 1 ПДД–25 ПДД	Последствия аварии на Чернобыльской АЭС
		Акустическое (шум)	Б	1а; 2а,б; 3а; 4а; 5а,б; 6б,в	дБ (А)	50–80	Автомобильный и железнодорожный транспорт, ПО «Гомсельмаш», авто- и вагоноремонтные заводы и др.
		Тепловое	П Г В	1а,б; 2а,б,в; 3а,б; 4а; 5а,б; 6а,б,в	град. °С	Фон + 2–5 °С	ТЭЦ, сети теплоснабжения и коммуникации, котельные, 3-ды «Центролит», «Эмаль-посуда», ЗЛиН
		Электрическое	П Г Б	1а; 2а,б; 3а; 4а; 5б; 6а,б,в	А/м ² мВ/м	0,5–4,0 20–150	Электроподстанции, электрифицированные троллейбусные линии, станции противокоррозионной защиты
ХИМИЧЕСКОЕ	ЗАГРЯЗНЕНИЕ	Тяжелыми металлами	П Г В Б	1б; 2а,б,в; 3а; 4а; 5а,б; 6б,в	Превышение ПДК	1 ПДК–3 ПДК(Pb); 6 ПДК(Cu); 6 ПДК(Zn); 12 ПДК(Cr); 15 ПДК(Ni)	Свалка ТБО города, ПО «Гомсельмаш», «Кристалл», «Гомель-кабель», заводы литья и нормалей, станкостроительный и др.
		Сульфатное	П Г В	1б; 2а,б,в; 3а; 4а; 5а,б; 6б,в		1 ПДК–14 ПДК	Гомельский химический завод, промышленные стоки предприятий
		Фосфатное	П Г В	1б; 2а,б,в; 3а; 4а; 5а,б; 6б,в		1 ПДК–8 ПДК	Гомельский химический завод, внесение удобрений на приусадебных участках
		Фторидное	П Г В Б	1б; 2а,б,в; 3а; 4а; 5а,б; 6б,в		1 ПДК–70 ПДК	Гомельский химический завод
		Углеродное	П Г В Б	1б; 2а,б,в; 3а; 4а; 5а,б; 6б,в		1 ПДК–7 ПДК	АЗС, нефтехранилища, транспорт, ПО «Гомсельмаш», авто- и вагоноремонтные заводы и др.
		Хлоридное	П Г В	1б; 2а,б,в; 3а; 4а; 5а,б; 6б,в		1 ПДК–3,5 ПДК	Внесение удобрений на приусадебных участках, промстоки предприятий, свалка ТБО города
		Нитратное	П Г В Б	1б; 2а,б,в; 3а; 4а; 5а,б; 6б,в		1 ПДК–6,5 ПДК	Внесение удобрений на приусадебных участках, выгребные ямы в частном секторе города
БИОЛОГИЧЕСКОЕ	ЗАГРЯЗНЕНИЕ	Биоорганическое	П Г В Б	1б; 2а; 3а,б; 4а; 5а; 6б,в	Превышение ПДК	>1 ПДК	Сточные воды предприятий пищевой промышленности (мясо- и жирокombинаты, молокозавод), ПО «Гомельдрев», свалка ТБО, фекалии частного сектора, кладбища, утечки из канализационной сети

Примечание.* Указаны компоненты эколого-геологической системы, на которые потенциально передается данный вид воздействия: П – почвы, Г – горные породы, В – подземные воды, Б – биота.

** Выделяются по признакам: 1 – времени: а – постоянные, б – временные, 2 – размера: а – точечные, б – линейные, в – площадные, 3 – положения: а – наземные, б – подземные, 4 – обратимости: а – обратимые, б – необратимые, 5 – цели: а – стихийные, б – целенаправленные, 6 – интенсивности: а – низкой, б – средней, в – высокой.

зультате применения удобрений и ядохимикатов на приусадебных участках. По результатам химических анализов, источники подземных вод из ниже- и среднеплейстоценовых отложений имеют минерализацию 1,0–1,2 г/л и характеризуются повышенным содержанием сульфат-иона (120–145 мг/л) и нитратов (55–60 мг/л). Содержание сульфатов в грунтовых водах достигает 130–345 мг/л, нитратов – 210–695 мг/л при минерализации воды 1,5–1,9 г/л (Жогло, 2001).

Рассматривая основные виды и источники химического воздействия на геологическую среду исследуемой территории, следует отметить, что в качестве основных элементов-загрязнителей в городе выступают тяжелые металлы, нефтепродукты, сульфат- и хлорид-ионы, нитраты, фосфаты, ионы F^- , K^+ и Na^+ . Это обусловлено прежде всего спецификой промышленного производства, а также наиболее высоким содержанием выделенных элементов в компонентах геологической среды, всесторонним их воздействием на почвы, грунты, подземные воды и некоторыми геохимическими особенностями поведения в эколого-геологической обстановке.

ИСТОЧНИКИ И ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Одним из фактов, подтверждающих биологическое загрязнение компонентов геологической среды в городе, является вспышка заболеваемости жителей Гомеля серозным менингитом летом 1997 года. Энцефаловирус, вызвавший заболевание, был обнаружен в питьевой водопроводной воде (Жогло, 2001). Кроме того, по данным городской СЭС, на территории Гомеля, занятой жилой застройкой, наблюдается загрязнение почвенного покрова бактериями группы кишечной палочки (БГКП) и энтерококками.

Причем процент встречаемости участков с разными уровнями загрязнения БГКП и энтерококками практически везде одинаков. В то же время загрязнение городских почв патогенными бактериями, в том числе сальмонеллами, зафиксировано не было.

Из проведенного авторами анализа экологической ситуации в Гомеле следует, что основными источниками биологического загрязнения являются сточные воды предприятий пищевой промышленности (мясо- и жирокombинаты, молокозавод), ПО «Гомельдрев», свалка ТБО, фекалии частного сектора, кладбища, утечки из канализационной сети, а также поступление экскрементов от выгуливаемых домашних животных, количество которых на территории жилых микрорайонов, скверов и небольших парков, по оценочным данным, составляет около 1–3 кг/м²/год.

Таким образом, характеризуя основные типы техногенного воздействия на эколого-геологическую обстановку в Гомеле, можно констатировать, что сложившаяся ситуация не относится к категории экологического бедствия, но остается до сегодняшнего дня довольно напряженной.

В заключение отметим, что исследование вопросов, связанных с оценкой эколого-геологического состояния городских территорий, невозможно без анализа техногенных воздействий на геосреду, их типизации и классификации. Согласно существующим подходам к типизации техногенных воздействий на геологическую среду (Трофимов, Зилинг, 2002) для территории Гомеля нами принята приведенная в таблице классификация техногенного воздействия, которая объединяет все возможные виды воздействия на эколого-геологическую систему города и позволяет провести оценку ее состояния в комплексе природоохранных мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

- АКУЛЕВИЧ А.Ф., ЖОГЛО В.Г., ИЛЬИН В.П. Исследование радиоактивного загрязнения подземных вод в районе водозабора «Сож» г. Гомеля // Поиски и освоение нефтяных ресурсов Республики Беларусь. Вып. 2. Гомель, 1997. С. 201–206.
- ВАХРОМЕЕВ Г.С. Экологическая геофизика. Иркутск, 1995.
- ВЕРУТИН М.Г., КРАСОВСКАЯ И.А., ЦУКРОВСКИЙ А.Л. Результаты радиометрических исследований территории Гомеля // Экология и молодежь (Исследования экосистем в условиях радиоактивного и техногенного загрязнения окружающей среды). Т. I. Ч. 2. Гомель, 1998. С. 76–77.
- ГАЛКИН А.Н. Диффузионно-осмотические свойства глинистых пород юго-востока Беларуси в условиях загрязнения геологической среды. Витебск, 2004.
- ГАЛКИН А.Н., ТРАЦЕВСКАЯ Е.Ю., КРАСОВСКАЯ И.А., ПАВЛОВСКИЙ А.И. Инженерно-геологическое районирование территории Гомеля // Літасфера. 2004. № 2 (21). С. 108–116.
- ЖИГАЛИН А.Д. Геологическая среда в условиях техногенного физического воздействия // Методические основы оценки техногенных изменений геологической среды городов. М., 1990. С. 106–137.
- ЖОГЛО В.Г. Система численных геофилтрационных моделей верхнего этажа гидrolитосферы юго-востока Республики Беларусь. Мн., 2001.
- КАКАРЕКА С.В., ХОМИЧ В.С., КУХАРЧИК Т.И. Техногенные педогеохимические аномалии свинца на территории г. Гомеля // Весці Акадэміі навук Беларусі. Сер. хім. навук. 1997. № 1. С. 119–122.
- КОРОЛЕВ В.А. Очистка грунтов от загрязнений. М., 2001.
- КОЦУР В.В. Геохимия подземных вод зоны активного водообмена на территории влияния Гомельского химического завода: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Мн., 2004.

- КУДЕЛЬСКИЙ А.В., ПАШКЕВИЧ В.И., ПЕТРОВИЧ А.А. Радиоактивное загрязнение и прогноз состояния природных вод Беларуси // Природные ресурсы. 1997. № 4. С. 41–51.
- КУДЕЛЬСКИЙ А.В., ШПАКОВ О.Н., БУЗО В.Ф., БУДЕЙКО Н.Л. О радиоактивном загрязнении природных вод и водной миграции радионуклидов на юго-востоке Белоруссии // Докл. АН БССР. 1990. Т. 34, № 11. С. 1039–1042.
- ПРИРОДНАЯ среда Беларуси / Под ред. В.Ф. Логинова. Мн., 2002.
- ТРОФИМОВ В.Т., ЗИЛИНГ Д.Г. Экологическая геология. М., 2002.

Рецензент В.И. Пашкевич

Поступило 06.06.05

АСАБЛІВАСЦІ ТЭХНАГЕННЫХ УЗДЗЕЯННЯЎ НА ЭКОЛАГА-ГЕАЛАГІЧНУЮ СІСТЭМУ ГОМЕЛЯ

І.А. Красоўская, А.М. Галкін, М.Г. Вярцін, С.У. Каваленка

У артыкуле разглядаюцца асноўныя тыпы тэхнагенных уздзеянняў на экалага-геалагічныя абставіны тэрыторыі Гомеля, якія ў значнай меры пераўтвараюць звычайны стан геалагічнага асяроддзя, так як з'яўляюцца прычынай узнікнення фізічнага, хімічнага і біялагічнага забруджвання яго кампанентаў. Адзначаецца, што ўнесены імі ўклад у экалагічны стан горада мае розны характар. Аўтарамі на аснове аналізу прамых крытэрыяў – інтэнсіўнасці выпраменьвання, узроўню шуму, валавага ўтрымання забруджваемых рэчываў і інш. – устаноўлены ўзроўні трансфармацыі экалагічных функцый літасферы тэрыторыі і вылучаны экалагічныя зоны нормы, рызыкі і крызісу.

Пры гэтым фізічнае ўздзеянне вызначаецца як сумарны энергетычны патэнцыял штучна створаных фізічных палёў, які часам значна перавышае па велічыні патэнцыял прыродных геафізічных палёў і ў выніку гэтага аказвае негатыўнае ўздзеянне на навакольнае, у тым ліку геалагічнае, асяроддзе, інжынерныя збудаванні і экасістэму (біёту). Аналіз шматлікіх апублікаваных і фондавых матэрыялаў сведчыць аб тым, што ва ўзнікненні фізічнага забруджвання ў Гомелі галоўную ролю адыгрываюць штучныя – радыяцыйнае, акустычнае (шумавое), тэмпературнае і электрычнае – палі. Фізічныя палі іншых відаў менш значныя пры фарміраванні экалага-геалагічнага стану на тэрыторыі горада.

Разглядаючы асноўныя віды і крыніцы хімічнага ўздзеяння на геалагічнае асяроддзе Гомеля, аўтары заўважаюць, што ў якасці асноўных элементаў-забруджвальнікаў у горадзе выступаюць цяжкія металы, нафтапрадукты, сульфаты, хларыды, нітраты, фасфаты, F^- , K^+ і Na^+ . Гэта абумоўлена перш за ўсё спецыфікай прамысловай вытворчасці, а таксама найбольш высокім утрыманнем вылучаных элементаў у кампанентах геалагічнага асяроддзя.

Робіцца вывад аб тым, што складаная ў сучасны момант сітуацыя не належыць да катэгорыі экалагічнага бедства, але застаецца да сённяшняга дня даволі напружанай. Адпаведна з існуючымі падыходамі да тыпізацыі тэхнагенных уздзеянняў на геалагічнае асяроддзе Гомеля прыводзіцца класіфікацыя тэхнагенных уздзеянняў, што аб'ядноўвае ўсе магчымыя віды ўздзеянняў на экалага-геалагічную сістэму горада і дазваляе праводзіць ацэнку яе становішча ў комплексе прыродаахоўных мерапрыемстваў.

PECULIARITIES OF TECHNOGENIC EFFECTS ON THE ECOGEOLOGICAL SYSTEM IN THE TOWN OF GOMEL

I.A. Krasovskaya, A.N. Galkin, M.G. Verutin, S.V. Kovalenko

The paper describes the main types of technogenic effects on the ecogeological environment in the Gomel area. These effects transforms considerably the natural conditions of the geological environment, as are responsible for physical, chemical and biological contamination of its constituents. The influence upon the ecological conditions of the town may be of different nature. The authors have analysed the direct criteria – radiation intensity, noise level, total content of contaminants, etc. and used the levels of transformation of the lithosphere ecological functions in the studied territory to differentiate ecological zones showing normal, hazardous and critical indices.

The physical influence is determined as the total energy potential of artificially created physical fields, which sometimes exceeds considerably the potential of natural geophysical fields and adversely affects the environment including the geological one, engineering buildings and ecosystems. An analysis of numerous published and archival materials shows that the main contribution to increasing physical contamination in Gomel is made by artificial radiation, acoustic (noise), temperature and electric fields. Physical fields of the other types are less important in forming the ecological environment in the territory of the town.

Considering the main types and sources of chemical influence on the geological environment of Gomel, the authors have noted that the main elements-contaminants in the town are heavy metals, oil products, sulphate- and chloride-ions, nitrates, phosphates and ions F^- , K^+ and Na^+ . It depends first of all on the specific character of industries and the higher content of these elements in the geological environment constituents.

In conclusion the authors would like to note that the present-day situation can not be considered as an ecological disaster, but still remains rather grave. According to the available approaches used to differentiate the types of technogenic effects on the geological environment in Gomel the authors present a classification of technogenic influence which unites all possible types of influence on the urban ecogeological environment and allows an assessment of its conditions within a package of nature conservation measures.