

УДК 55: 504: 524

ТЕХНОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ АБИОТИЧЕСКИХ СФЕР ЗЕМЛИ НА ТЕРРИТОРИИ ПРОМЫШЛЕННО-ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ И ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

В.Т. Трофимов¹, М.А. Харькина¹, Т.А. Барaboшкина¹, А.Д. Жигалин^{1,2}

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

² Институт геоэкологии имени Е.М. Сергеева РАН

Поступила в редакцию 22.06.15

Создание промышленно-городских агломераций провоцирует трансформацию всех экологических функций абиотических сфер Земли (георесурсной, геодинамической, геохимической, геофизической), что приводит к усложнению пространственной картины их проявления и в литосфере, и в гидросфере, и в атмосфере. Показаны мозаичность и динамизм усложнения полей распределения экологических функций абиотических сфер Земли. Представлена типизация последствий трансформации экологических функций абиотических сфер Земли, имеющих как позитивный, так и негативный характер на территориях с максимальной плотностью населения.

Ключевые слова: техногенные воздействия, ресурс геологического пространства, техноприродные процессы, загрязнение, литосфера, гидросфера, атмосфера, биоценозы, человек.

Введение

Понятие экологических функций в естественных науках существует достаточно давно. В.И. Вернадский в своей «главной книге» жизни по фундаментальным проблемам естествознания «Химическое строение биосферы Земли и ее окружения» (Вернадский, 2001), писать которую он начал в 1940 г., уже использует термин «биогеохимические функции» живого вещества. Затем понятие экологических функций стало применяться и к отдельным абиотическим сферам Земли: к педосфере (Добровольский, Никитин, 1986), к литосфере (Трофимов, Зилинг, 1997), к атмосфере (Ясаманов, Никитин, 2001), к гидросфере (экологические функции разветвленных русел) (Алексеевский, Чалов, 2009).

Становление нового теоретического базиса геоэкологии потребовало совместного рассмотрения нескольких сфер Земли. В.В. Куриленко (2002) ввел понятие «экологические функции геосферных обо-

лочек Земли», а В.Т. Трофимов (2005) выделил ресурсную¹, геодинамическую², геохимическую³ и геофизическую⁴ экологические функции абиотических сфер Земли, под которыми понимает все многообразие функций, определяющих и отражающих роль и значение геосфер, включая их состав, объем, динамику функционирования, геохимические и геофизические поля в жизнеобеспечении биоты, в первую очередь, человеческого сообщества.

В XXI в. влияние техногенного фактора на абиотические сферы Земли достигло своей максимальной скорости. Существует множество городов с населением от 10 до 20 млн человек, где изменено естественное развитие экосистем и можно говорить о последствиях трансформации экологических функций абиотических сфер Земли. И именно на территориях промышленно-городских агломераций, где плотность населения максимальна, следует определять последствия трансформации экологических функций литосферы, гидросферы и атмосферы.

¹ Позднее в работе (Трофимов, Куриленко, 2015) предложено в названии экологических функций абиотических сфер Земли использовать приставку «гео», подчеркивая связь с Землей, и вместо «ресурсная» использовать название «георесурсная» экологическая функция, которая определяет роль органических, минеральных и органоминеральных твердых, жидких и газообразных ресурсов геосферных оболочек Земли, а также литосферного, атмосферного и гидросферного пространства для жизни и деятельности биоты как в качестве биоценоза, так и социальной структуры.

² *Геодинамическая экологическая функция абиотических сфер Земли* отражает способность литосферы, атмосферы и поверхностной гидросферы влиять на условия жизни биоты, ее состояние, безопасность и комфортность проживания человека через природные и антропогенные процессы и явления.

³ *Геохимическая экологическая функция абиотических сфер Земли* определяет свойства геохимических полей литосферы, атмосферы и поверхностной гидросферы природного и техногенного происхождения влиять на условия жизни и состояние биоты в целом, включая здоровье человека.

⁴ *Геофизическая экологическая функция абиотических сфер Земли* отражает свойства геофизических полей литосферы, атмосферы и поверхностной гидросферы природного и техногенного происхождения влиять на условия жизни биоты в целом, включая здоровье человека.

Трансформация экологических функций литосферы на территории промышленно-городских агломераций

Трансформация георесурсной экологической функции литосферы. На урбанизированных территориях особое значение имеют ресурсы геологического пространства, необходимые для расселения жителей, создания городской инфраструктуры и размещения отходов, а также подземные воды как источник водоснабжения (Трофимов и др., 2005, Геологическое пространство..., 2014).

Ресурсы геологического пространства для расселения человека установлены в ходе неотектонического этапа развития планеты и определяются соотношением суши и океана. Остро вопрос площадных ресурсов для размещения городов стоит в горной местности. Дефицит площади вынуждает осваивать неудобья и размещать города на участках проявления опасных геологических процессов. Так, г. Тырныаузу (Кабардино-Балкария) постоянно угрожают сели (1960, 1977, 1999, 2000 гг.). Строительство г. Тырныауза в узком ущелье р. Баксан связано с разработкой крупного месторождения, обеспечивавшего на 65% потребности СССР в вольфрам-молибденовом концентрате. В связи с ростом города с 60-х гг. прошлого века начала застраиваться правобережная территория, расположенная в устье р. Герхржан-Су — правого притока р. Баксан, являющаяся участком разгрузки селей. Возведенные селезащитные сооружения повышают безопасность жителей, но не исключают катастрофы.

Ресурсы для размещения твердых бытовых и промышленных отходов — большая проблема для крупных городов. Например, в Московской области ежегодно размещается более 5 млн тонн твердых бытовых отходов. По данным Е.В. Проницовой, в настоящее время они складываются на территории 47 действующих полигонов общей площадью около 915 га. Представления о масштабах изменения качества ресурсного потенциала в связи с размещением отходов дается табл. 1.

Таблица 1

Радиусы негативного воздействия полигонов твердых бытовых отходов (Экологические..., 2000)

Вид воздействия	Радиус, м
Распространение биогаза (неприятный запах)	300–400
Распространение токсичного дыма (при горении)	до 6000
Загрязнение почвенно-растительного покрова	2000–3000
Загрязнение грунтовых вод	2000–3000
Загрязнение поверхностных вод	до 2500
Тепловое загрязнение	до 50
Угнетение растительности	до 150

Остро стоит вопрос обеспечения жителей городов *ресурсами пресных подземных вод*. Самый высо-

кий техногенный прессинг испытывают подземные воды в районе крупных городских агломераций. Области интенсивного нарушения состояния подземных вод выявлены на территории Московского артезианского бассейна, на долю которого приходится около 25% от общероссийского объема добычи (Информационный бюллетень..., 2012). Колоссальные объемы добычи подземных вод обусловлены концентрированием в данном регионе людских и промышленных ресурсов. В пределах Московского артезианского бассейна существуют Московская и Брянско-Орловская региональные депрессионные воронки уровней подземных вод. По состоянию на 2011 г. максимальные понижения уровня подземных вод в первой из них отмечаются в алексинско-протвинском водоносном горизонте (90 м), а во второй — в верхнедевонском водоносном комплексе (80 м в районе Брянска).

Экологические последствия изменения георесурсной экологической функции литосферы связаны с дефицитом городской площади и ущербом, наносимым ресурсному потенциалу. Экологические последствия размещения кладбищ и отхоохранилищ носят двоякий характер. С одной стороны, организация кладбищ и складирования отходов приводит к *эстетическому «обеднению»* территории. Никто из жителей города не хочет соседствовать с отхоохранилищем, особенно в случае поверхностного складирования мусора. Еще жестче складывается ситуация с кладбищами. Земли, отчуждаемые под кладбища, по этическим соображениям выбывают из любого их использования на неопределенно длительный срок. Даже по санитарно-гигиеническим соображениям этот срок достигает приблизительно 100 лет. С другой стороны, размещение кладбищ и отхоохранилищ вызывает *изменение и деградацию биоценозов* в связи с химическим и биологическим загрязнением территорий. По данным Н.Г. Вакара, на территории уже закрытых кладбищ даже через 72 года биологические системы не успевают вернуться в исходное состояние или хотя бы достигнуть приемлемых для хозяйственного освоения параметров.

Экологические последствия трансформации ресурсов подземных вод в городах сводятся к потере их качества или экономической нерентабельности использования подземных вод в качестве источника водоснабжения. Так, критическая ситуация сложилась с водоснабжением городов Альметьевск, Бугульма, Заинск, Анакаево, расположенных в нефтедобывающих районах Республики Татарстан. В связи с загрязнением неглубоких водоносных горизонтов нефтепродуктами питьевую воду для этих городов приходится транспортировать на большие расстояния, что резко повышает ее себестоимость и отрицательно сказывается на ее качестве.

Трансформация геодинамической экологической функции литосферы. Одним из наиболее распространенных техногенных геологических процессов, оказывающих негативное экологическое воздей-

ствие на жителей городов, является *подтопление* (рис. 1). Возникновение подтопления связано с повышением уровня грунтовых вод (УГВ) по причине создания вблизи городских комплексов водохранилищ, утечек из коммунально-бытовых сетей, а также избыточного полива улиц и газонов. Потери из сети водоснабжения в России составляют 35–45% (Зекцер, 2001).

Экологические последствия подтопления сказываются на здоровье населения: повышается вероятность заболеть от укусов летучими переносчиками инфекций — комаров, обостряются хронические болезни, возникают рецидивы заболеваний. В Новочеркасске летом подтоплением охвачено 51% площади, а весной — 71%. В пределах подтопленных частей города заболеваемость населения почти в два раза выше, чем в целом по городу: в экологически неблагоприятном районе доля заболевших составляет 55,7%, а в целом по городу — 35,6% (Экология Новочеркасска..., 2001).

Изменение гидрогеологических условий в связи с подтоплением приводит к трансформации *карстовых процессов*. Техногенный карст отличается от природного меньшей глубиной и площадью распространения, но большей скоростью развития и интенсивностью проявления карстовых форм, может

возникать там, где раньше не проявлялся, но где имеются растворимые горные породы. Отметим двухстороннее воздействие техногенеза на карстовый процесс. Использование асфальтового покрытия в городах приводит к затуханию карстового процесса. По данным Дзержинской карстовой станции, с уменьшением инфильтрации атмосферных вод в массивы карстующихся пород из-за застройки и асфальтирования территории стало уменьшаться число провалов в пределах закарстованных массивов. Из 62 зарегистрированных провалов в г. Дзержинске с 1935 по 1974 г. лишь несколько произошло в пределах города.

В большинстве же случаев техногенные воздействия активизируют карстовый процесс. Как правило, «спусковым механизмом» для его активизации служит подтопление территории городских комплексов. Широкое развитие этот процесс имеет в г. Кунгур Пермской области. По данным Г.Н. Дублянкой, существует тесная взаимосвязь образования *провалов* и водопотребления. Наибольшее число провалов отмечается в летнее время, и, предположительно, это связано с увеличением водопотребления в этот период, частично за счет полива приусадебных участков жителями города. Из 13 провалов, произошедших в 2005 г., образование шести

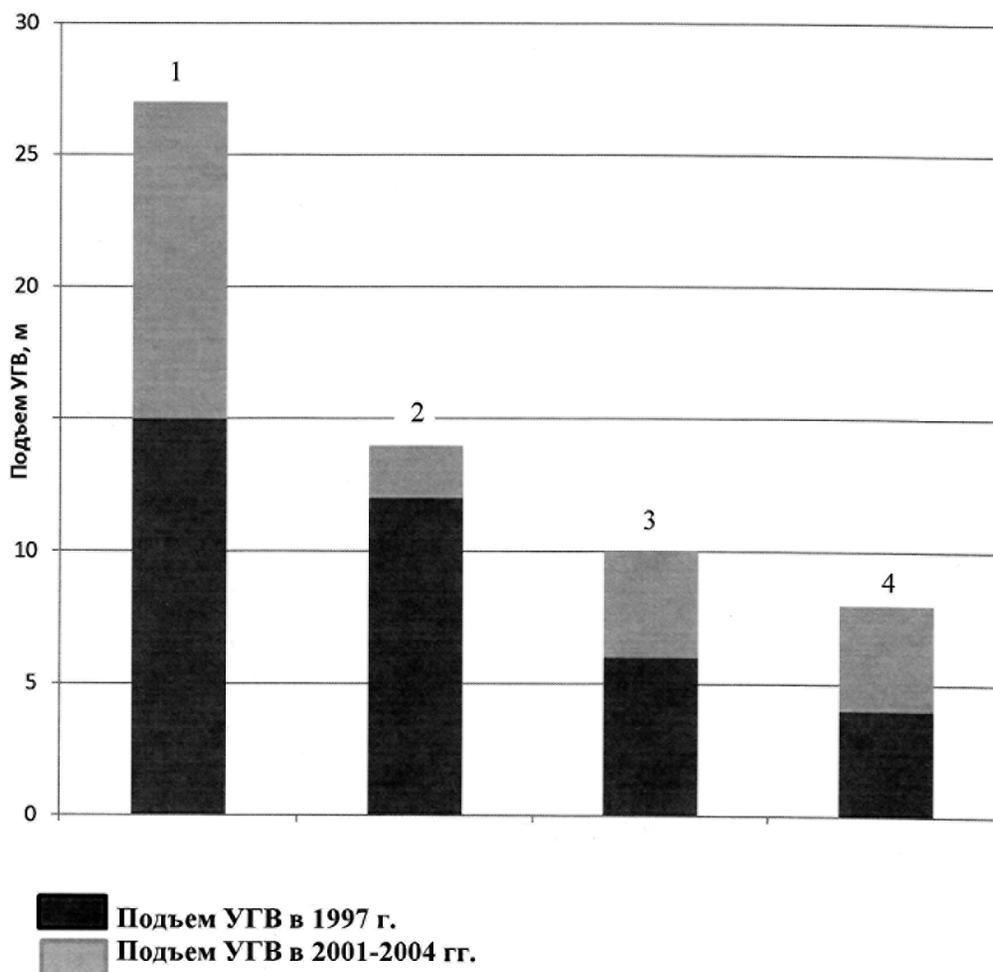


Рис. 1. Техногенный подъем уровня грунтовых вод (УГВ) на локальных участках в крупнейших городах СНГ:
1 — Ростов на Дону; 2 — Новочеркасск; 3 — Саратов; 4 — Ташкент (Харькина, 2011)

было связано с утечками из теплотрассы, а еще трех — с утечками из канализации.

Активизация *оползней* в городах происходит из-за подрезки склонов при строительстве, дополнительной нагрузки на неустойчивые массивы пород и их обводнения, из-за усиления динамической нагрузки и других техногенных воздействий. В европейской части России оползни, в том числе и техногенные, известны в Москве, Нижнем Новгороде, Казани, Волгограде, Ростове на Дону, Уфе, Саратове, Воронеже, других городах и населенных пунктах. Преимущественно техногенными оползнями поражены крупные города. В Саратове активизации древних оползней способствуют длительное воздействие на языковые части оползней Саратовского водохранилища и утечки из водонесущих коммуникаций. Всего в береговой полосе водохранилища в 2008 г. выявлено 140 оползней с объемом смещенных пород от 1 тыс. м³ до 10–14 млн м³, из которых 82 оползня были активными.

Последствиями проявления оползней является перенос сооружений и целых жилых комплексов на другие безопасные участки, а также снижение комфортности проживания из-за нарушения транспортного сообщения и водоснабжения в многомиллионных городах. Например, оползень в с. Кулич (Дагестан) стал причиной разрушения водопровода, в результате 34 000 жителей г. Майкоп остались без водоснабжения. Перебои с водоснабжением были зафиксированы в г. Нефтегорск в феврале 2002 г. из-за схода оползня размером 400×700 м. Экологическими последствиями схода этого же оползня явилась потеря жилья, было разрушено шесть домов и четыре барака (Дзекцер, Пырченко, 2005).

В районах распространения просадочных лёссовых грунтов при дополнительном увлажнении зоны аэрации и подтоплении в городах происходят *просадки*. Их величина изменяется в широких пределах — от 0,1 до 2,5–3 м. Они вызывают разрушение жилья и даже его потерю. В Волгоградской области, где лёссовые просадочные породы покрывают более 80% территории, вследствие деформации жилых и производственных зданий образовались трещины в несущих конструкциях, что явилось причиной повышения влажности комнатного воздуха выше предельно допустимых величин (ПДВ). По гигиенической оценке температурно-влажностного режима в крупнопанельных жилых домах ПДВ составляют 30–60% относительной влажности в жилых помещениях и 50% — в дошкольных. Продолжительное и частое пребывание людей в условиях повышенной влажности и низкой температуры отягощает течение таких заболеваний, как нефрит, ангина, ревматизм, пневмония, грипп, катар верхних дыхательных путей и др. В условиях влажной среды на сырых стенах развиваются домовые грибы (*Coniophora cerebella*, *Paxillus axerantius*, *Poria vopara ria*), поражающие деревянные конструкции. Являясь сильнейшими аллергенами, эти грибы обостряют аллергенные реакции

у больных бронхиальной астмой и приводят к развитию грибковой аллергии, выражающейся в поражении слизистых полостей рта, бронхолегочной системы, среднего уха, глаз и кожи (Олянский и др., 2002).

Создание городов в условиях криолитозоны приводит к деградации многолетнемерзлых пород (ММП). К концу XX в. за 60 лет существования Воркуты мерзлая толща потеряла 25% запасов холода (Основы геокриологии..., 2008). В Воркуте значительно увеличилась глубина залегания ММП. Деградация сопровождается увеличением размеров чаш и ореолов *протаивания грунтов*. При высокой плотности тепловыделяющих сооружений в черте города и больших снежных отложениях отдельные чаши и ореолы протаивания сливаются воедино, образуя общее понижение верхней границы ММП и способствуя появлению *тепловых осадков* поверхности и *термокарста*. В результате в связи с криогенными явлениями срок службы зданий в Воркуте составляет только 10–30 лет.

Трансформация геохимической экологической функции литосферы. Города являются колоссальной «фабрикой» по производству *коммунально-бытовых отходов* — бытового мусора, канализационных осадков, илов городских очистных сооружений и т.п. По степени концентрации и комплексу химических элементов-загрязнителей они не уступают промышленным отходам. Особенно высоки концентрации химических элементов в выбросах *мусоросжигательных заводов*, являющихся вторичными источниками загрязнения в городах. Согласно работам Ю.Е. Саета, Б.А. Ревича и Е.П. Янина (Геохимия окружающей..., 1990) концентрация Ag, Pb, Cd, Sn в пыли с электрофильтров одного из таких заводов составляет более 100 КК, Pb, Zn, Sb, Cr — от 100 до 500 КК. Эти авторы, по сути, данные образования относят к категории техногенных руд.

Свалки также являются вторичными источниками загрязнения. На некоторых из них за многие годы накопилось много разнообразных бытовых, а иногда и промышленных отходов. Грунты свалок и высачивающийся из толщи отходов фильтрат обогащены в десятки и сотни раз по сравнению с фоновыми почвами Zn, Cu, Sn, Ag, Pb, Cr и другими элементами. Развевание материала свалок и просачивание стоков ведет к загрязнению окружающих почв, горных пород, поверхностных и подземных вод. Состав токсичных стоков зависит от вида хранящихся отходов. Если в хранилищах промышленных отходов просачивающиеся воды содержат те же вещества, что и сами отходы, то из хранилищ бытового мусора в первую очередь вымываются продукты брожения, гниения (Трансформация экологических..., 2006).

В захороненных органических отходах на полигонах и свалках, на полях фильтрации сточных вод в анаэробных условиях на глубинах более 0,7–1 м в значительных количествах образуется *биогаз*. По данным В.С. Лебедева и В.А. Балакина, он состоит

преимущественно из метана (до 50–70 об.%) и диоксида углерода (до 25–35 об.%). Удельная скорость генерации биогаза определяется количеством органики в грунте и ее составом, а также зависит от условий залегания содержащих органику грунтов, включая температуру, влажность и плотность грунта, кислотность среды, наличие затравочных реагентов, содержание кислорода. Погребенный источник биогаза формирует в грунтовой толще устойчивое газовое поле. При застройке таких территорий биогаз может проникать в подполья зданий, в подземные сооружения и коммуникации, что может привести к пожарам и взрывам. Например, метан в экологически опасных и пожароопасных концентрациях (до 65,1 об.%) обнаружен в микрорайонах 12 и 14 Марьиного парка в Москве, где грунты подлежали удалению (Экологические функции..., 2004).

Для городских территорий характерно формирование литогеохимических аномалий в *донных осадках*. Появление типоморфных ассоциаций в них обусловлено как природными, так и техногенными факторами. Для городов ведущим является тип поселения и специализация градообразующих предприятий.

Значимым техногенным фактором трансформации качества подземных вод являются необорудованные хранилища твердых отходов. Здесь имеет место инфильтрация и ветровой разнос загрязняющих веществ с дальнейшим их проникновением вместе с атмосферными осадками в грунтовые воды. В результате этого под хранилищами твердых отходов часто образуются значительные ореолы некондиционных подземных вод. Например, на территории городской свалки в г. Уфа 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 составляет от 1,01 до 18,57 нг/дм³ (51–929 ПДК). Меняется состав грунтовых вод, они часто приобретают хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатный, гидрокарбонатно-хлоридный и хлоридно-кальциевый, натриево-кальциевый, магниевый-кальциевый состав. Тип вод из сульфатно-натриевого переходит в хлоридный кальциевый, одновременно возрастает минерализация подземных вод от 0,4 до 13,6 г/дм³ (Трансформация экологических..., 2006).

Отдельно остановимся на трансформации состояния почв на территориях промышленно-городских агломераций. Рассматривая почвы как верхний горизонт литосферы, можно утверждать, что они являются *депонирующей средой* всего спектра техногенных химических воздействий. Помимо трансформации их микроэлементного состава наблюдается также их ожелезнение и карбонатизация. Вследствие карбонатизации почв увеличивается их щелочность, идет насыщение поглощенного комплекса основаниями, многие металлы связываются

в труднорастворимые формы. При значительном поступлении карбонатной пыли в кислые и нейтральные почвы происходит изменение класса водной миграции ландшафта.

В целом эколого-геохимические особенности селитебных территорий зависят от промышленной специализации городов. Исследуя химические элементы в городских почвах, В.А. Алексенко и А.В. Алексеенко (2014) выявили связь между количеством жителей в городе (а следовательно, уровнем техногенной нагрузки) и набором химических элементов с существенно повышенным содержанием: в крупных городах с населением свыше 700 тыс. жителей к химическим элементам с повышенным относительно кларка содержанием относятся Ag, Cu, Sn (кларк содержания 1,4–1,5), Cd (3,2), в городах с населением 300–700 тыс. человек — Sb (15), а в малых городах с населением менее 100 тыс. человек — Ca, Cd, Ge (1,4–1,6), Tl (1,9), B (9,7), Sb (78).

В большинстве наземных растений на городских территориях концентрация тяжелых металлов существенно (до $n \cdot 1000$) возрастает. Функционально-морфологические изменения у растений проявлены в некрозах (омертвление тканей), в хлорозах (обесцвечивание листьев), гигантизме (увеличение размеров, чаще всего плодов, листьев), карликовости (уменьшение размеров отдельных органов или растения в целом) и массовой гибели вдоль городских дорог.

Трансформация геофизической экологической функции литосферы. Человечество в наши дни располагает мощными управляемыми источниками энергии, которые в основном сосредоточены в крупных городах и промышленных центрах. Так, например, Москва, один из крупнейших мегаполисов мира, в течение года производит в среднем $2,15 \cdot 10^{17}$ Дж энергии, что соответствует реализации мощности в $6,82 \cdot 10^3$ МВт. Это примерно в полтора раза превышает мощность Братской ГЭС ($4,1 \cdot 10^3$ МВт) и сопоставимо с мощностью Красноярской ГЭС ($6,0 \cdot 10^3$ МВт). Часть энергии в ее обращении при производстве, передаче и использовании неизбежно теряется в окружающей среде. Статистика показывает, что при транспортировке и потреблении теряется примерно 12% электрической и 4% тепловой энергии. *Теряемая энергия* вызывает так называемое техногенное физическое загрязнение. В связи с этим в пределах городских территорий геофизическая экологическая функция литосферы подвергается наибольшей трансформации. Параметры некоторых наиболее существенных для городских территорий видов техногенных физических полей в соотношении с их естественными аналогами представлены в табл. 2.

В преобладающем большинстве случаев техногенные физические поля по величине характеристического параметра многократно, иногда на несколько порядков, превышают свои природные аналоги и зачастую выходят за рамки допустимых

Таблица 2

Сравнительные характеристики некоторых видов естественных и техногенных физических полей (Богословский и др., 2000)

Вид физического поля	Единица измерения	Уровень полей		Санитарные нормы
		естественных	техногенных	
Магнитное	нТл	$(25-65) \cdot 10^3$	10^1-10^{12}	2,0
Температурное	°С	от -88 до +58	от -160 до +1500	16-24
Микросейсмическое (вибрация)	мм/с	0,02-0,50	0,02-16,0	0,12
Акустическое (шум)	дБ(А)	25-30	80-140	45-60
Электрическое: - атмосферное электричество - электрическая составляющая электромагнитного поля	⁺ ион/ ⁻ ион	1,15-1,2	1,0-1,5	-
	кВ/м	10^{-6}	0,01-10,0	5,0
Радиационное	мЗв/год	0,3-2,2	1,6	2,1

санитарных норм. Высокие значения параметров техногенных физических полей характерны для производства, строительства и других сфер деятельности, где используются различные агрегаты, машины и механизмы. По данным Г.Н. Алексеевой, максимальный уровень шума при забивке свай достигает 105-120 дБ(А) и соизмерим с шумом реактивного самолета - 120-130 дБ(А) на расстоянии 50-100 м.

Микросейсмические колебания (микросейсмы) в пределах городских территорий привлекают к себе особое внимание. Поскольку механические колебания от источника передаются через геологическую среду на фундаменты зданий и инженерных сооружений, градостроительные объекты всегда находятся в поле микросейсм. При этом существует вероятность если не совпадения, то, по крайней мере, сближения частот микросейсм и частот собственных колебаний инженерного объекта, что, как известно, может привести к негативным последствиям. Источниками механических колебаний (техногенная вибрация) являются промышленные агрегаты и установки, строительные машины и механизмы, транспортные средства и внутреннее оборудование жилых и общественных зданий и других инженерных сооружений. Каждый из таких источников характеризуется определенным размером зоны воздействия, что позволяет оценить уровень этого воздействия. Некоторые источники (рельсовый транспорт, строи-

тельные машины) генерируют вибрационное поле, уровень которого даже на значительном расстоянии от источника (20 м для рельсового транспорта и до 100 м для механического строительного копра) превышает допустимую санитарную норму, составляющую 67 дБ или 0,12 мм/с (рис. 2).

Радиационное поле, или поле ионизирующего излучения, имеет заметные признаки техногенной трансформации. Избыточная радиация в городах создается используемыми в научных, промышленных, медицинских и других целях источниками, содержащими природные или искусственно созданные радионуклиды, а также радионуклидами, содержащимися в строительных материалах, бытовом газе. Указанные источники связаны не с литосферой, а, скорее, с атмосферой или гидросферой. К радиоактивным загрязнителям литосферы в верхних ее слоях могут быть отнесены радиоактивные материалы, как правило, не обладающие высокой активностью и иногда выбрасываемые с обычными

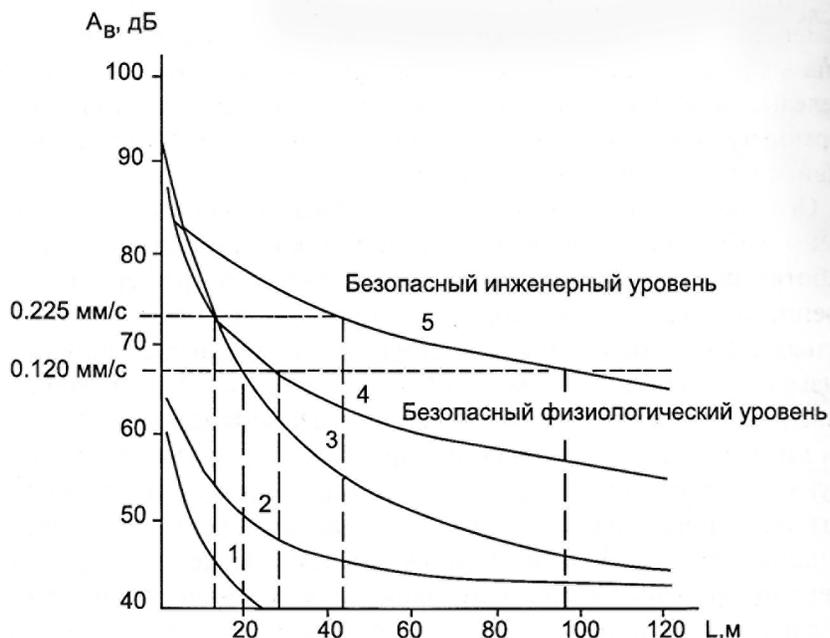


Рис. 2. Зависимость уровня вибрации от расстояния до различных источников (Трансформация экологических..., 2006): 1-5 - источники вибрации: 1 - вентиляционная шахта; 2 - скоростная автомагистраль; 3 - железная дорога; 4 - трамвайная линия; 5 - механический копер

промышленными и бытовыми отходами и попадающие таким путем на неорганизованные свалки или полигоны. Даже в благополучных с точки зрения радиационной обстановки городах в силу ряда причин (наличие предприятий атомной промышленности, «захват» расширяющимися городами территорий давнишних местных могильников, свалок, на которых могут находиться радиоактивные материалы и т.п.) могут существовать участки, таящие опасность радиоактивного воздействия. Так, в г. Москве находятся около полутора тысяч предприятий, имеющих ядерные установки и использующие радиоактивные материалы. Из них около семисот представляют определенную опасность, поскольку в результате их работы образуются радиоактивные отходы.

В условиях возросшего природно-техногенного (в первую очередь техногенного) физического воздействия живым организмам, в том числе и человеку, приходится адаптироваться к новой обстановке, которая не всегда «укладывается» в рамки приспособительных реакций представителей растительного и животного мира. Это вызывает определенную дисгармонию в их существовании и нарушение принципов коэволюции экосистем различного иерархического уровня. В табл. 3 на примере человеческого организма показаны негативные экологические последствия воздействия природных и техногенных физических полей.

Для человека опасные уровни воздействия определены санитарными нормами, регламентирующими условия проживания и трудовой деятельности населения, в том числе и применительно к условиям городской жизни. К тому же человек, используя возможности, предоставленные ему природой и созданными им технологиями, уже постарался и продолжает стараться свести к минимуму или огра-

ничить на безопасном уровне отрицательное влияние фактора техногенного физического загрязнения. Остальные бесчисленные представители биоты, как правило, не располагают иными возможностями защиты, кроме «исхода» или деградации вплоть до исчезновения отдельных видовых форм фауны и флоры.

Электромагнитное поле является фактором прямого экологического действия. Вызываемые им последствия трудно распознаваемы, поскольку не имеют собственной патологической симптоматики, а «заимствуют» ее у заболеваний сердечно-сосудистой, эндокринной, нервной и других систем жизнеобеспечения живого организма.

Повышенный уровень *акустического и вибрационного полей* нарушает комфортность проживания городского населения, приводит к обеднению орнитофауны. У человека шум вызывает профессиональные заболевания. По данным статистики, по профзаболеваниям в Чувашии в 1993 г. 15 случаев из 187 (8%) связано со снижением слышимости, в 1994 г. — 13 из 189 (6,8%), в 1995 г. — 8 из 183 (4,8%).

Последствия трансформации экологических функций литосферы на территории промышленных городских агломераций представлены в табл. 4.

Трансформация экологических функций поверхностной гидросферы на территории промышленно-городских агломераций

Трансформация георесурсной экологической функции поверхностной гидросферы. В большинстве крупных городов водоснабжение осуществляется преимущественно из поверхностных водоемов. В России из поверхностных источников забор воды составляет 77,8 млрд, а из подземных — 12,4 млрд м³/год. При этом встают проблемы дефицита поверхностных вод.

Таблица 3

Физическое воздействие и его влияние на экологическую обстановку

Природное и техногенное физическое воздействие					Экологические характеристики		
Уровень (индекс) воздействия	Виды воздействия				Условия жизнедеятельности населения	Состояние организма человека	
	акустическое, уровень шума, дБ(А)	вибрационное, виброскорость, мм/с	электромагнитное, напряженность поля, кВ/м	радиоактивное, доза излучения, мЗв/год		Качественная оценка	Заболеемость, отклонение от нормы
Слабое	< 30	< 0,31	< 5	< 0,25	комфорт	здоровье	< 30
Умеренное	30–65	0,31–2,5	5–10	0,25–1,0	дискомфорт	напряжение	30–50
Сильное	65–100	2,5–94	10–25	1,0–4,0	сильный дискомфорт	утомление	50–74
Опасное	> 100	> 94	> 25	> 4,0	опасность	болезнь	> 74

Таблица 4

Последствия изменения экологических функций литосферы (ЭФЛ) на территории промышленно-городских агломераций

ЭФЛ	Виды воздействия	Объект исследований		Экологические последствия		
				позитивные	негативные	
Георесурсная	Планировка территорий, строительство зданий, складирование и захоронение отходов Высокая плотность населения	Ресурс геологического пространства	территории	для расселения		Дефицит площади
				для размещения отходов		Эстетическое «обеднение» и отчуждение территорий, деградация биоценозов
				для размещения кладбищ		
				для размещения зеленых зон отдыха		Дефицит зон отдыха
		Минеральные ресурсы	Подземные воды		Перебои с водоснабжением в связи со сработкой водоносных горизонтов	
Геодинамическая	Откачка подземных вод для водоснабжения, утечки из водопроводов и полив улиц, подрезка и пригрузка склонов, асфальтирование поверхности, отепляющее воздействие при строительстве в криолитозоне	Геологические процессы	природные	Карстующиеся массивы горных пород	Повышение комфортности проживания в связи со стабилизацией карста при асфальтировании	Дискомфортности проживания в связи с карстовыми провалами
				Массивы просадочных лессов		Повышение заболеваемости в связи с увеличением влажности комнатного воздуха из-за трещин в конструкциях
				Оползневые массивы		Перенос жилых домов, гибель людей
				Заовраженные массивы	Заповедные зоны города	Дискомфорт проживания в условиях расчлененного рельефа
		техногенные	Оседание поверхности		Потеря земельных ресурсов особенно в городах прибрежно-морской зоны	
			Подтопление		Повышение заболеваемости	
			Термопросадки		Преждевременная потеря жилья	
Геохимическая	Складирование промышленных и коммунально-бытовых отходов; выбросы промышленности; выбросы транспорта	Геохимические поля	природные и техногенные	Горные породы, почвы, донные отложения		Деградация флоры, ухудшение условий существования фауны
				Подземные воды		Повышение заболеваемости в связи с ухудшением качества воды
				Подземные газы, включая биогазы		Повышение заболеваемости в связи с радоноопасностью, пожароопасность
				Массивы бытовых отходов и стоков		Деградация флоры в связи с высоким содержанием токсикантов
				Наземная растительность		Функционально-морфологические изменения
				Биосубстраты		Повышение заболеваемости
Геофизическая	Выбросы радиоактивных веществ Движение транспорта Работа механизмов	Геофизические поля	природные и техногенные	Радиационное		Переселение, запрет проживания
				Акустическое		Ухудшение слуха у человека
				Вибрационное		Обеднение орнитофауны
				Электромагнитное		Заболевания сердечно-сосудистой и нервной систем человека

Проблема нехватки питьевой воды решается за счет снабжения из удаленных источников. Так, естественный расход водных ресурсов в Московском регионе составляет 5 м³/с, что при сегодняшнем уровне водопотребления было бы достаточно для жизни не более 2 млн человек и привело бы к полному исчезновению рек Москвы, Яузы и Сходни. Поэтому по мере развития города к водоснабжению привлекаются ресурсы из географически удаленных мест. Так, Москва берет воду уже за 400 км от города (Пупырев, 2006).

Трансформация геодинамической экологической функции поверхностной гидросферы. Наиболее опасным гидрологическим процессом для городских территорий являются наводнения. Жители многих городов Поволжья, Нижней Волги, Нижнего Дона и поселков по берегам Енисея привыкли жить под защитой крупных водохранилищ, предохраняющих их от катастроф во время прохождения паводков. Однако так было не всегда. Во время последнего крупного наводнения в Москве, случившегося в апреле 1908 г., вода поднялась на 9 м по сравнению с летним уровнем. В результате без крова остались 180 тыс. человек.

Хозяйственная деятельность человека может спровоцировать катастрофические последствия при прохождении *дождевых наводнений*. Ярким примером является наводнение в г. Крымске 6–7 июля 2012 г. Техногенные сужения русла р. Адагум в черте города не позволили высокой воде спуститься вниз по течению. По данным О.А. Вадачкории, сужения русла произошли из-за обустройства мостовых переходов с необоснованно узкими пролетами, прокладки трубопроводов по дну реки, обустройства садовых участков в долине. Непродуманная хозяйственная деятельность в русле р. Адагум и игнорирование работ по его очистке стали причиной гибели 171 человека.

Трансформация геохимической экологической функции поверхностной гидросферы. Антропогенные воздействия приводят к снижению качества поверхностных вод, используемых для водоснабжения. Основной причиной этого является сброс неочищенных сточных вод: из 22,7 км³ сточных вод, сбрасываемых ежегодно в поверхностные водоемы России, полной очистке подвергается только 2,4 км³ (11%) (Национальный профиль..., 2003). Например, по комплексу гидрохимических показателей вода Куйбышевского водохранилища относится к III–IV классам качества и оценивается как «загрязненная», в отдельных створах — как «грязная». Среднегодовая концентрация в воде легко окисляемых органических веществ, фенолов, соединений меди во всех створах превышает ПДК: легко окисляемые вещества (по БПК₅) составляют 1–1,5, фенолы — 1–5, соединения меди — 1–6 ПДК. Максимальные концентрации фенолов достигают 10–12 ПДК у городов Набережные Челны и Ниж-

некамск, нефтепродуктов — 18–20 ПДК у г. Ульяновск и с. Никольское, соединений меди — 10, 13 и 16 ПДК у городов Казань, Тетюши, Новочебоксарск соответственно (Раткович, 2003).

Нарушение эколого-геохимических характеристик водоемов озерно-речной системы Кенти — Кенто произошло после строительства Костомукшского комбината (Карелия). За счет фильтрации вод хвостохранилища увеличились минерализация и концентрация калия в поверхностных водах, что отразилось на биохимических процессах *гидробионтов*, в частности на липидном обмене. Исследования Т.И. Регеранд показали рост содержания липидов у трех видов бентосных организмов — прудовиков (*Lymnaea stagnalis* L.), шаровки (*Sphaerium* sp.) и личинок ручейников (*Polycentropus flavomalatus*). Активизация синтеза липидов связана с необходимостью укрепления мембраны при нарастании токсического воздействия снаружи клетки, что свидетельствует о развитии адаптационных реакций у организмов.

Трансформация геофизической экологической функции поверхностной гидросферы. Вода, будучи важной составляющей коммунального хозяйства и обязательным компонентом практически любого производства, тем самым является носителем тепловой энергии и агентом техногенного теплового воздействия. *Тепловое загрязнение водоемов* — результат использования воды для отвода избыточного тепла. Основные источники промышленных тепловых загрязнений в городах — теплые воды промышленных предприятий, образующиеся в результате отведения тепла от нагретых агрегатов и машин. Температура воды в водоемах может повыситься также в холодное время года в результате сброса городских дождевых стоков и в теплое — в результате спиливания затеняющих береговую линию деревьев. Региональные тепловые аномалии возникают в результате создания водохранилищ в черте города.

По существующим санитарным нормам нагрев воды в любом месте реки не должен превышать более чем на 3°C максимальную температуру воды в реке летом и 5°C зимой. При повышении температуры происходит изменение газового и химического составов в водах, что ведет к размножению анаэробных бактерий, росту количества гидробионтов, снижению концентрации растворенного кислорода и выделению ядовитых газов — сероводорода и метана. Одновременно происходит цветение воды, а также ускоренное развитие микрофлоры и микрофауны, что способствует развитию других видов загрязнения. Известны случаи, когда сброс теплых вод создавал тепловой барьер для рыб на пути к их нерестилищам.

Последствия трансформации экологических функций гидросферы на территории промышленно городских агломераций представлены в табл. 5.

Таблица 5

Последствия изменения экологических функций поверхностной гидросферы (ЭФПГ) на территории промышленно-городских агломераций

ЭФПГ	Виды воздействия	Объект исследований		Негативные экологические последствия
Георесурсная	Создание водозаборов, планирование зон отдыха на воде	Ресурсы, необходимые для жизни	Поверхностные воды как источник водоснабжения	Дефицит питьевых ресурсов
		Пространственные ресурсы	Размещение водоемов внутри города	Дефицит площади
Геодинамическая	Сужение русел рек из-за хозяйственной деятельности	Природные процессы	Дождевые паводки	Угроза жизни
			Нагоны	
Геохимическая	Сброс неочищенных сточных вод	Геохимические природные и техногенные поля	Качество вод	Повышение заболеваемости в связи с употреблением воды низкого качества Развитие адаптационных реакций у бентосных организмов, перестройка фитопланктонных сообществ, вытеснение одних форм зоопланктона другими (антропогенная сукцессия)
			Донные отложения	
			Гидробионты	
Геофизическая	Выбросы радиоактивных веществ, сброс теплых технических вод	Геофизические техногенные поля	Радиационное	Деграляция гидробионтов
			Температурное	Нарушение вегетативного цикла

Трансформация экологических функций атмосферы на территории промышленно-городских агломераций

Трансформация георесурсной экологической функции атмосферы. Состояние атмосферы определяет количество солнечной радиации, достигающей поверхности Земли. Как известно, солнечная радиация — источник всех физических процессов в атмосфере, океане и на суше. В экологическом плане она обуславливает жизнедеятельность всех организмов, включая человека, и является ресурсом, необходимым для жизни.

Городские аэрозоли и дым оказывают заметное влияние на прозрачность воздуха, а следовательно, и на радиационные характеристики атмосферы. Дымная мгла изменяет величину и спектральный состав солнечной радиации, что неблагоприятно сказывается на росте растений, жизни животных и человека. Снижение уровня естественной освещенности земной поверхности при сильном загрязнении атмосферы может достигать 20–45%. В среднем за год в Москве фактор мутности атмосферы на 9–12% больше, чем в 100 км от города, а в отдельные месяцы эти различия достигают 17%. Изменения спектрального состава солнечной радиации в городе затрагивают ее коротковолновую часть. В Москве уменьшение ее доли отмечается в наиболее «грязных» районах города, например в Копотне (Абакумова и др., 2012).

Трансформация геодинамической экологической функции атмосферы. Городские комплексы способствуют созданию в атмосфере крупных ядер конденсации, что увеличивает частоту туманов.

Они образуются в сильные морозы (–30°С и ниже) в населенных пунктах при любой относительной влажности воздуха (даже менее 50%) за счет конденсации водяного пара, образующегося при сгорании топлива (в двигателях, печах и т.п.), выбрасываемого в атмосферу через выхлопные трубы и дымоходы. В городах туманы бывают в 1,5–2 раза чаще, чем в пригородах. Так, для Казани и Улан-Уде разница составляет 3 раза (Кобышева, 2001). Неблагоприятные последствия для горожан связаны со снижением видимости и как следствие возникновением транспортных аварий на дорогах.

Города часто являются крупными промышленными центрами с неизбежными выбросами в атмосферу загрязняющих веществ, в том числе соединений азота и серы, которые возникают в результате сгорания угля, торфа, других видов сырья. В итоге оксиды попадают в атмосферу и выпадают на землю в виде *кислотных дождей*, подразумевающих все виды метеорологических осадков: дождь, снег, град, туман, дождь со снегом, при котором наблюдается понижение pH из-за загрязнений воздуха кислотными оксидами серы и азота.

Последствия выпадения кислотных дождей многогранны. Они наносят непоправимый ущерб памятникам архитектуры, ускоряя эрозию. Скорость поверхностной эрозии ряда исторических памятников за период 1718–1980 гг. под действием кислотных дождей составляет 0,078 мм/г. Кислотные дожди опасны как для людей, так и растений. Они заметно повышают кислотность городских водоемов, в результате чего там постепенно вымирает естественная флора и фауна. В некоторых случаях

кислотные дожди наносят прямой вред горожанам, прежде всего страдающим от заболеваний верхних дыхательных путей. В отдельных случаях при сильнокислом тумане с высоким содержанием аэрозолей (концентрации 150–500 мкг/м³) отмечается повышение смертности до 6% по сравнению со средними показателями (Заиков и др., 1991).

Трансформация геохимической экологической функции атмосферы. В настоящее время универсальным и стабильным поставщиком загрязняющих веществ на урбанизированные территории, независимо от специфики градообразующих предприятий, является автотранспорт. На его долю приходится 40% общего количества выбросов, другой крупный источник выбросов — промышленные предприятия (32%) и тепловые системы (26%). Доля остальных источников не превышает 2% (Сазонов, 2010).

Согласно обобщенным данным, 66,6 млн граждан России проживают в городах, где уровень загрязняющих веществ превышает величины ПДК (Государственный доклад..., 2014). Так, в зоне влияния Рязанского производственного объединения «Химволокно» в атмосферном воздухе превышены ПДК сероуглерода и сероводорода. У детей, проживающих в зоне влияния выбросов этого комбината, обнаружен симптомокомплекс, включающий такие клинические заболевания, как иммунодепрессивное состояние (частичное или полное подавление иммунитета), вегетативный невроз, кариес, гастроэнтероколит, гепатопатия, пневмония, нейродерматит, микроспория и дисбактериоз. У некоторых детей также обнаружены продукты метаболизма сероуглерода в моче (Раткович, 2003).

Приземные слои атмосферы промышленно-городских агломераций отличаются максимальным содержанием пыли. Количество выпадающей из атмосферы пыли в городах составляет 200–500 кг/км² в сутки (до 5–6 тыс. кг/км²), а в районах, удаленных от урбанизированных зон, суточное осаждение пыли не превышает 10 кг/км². Наиболее тяжелая геоэкологическая обстановка сложилась в г. Саранске. Там в атмосферу вместе с промышленными выбросами поступало более 140 веществ различного класса опасности, 20% из которых относились к I и II классам (Янин, 2003).

Пыль, поступающая вместе с промышленными выбросами в атмосферу, является важным гигиеническим фактором, негативно влияющим на здоровье людей. Опасность представляет вдыхаемая пыль, которая при вдохе проникает в организм человека. Частицы пыли радиусом более 5 мкм при дыхании через нос осаждаются в каналах носоглотки, частицы размером 2 мкм на 90% задерживаются до поступления в дыхательные пути, а в бронхи и легкие проникают более мелкие частицы.

Наиболее уязвимыми от выбросов градо-промышленных комплексов являются территории, расположенные в зоне многолетней мерзлоты, характеризующиеся низким потенциалом самоочищения. Так, в районе г. Норильска четкая корреляционная

зависимость загрязнения всех абиотических оболочек Земли и заболеваемости населения фиксируется, в первую очередь, по переобладающей розе ветров в Кайерканском и Ергалахском направлениях. Зоны максимального угнетенного состояния фитоценозов также наследуют эколого-геохимические особенности города и пригородной зоны (Савенко, 2013).

Трансформация геофизической экологической функции атмосферы. Особенностью городских территорий является их закрытость — наличие застройки, сплошного асфальтового и другого твердого покрытия, ограниченность зеленых массивов с сохранившимся почвенным покровом и малая суммарная площадь открытых водоемов. Все это затрудняет протекание естественных процессов энергообмена литосферы с атмосферой и через нее с околоземным космическим пространством. Как следствие нарушения теплового обмена, в геологическом субстрате городских территорий формируются «тепловые купола», а в приземном слое атмосферы — «тепловые шапки», по своим размерам в полтора-два раза превышающие административные границы города.

Заметно увеличен в пределах городских территорий электромагнитный фон в широком диапазоне частот, что является следствием разветвленной сети электроснабжения и работы радио- и телепередающих устройств. Наблюдения за атмосферным электричеством (*электростатическое поле*) показывают, что в городах повышается, по сравнению с природным фоном, концентрация положительных, преимущественно «тяжелых», ионов, оказывающих угнетающее воздействие на живое.

Последствия трансформации экологических функций атмосферы на территории промышленно-городских агломераций представлены в табл. 6.

Заключение

Создание промышленно-городских агломераций провоцирует трансформацию всех экологических функций абиотических сфер Земли (георесурсной, геодинамической, геохимической, геофизической), что приводит к усложнению пространственной картины их проявления, а также к усилению интенсивности изменений. Активизация природных процессов и явлений, физические и химические загрязнения накладываются на природный фон и снижают качество ресурсного потенциала территорий промышленно-городских агломераций. Техногенный механизм усложнения полей распределения экологических функций абиотических сфер Земли связан с развитием социума на базе научно-технического прогресса, что предопределяет мозаичность и динамизм их развития.

Последствия трансформации экологических функций абиотических сфер Земли носят как позитивный, так и негативный характер. Первые из них

Таблица 6

Последствия изменения экологических функций атмосферы (ЭФА) на территории промышленно-городских агломераций

ЭФА	Виды воздействия	Объект исследований		Негативные экологические последствия	
Георесурсная	Производственные и транспортные выбросы	Ресурсы, необходимые для жизни		Замедление роста растений, угнетенное состояние человека	
Геодинамическая	То же	Техно-природные процессы		Туманы	Ухудшение видимости, травматизм при авариях на дорогах
				Кислотные дожди	Обострение заболеваний верхних дыхательных путей
Геохимическая	То же	Геохимические поля	природные и техногенные	Качество воздуха	Подавление иммунитета у детей, рост клинических заболеваний
				Атмосферная пыль	Увеличение частоты хронических заболеваний миндалин и аденоидов, а также отита, пневмонии; угнетение фитоценозов (замедление фотосинтеза, повреждение листьев)
Геофизическая	Закрытость территорий в связи с плотной застройкой	Геофизические поля	техногенные	Тепловые купола	Нарушение вегетативного цикла
				Атмосферное электричество	Угнетающее воздействие на человека за счет образования положительных «тяжелых» ионов

связаны с уменьшением интенсивности и экстенсивности ряда природных процессов в результате хозяйственной деятельности. Обычно горожане сталкиваются с негативными экологическими последствиями проявления техногенных и активизи-

рованных природных процессов, геохимических и геофизических полей. Таковы реалии, с которыми приходится считаться и которые можно рассматривать как своего рода плату за удобство жить и работать в городе.

ЛИТЕРАТУРА

Абакумова Г.М., Горбаренко Е.В., Незваль Е.И., Шиловецова О.А. Климатические ресурсы солнечной энергии Московского региона. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. 312 с.

Алексеевский Н.И., Чалов С.Р. Гидрологические функции разветвленного русла. М.: Геогр. ф-т МГУ, 2009. 239 с.

Алексеев В.А., Алексеев А.В. Химические элементы в городских почвах. М.: Логос, 2014. 310 с.

Богословский В.А., Жигалин А.Д., Хмелевской В.К. Экологическая геофизика. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. 256 с.

Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения / Отв. ред. Ф.Т. Яншина, С.Н. Жидовинов. М.: Наука, 2001. 375 с.

Геологическое пространство как экологический ресурс и его трансформация под влиянием техногенеза / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во «Академическая наука» — Геомаркетинг, 2014. 566 с.

Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2013 году». М.: Минприроды, 2014. 69 с.

Дзекцер Е.С., Пырченко В.А. Технология обеспечения развития урбанизированных территорий в условиях воздействия природных опасностей. М.: ЗАО ДАР/ВОДГЕО, 2005. 155 с.

Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экологические функции почвы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. 137 с.

Заиков Г.Е., Маслов С.А., Рубайло В.Л. Кислотные дожди и окружающая среда. М.: Химия, 1991. 144 с.

Зекцер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. М.: Научный мир, 2001. 328 с.

Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2011 г. Вып. 31. М.: ООО Геоинформмарк, 2012. 220 с.

Кобышева Н.В. Климат России. СПб.: Гидрометеиздат, 2001. 655 с.

Куриленко В.В. Экологически значимые свойства (экологические функции) литосферы и их роль при характеристике эколого-геологических условий жизнедеятельности человека и существования биоты (природной среды) // Матер. межд. науч. конф. «Науки о Земле и образование: Задачи, проблемы, перспективы». СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002. С. 65–68.

Национальный профиль по гигиене окружающей среды Российской Федерации (Национальный доклад) / Под ред. В.И. Чибурова, М.В. Фокина. М., 2003. 86 с.

Олянский Ю.И., Сияков В.Н., Трохимчук М.В., Андреева Т.В. Просадочные и набухающие породы Волгоградской области и экологические последствия их техногенного изменения // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2002. Т. 77, вып. 2. С. 78–84.

Основы геоэкологии. Ч. 6. Геоэкологический прогноз и экологические проблемы в криолитозоне / Под ред. Э.Д. Ершова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008. 768 с.

Путырев Е.И. Системы жизнеобеспечения городов. М.: Наука, 2006. 247 с.

Раткович Д.Я. Актуальные проблемы водообеспечения. М.: Наука, 2003. 352 с.

Савенко В.С. Геохимическое понимание и изучение жизни // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Географ. 2013. № 3. С. 3–10.

Сазонов Э.В. Экология городской среды. СПб.: ГИОРД, 2010. 312 с.

Трансформация экологических функций литосферы в эпоху техногенеза / Трофимов В.Т., Барабошкина Т.А., Жигалин А.Д., Харькина М.А. и др. М.: Ноосфера, 2006. 720 с.

Трофимов В.Т. Об экологических функциях абиотических сфер Земли // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 2005. № 2. С. 59–65.

Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Экологические функции литосферы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 1997. № 6. С. 13–21.

Трофимов В.Т., Куриленко В.В. Экологические функции абиотических сфер Земли: содержание и значение для становления нового теоретического базиса геоэкологии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 2015. № 3. С. 93–102.

Трофимов В.Т., Харькина М.А., Барабошкина Т.А., Жигалин А.Д. Трансформация экологических функций литосферы в эпоху техногенеза под влиянием городских комплексов // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. 2005. № 1 (10). С. 3–19.

Харькина М.А. Экологические последствия трансформации геологических процессов на территории России под влиянием различных видов антропогенных воздействий // Геориск. 2011. № 4. С. 50–57.

Экологические функции городских почв / Отв. ред. А.С. Курбатова, В.Н. Башкин. М.; Смоленск: Маджента, 2004. 232 с.

Экология Новочеркасска. Проблемы и пути решения. Ростов н/Д.: СКНЦВШ, 2001. 412 с.

Янин Е.П. Промышленная пыль в городской среде (геохимические особенности и экологическая оценка). М.: ИМГРЭ, 2003. 82 с.

Ясаманов Н.А., Никитин Е.Д. Планетарно-геологическая роль и экологические функции земной атмосферы // Жизнь Земли. 2001. № 3. С. 68–77.

TECHNOGENIC TRANSFORMATION OF ECOLOGICAL FUNCTIONS OF EARTH'S ABIOTIC SPHERES WITHIN TERRITORY OF INDUSTRIAL AND URBAN AGGLOMERATIONS AND ITS CONSEQUENCES

V.T. Trofimov, M.A. Kharkina, T.A. Baraboshkina, A.D. Zhigalin

Creation of industrial and urban agglomerations provokes the transformation of all ecological functions of abiotic spheres of the Earth (georesource, geodynamic, geochemical, geophysical). It complicates the spatial distribution of their occurrence in the lithosphere, hydrosphere and atmosphere. Mosaicity and dynamism of complexity of distribution fields of ecological functions of the Earth's abiotic spheres are shown. The typing of the consequences of transformation of the ecological functions of the Earth's abiotic spheres with both positive and negative character within the territories with the highest density of population is represented.

Key words: technogenic influence, the resource of the geological space, techno-natural processes, contamination, lithosphere, hydrosphere, atmosphere, biocenoses, human.

Сведения об авторах: *Трофимов Виктор Титович* — докт. геол.-минерал. наук, проф., зав. каф. инженерной и экологической геологии геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, *e-mail:* trofimov@geol.msu.ru; *Харькина Марина Анатольевна* — канд. геол.-минерал. наук, доц., ст. науч. сотр. каф. инженерной и экологической геологии геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, *e-mail:* kharkina@mail.ru; *Барабошкина Татьяна Анатольевна* — канд. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотр. каф. инженерной и экологической геологии геологического ф-та, ст. науч. сотр. Института стран Азии и Африки МГУ имени М.В. Ломоносова, *e-mail:* baraboshkina@mail.ru; *Жигалин Александр Дмитриевич* — канд. геол.-минерал. наук, доц., вед. науч. сотр. Института геоэкологии имени Е.М. Сергеева РАН; вед. науч. сотр. каф. инженерной и экологической геологии геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, *e-mail:* zhigalin.alk@yandex.ru