

УДК 624.131: 550.83

В.Т. Трофимов¹, А.Д. Жигалин², В.А. Богословский³, Е.В. Архипова⁴**МЕСТО ЭКОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
В СИСТЕМЕ УРБОЭКОЛОГИИ**

В соответствии с прогнозами Всемирной организации здравоохранения к 2050 г. в больших и малых городах будет жить 70% населения мира. Это значит, что более 2/3 населения планеты станет составной частью нового природно-технического образования — геобиотехноэкосистем. Для таких экосистем характерны глубокие изменения природных свойств под воздействием активной деятельности человека, приобретение ими новых качеств. Изменения проявляются во всех экологических функциях земных сфер атмосферы, гидросферы и литосферы, включая также изменение геофизического (энергетического) потенциала. Представленный в статье материал можно считать основанием для формирования нового научно-практического направления — «Геофизическая урбоэкология».

Ключевые слова: урбанизация, экологические функции сфер Земли, трансформация окружающей среды, геофизические поля, геофизическая урбоэкология.

In conformity with forecasts of World Health Organization by 2050 in the big and small cities there will live 70 percent of a world's population. It means that more than two thirds of the population of the planet will become a component of new techno and natural ecosystems — geobiotechnoecosystems. For such ecosystems profound changes of natural properties as a result of vigorous activity of the person, acquisition of new qualities by them are characteristic. Changes are shown in all ecological functions of terrestrial spheres — the atmospheres, hydrospheres and lithospheres, including also change of geophysical (power) potential. The material presented in article can be considered the basis for formation of the new scientific and practical direction — a geophysical urboecology.

Key words: urbanization, ecological functions of spheres of the Earth, transformation of an environment, geophysical fields, geophysical urboecology.

Введение. В наши дни более половины населения Земли — городские жители. В соответствии с прогнозами Всемирной организации здравоохранения к 2050 г. в больших и малых городах будет жить 70% населения мира. Это означает, что к этому времени уже более 2/3 населения планеты станет составной частью новых техно-природных образований — геобиотехноэкосистем (геобиотехносферы) разного вида. Геобиотехноэкосистемы представляют собой заметно трансформированные природные экосистемы, для которых характерны глубокие изменения свойств природных экосистем под воздействием активной деятельности человека. Такого рода измененные экосистемы присущи районам интенсивного хозяйственного освоения и в первую очередь урбанизированным территориям и промышленно-городским агломерациям. Рассматривая человека в качестве активного действующего лица во взаимодействии с объектами окружающего мира, следует иметь в виду, что

значительная часть этого «окружающего мира», особенно если говорить об урбанизированных территориях, является продуктом деятельности самого человека. Создавшаяся ситуация послужила причиной формирования нового направления в научно-практических исследованиях, согласующегося с концепцией экологических функций земных сфер и их техногенной трансформации, получившего название «урбоэкология».

Техногенная трансформация экологических функций на урбанизированных территориях и в зонах интенсивного промышленного освоения в наибольшей мере сказывается на двух из них — химической (вещественной) и геофизической (энергетической). Функции этих двух видов значительно изменяются на всех уровнях — от геологического субстрата (до глубины несколько километров и более) до высоких (несколько метров и более) слоев атмосферы, затрагивая также поверхностную и подземную гидросферу. Предмет

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, докт. геол.-минерал. н., профессор, зав. кафедрой инженерной и экологической геологии; *e-mail:* trofimov@rector.msu.ru

² Институт геоэкологии имени Е.М. Сергеева РАН, вед. науч. с.; Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра инженерной и экологической геологии, вед. науч. с., канд. геол.-минерал. н.; *e-mail:* zhigalin.alek@yandex.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, докт. геол.-минерал. н., профессор; *e-mail:* bogos@geol.msu.ru

⁴ Государственный университет «Дубна», кафедра экологии и наук о Земле, доцент, канд. геол.-минерал. н.; *e-mail:* olenageo@mail.ru

обсуждения — складывающиеся на территориях больших и малых городов, мегаполисов и крупных промышленных центров эколого-геофизические условия, определяющие уровень комфортности проживания и трудовой деятельности городского населения и персонала, занятого на производстве.

Эколого-геофизическая среда современных городов. В ряду экологических функций сфер Земли, играющих важную роль в формировании экологических условий вообще и в пределах урбанизированных территорий в частности, геофизической экологической функции отведена роль регулятора энергетического обмена между живой и неживой природой [Экологические..., 2000]. Геофизическая экологическая функция реализуется через природные и техногенные физические поля, суммарный потенциал которых — значимый фактор физического (энергетического) воздействия на живые организмы. При значительном превышении экологически допустимого уровня техногенного геофизического воздействия, что в условиях городской среды наблюдается перманентно, может возникать энергетический дисбаланс, приводящий к изменению экологической обстановки, в которой сосуществуют человек и окружающий его мир живых организмов.

Из всего разнообразия природных (геофизических) и техногенных (технологических) физических полей для городских территорий по критерию эффективности воздействия следует выделять: электромагнитное, акустическое (в слышимом и инфразвуковом диапазонах), вибрационное, тепловое и радиационное (ионизирующие излучения) поля. При сопоставлении характеристик природных и техногенных аналогов указанных полей оказывается, что уровень техногенных (физических) полей, во-первых, намного превосходит уровень природных (геофизических) полей и, во-вторых, часто превышает допустимые регламентируемые санитарными нормами величины (табл. 1). В силу этого следует считать, что основной источник физического (энергетического) воздействия и

причина особенностей реализации геофизической экологической функции в пределах урбанизированных территорий — именно техногенные физические поля.

Оценивая уровень техногенного физического (энергетического) воздействия, следует руководствоваться положением о суперпозиции (наложении) природных (геофизических) и техногенных (физических, или технофизических) полей. При этом также следует иметь в виду существенное превышение технологического уровня физических полей над характеристиками их геофизических аналогов и, что более существенно, над «разрешенными» санитарными нормами. Так, для акустического (шумового) поля технологический уровень, измеряемый в относительных единицах составляет от 65–80 до 100–130 дБ (децибел), тогда как природный шум характеризуется уровнем в 20–30 дБ. Санитарный уровень шумового поля в ординаре не должен превышать 40–65 дБ. Для теплового поля при «нормальном» уровне температуры (для грунтов основания фундаментов) от –2 до +10 °С технологический уровень варьирует в широких пределах от –160 до 800–1500 °С при рекомендуемой температуре в жилых домах и служебных помещениях 16–24 °С (табл. 1). Эти и другие примеры показывают, что в пределах площадей плотной городской застройки, промышленных зон и других территорий интенсивного освоения существуют специфические гео- и технофизические условия, изучение которых необходимо для понимания формирования экологической обстановки, с одной стороны, и оценки условий жизнедеятельности населения, живущего на таких территориях, — с другой.

Акустическое (шумовое) воздействие в пределах городских территорий представляет собой первостепенный фактор среди прочих энергетических факторов. Это объясняется прежде всего тем, что шум воспринимается имеющимися у человека слуховыми органами непосредственно, а действие этого фактора может по длительности составлять — в зависимости от транспортной ситуации —

Таблица 1

Сравнительные характеристики некоторых природных и техногенных физических полей [Богословский и др., 2000], с изменениями

Вид физического поля	Единица измерения	Уровень поля			
		фоновый (вариации)	технологический	санитарный (экологический) предел	технический предел
Электромагнитное: магнитная составляющая электромагнитного поля (магнитная индукция)	мкТл	34–66 (0,07–0,55)	1,6–2,0	100 (0,25)	
Акустическое: слышимый диапазон (20–20 ³ Гц), инфразвуковой диапазон <20 Гц	дБ (А)	25–30	80–120	45–60	–
	дБ (А)	10–130	70–150	75–90	–
Вибрационное	мм/с (дБ)	<0,5	0,002–160 (65–130)	0,12 (68–79)	0,225
Температурное	°С	от –2 до +10*	от –160 до +1500	16–24	–
Радиационное	мЗв/год	0,3–2,2	1,6	1,8	–

* Температура в грунтовой толще на глубине 1,0–1,5 м.

от 10 до 22 часов в сутки. Следует также иметь в виду, что наш организм воспринимает звуковые волны как в слышимом (от 20 Гц до 20 кГц), так и в инфразвуковом (<20 Гц) диапазонах, из которых инфразвуковой диапазон наиболее биоактивен.

Вибрационное поле — поле механических колебаний, создаваемое движением транспортных средств, промышленным оборудованием, строительными машинами и механизмами и другими объектами, передается через плотные среды. Это поле воспринимается людьми, либо когда они заняты на производстве в тех процессах, где задействованы виброгенерирующие устройства, либо на бытовом уровне, когда они пользуются городским транспортом или проживают в домах, где, например, временно производится ремонт.

Электромагнитное поле также является существенным фактором прямого техногенного физического воздействия. Электромагнитное поле, в отличие от акустического и вибрационного полей, в силу специфики прохождения электромагнитных волн характеризуется «беспредельностью» распространения. Конечно, находясь в четырех стенах жилых или служебных помещений, городской житель вправе рассчитывать на защиту от генерируемого различными источниками электромагнитного излучения в широком диапазоне частот. Однако свое жилье, бытовые условия и работу он обеспечил электро- и радиотехническим оборудованием в таком объеме, что по доброй воле оказался объектом массивированного электромагнитного воздействия.

Техногенное тепловое воздействие заметно влияет на общий температурный режим в пределах городской территории. Раньше обращали внимание на формирование так называемых тепловых куполов — прогреваемых городом верхних слоев геологического субстрата. Прогрев обнаруживается на глубинах до 30–50 м в зависимости от степени освоения подземного пространства и свойств грунтов, лежащих в основании городской территории. Известно, что в городе (особенно, в мегаполисе) намного теплее, чем за его пределами или в сельской местности. Городские жители раньше других ощущают приход весны, а зима наступает для них гораздо позже. Это явление называется эффектом теплового городского острова. Оценка этого явления с экологических (и медицинских) позиций демонстрирует неоднозначность точек зрения. Так, например, многие жители радуются этому сдвигу сезонов, но для части их такое искусственное тепло становится причиной ухудшения самочувствия, а часто и причиной развития некоторых серьезных заболеваний.

Особенностями формирования экологической обстановки на урбанизированных территориях занимаются специалисты, называющие себя урбоэкологами. Круг их интересов — изучение жизнедеятельности человека в урбанизирован-

ной (городской) среде, прямые и обратные связи окружающей среды и человека как биологического вида и в то же время социального существа. Традиционно основной упор при рассмотрении взаимодействия человека с остальными составляющими геобиотехноэкосистемы делается на оценку степени загрязненности атмосферы, грунтовых вод и поверхностных водоемов, удаление бытовых и промышленных отходов в предположении, что именно эти экологические аспекты урбанизации представляют собой основные факторы формирования общей экологической обстановки на контролируемых территориях. При этом незаслуженно обойденными оказываются техногенные физические поля, определяющие «экологическую энергетику» территорий городов любого ранга, хотя понятие «техногенное физическое (энергетическое) загрязнение» уже давно и широко используется. Иногда, правда, делается исключение для акустического (шумового) физического поля, но, как правило, лишь в сочетании с транспортным загрязнением атмосферного воздуха и почвенного слоя. Соответственно, игнорируется включение геофизических полей, природных и главным образом техногенных, в определение понятия «геологическая среда», предложенное академиком Е.М. Сергеевым и в дальнейшем дополненное его последователями.

В то же время иные виды физического (энергетического) загрязнения среды городов и промышленно-городских агломераций — электромагнитное, шумовое, вибрационное, температурное, и радиационное воздействие — безусловно следует считать существенными факторами, определяющими экологическую обстановку на той или иной территории. Пытаясь восполнить этот пробел, авторы представляют результаты изучения возможного влияния на городское население электромагнитного, акустического (в слышимом и инфразвуковом частотных диапазонах), вибрационного, теплового и радиационного полей. При изучении такого влияния использованы данные литературных источников, экспериментальные исследования предыдущих лет и результаты работ, проведенных в последние 3–4 года.

Экспериментальные исследования. Цель эксперимента — оценить и сопоставить уровни техногенного физического (энергетического) воздействия на городское население и среду его обитания в малых и больших городах. Местом для проведения эксперимента были выбраны города Дубна и Кимры с населением до 100 тыс. человек, а также Москва — крупнейший мегаполис нашей страны. В качестве площадок для проведения экспериментальных исследований выбраны районы жилой застройки в городах Москва, Дубна (Московская область) и Кимры (Тверская область), а также некоторые конкретные объекты, интересные с точки зрения их физического

(энергетического) воздействия, — метрополитен, помещения различного назначения (производственные, общего пользования, жилые). Цель исследований — определение уровня техногенного физического воздействия, реализуемого через поля указанных видов в пределах территорий, где горожане обычно проводят значительное время суток: отдыхают в нерабочее время, делают покупки, развлекаются, а также сопоставление уровня воздействия для городов с разной численностью населения. Кроме исследований непосредственно на территории выбранных участков, проведены измерения параметров акустического, электромагнитного и радиационного полей на станциях трех линий Московского метрополитена, в производственных помещениях фабрики в г. Кимры, а также в учебных аудиториях и жилых зданиях в г. Дубна.

Измерения параметров физических полей в пределах выбранных полигонов в Москве, Дубне и Кимрах дали следующие результаты. Наиболее изменчивыми и часто выходящими за рамки экологически безопасных норм оказались значения магнитной индукции (магнитная компонента переменного электромагнитного поля) в частотном диапазоне от 5 Гц до 2 кГц. В этот частотный диапазон попадают практически все используемые промышленные частоты электромагнитных колебаний. Средние значения магнитной индукции варьируют в пределах 40–200 нТл, однако в отдельных случаях их уровень может достигать 600–700 и даже 1000 нТл и более при безопасном экологическом уровне 250 нТл. Высокие значения магнитной индукции, как правило, регистрировались вблизи квартальных трансформаторных подстанций разной мощности, расположенных вблизи жилых массивов либо непосредственно в их пределах, а также в окрестностях больших торговых центров,

вблизи линий электропередачи и др. В качестве иллюстрации приведена схематическая карта электромагнитной индукции, составленная по результатам измерений, проведенных в 2013–2014 гг. в г. Кимры Тверской области (рис. 1).

Акустическое воздействие по результатам измерений оказалось менее действенным, хотя шум, по мнению горожан, — наиболее раздражающий фактор. В слышимом диапазоне звуковых частот измеряемый уровень звукового давления (УЗД) изменялся от 6–16 до 57–60 дБ, редко превышая уровень 60 дБ. В инфразвуковом диапазоне частот при среднем уровне изменения звукового давления, сходном с наблюдавшимся в слышимом диапазоне (6–60 дБ), случаи превышения уровня в 60 дБ наблюдались чаще, как правило, в местах пересечения крупных общегородских транспортных магистралей.

Измерения радиационного поля не выявили заметных аномальных участков ни на одном из выбранных полигонов. Установленный санитарный предел МЭД в 20 мкЗв/ч нигде не оказался превышенным, хотя средние измеряемые значения изменялись в широком «преднормативном» диапазоне от 0,08–0,12 до 0,16–0,20 мкЗв/ч. Отметим, что в пределах выбранных для проведения эксперимента полигонов отсутствовали какие-либо предприятия и учреждения (за исключением районных медицинских учреждений), где могли бы использоваться радиоактивные материалы и где существование аномалий радиационного поля теоретически предсказуемо. Тем не менее радиационное поле характеризуется существенной неоднородностью («пятнистостью»), изменяясь в указанных выше «разрешенных» пределах. Такого рода незначительные по величине аномалии трудно идентифицировать и соотносить с какими-либо конкретными источниками. Можно предположить,

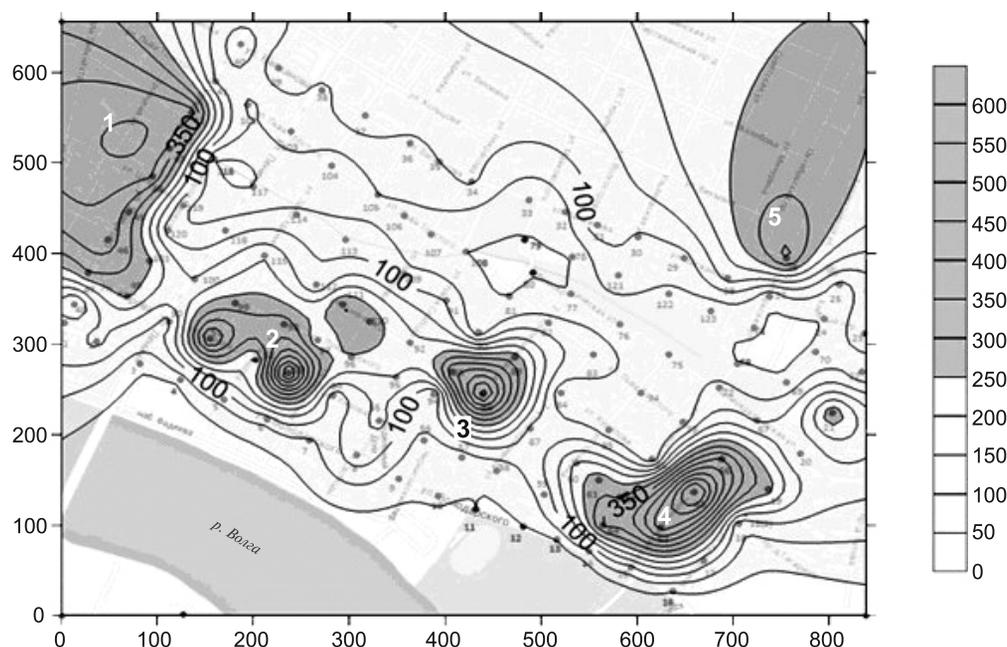


Рис. 1. Схематическая карта электромагнитной индукции в жилом районе г. Кимры [Веселова, 2014]: участки повышенных значений магнитной составляющей электромагнитной индукции, связанные с находящимися в центральной части города учреждениями, торговыми и сервисными центрами (1), с низкорасположенными проводами ЛЭП и электроподстанциями (2 и 3), находящимся поблизости супермаркетом (4) и трансформаторной будкой внутри жилого квартала (5). Безопасный экологический предел — 250 нТл

Таблица 2

Результаты измерения физических полей на некоторых линиях Московского метрополитена

Название линии	Глубина заложения, м	Вид физического поля				
		электромагнитное, нТл	радиационное, мкЗв/ч		акустическое, дБ	
			внизу	наверху	акустический диапазон	инфразвуковой диапазон
Сокольническая	+10... -42	150...1500	0,08...0,16	0,09...0,18	63...74	66...79
Серпуховско-Тимирязевская	+10... -60	890...1600	0,10...0,21	0,10...0,19	76...85	78...100
Таганско-Краснопресненская	0... -51	660...1820	0,08...0,25	0,06...0,18	70...95	71...101
Допустимая норма		250	0,20	0,20	65	65

что их существование обязано выходам на поверхность почвенного радона.

Измерения физических полей (электромагнитного, акустического и радиационного) в Московском метрополитене показали, что этот объект, бесспорно, наиболее удобный вид транспорта для больших городов, но одновременно он оказывается весьма мощным источником техногенного энергетического воздействия на тех, кто им пользуется. Установлено, что наибольшим потенциалом воздействия характеризуется электромагнитное поле. Измеренные на разных линиях величины магнитной индукции варьировали от 150–1500 до 660–1820 нТл при экологически безопасной норме 250 нТл. Акустическое (шумовое) поле в слышимом диапазоне частот (от 20 Гц до 20 кГц) характеризовалось величинами от 63–74 до 70–95 дБ, а в инфразвуковом диапазоне (ниже 20 Гц) — величинами от 66–79 до 71–101 дБ. Ожидаемо низкими, если учесть особенности строительства Московского метрополитена, оказались показатели радиационного поля. Величина мощности экспозиционной дозы (МЭД) на разных линиях изменялась от 0,08–0,16 до 0,08–0,25 мкЗв/ч (табл. 2).

Таким образом, наибольшее воздействие на пассажиров метро, а также на обслуживающий персонал и в первую очередь на поездные бригады, оказывает электромагнитное поле, в данном случае его переменная магнитная составляющая — магнитная индукция. Шумовое воздействие оказывается менее существенным, но только в слышимом диапазоне частот. В диапазоне инфранизких частот акустическое воздействие достигает опасного уровня в 101 дБ. В то же время радиационная обстановка на подземных перронах метрополитена практически везде благополучная. Измеренные величины МЭД гамма-излучения не превышают санитарной нормы 20 мкЗв/ч, за исключением двух случаев, когда на двух станциях Таганско-Краснопресненской линии величина МЭД оказалась равной 25 мкЗв/ч.

В производственных и административных фабричных помещениях, аудиториях, лабораториях, административных и вспомогательных помещениях учебного заведения, а также в жилых

помещениях заметное воздействие оказывает электромагнитное поле. Так, в производственных фабричных помещениях величина магнитной индукции варьировала от 90–165 до 1600 нТл, в учебном заведении — в зависимости от функционального назначения помещений — измеренные значения индукции изменялись в диапазоне от 20–40 до 800–1110 нТл, в жилых помещениях электромагнитное поле характеризовалось величиной индукции, изменяющейся от 60–140 до 190–270 нТл. Столь разнообразные и достаточно высокие измеренные уровни электромагнитной индукции определялись функционированием промышленного оборудования, большим количеством оргтехники и разнообразными бытовыми электроприборами, которые служили источниками электромагнитного поля (табл. 3).

Измерения электромагнитного, акустического и радиационного полей показали, что как в жилых районах Московского мегаполиса, так и в меньших по площади и населению городах Дубна и Кимры уровень техногенного физического воздействия, реализуемого через поля указанных видов, практически одинаков. Это объясняется тем, что источники физических полей в жилых массивах разных городов одни и те же — это городской автомобильный и рельсовый транспорт и другие источники, создающий акустическое поле в слышимом и инфразвуковом диапазонах, разнообразные источники электромагнитного поля. При проведении строительных работ также может наблюдаться повышение уровня акустического и электромагнитного полей. Большие торговые центры, внутригородские воздушные линии электропередачи, трансформаторные подстанции создают в непосредственной близости от них заметные аномалии электромагнитного поля (электромагнитной индукции).

Наиболее заметный из наблюдавшихся физических полей агент возмущения экологической обстановки (если ориентироваться на городское население) — электромагнитное поле в диапазоне промышленных частот.

Акустическое поле в диапазоне частот от 20 Гц до 20 кГц (слышимые звуки) также можно рас-

Таблица 3

Результаты измерения электромагнитного поля в помещениях

Объект исследования	Место измерения, вблизи источников	Магнитная индукция, В, нТл	Напряженность электрического поля, E, кВ/м	
Фабрика	производственные помещения	165–1600*		
	лаборатория	1450*		
	заводоуправление	90–220		
Учебное заведение	административные помещения	40–510*		
	аудитории	200–1110*		
	лаборатории	20–370*		
	библиотека и читальный зал	460–800*		
	столовая	210–500*		
Жилой дом	кухня	190–270*		2,0–0,2
	жилые комнаты	60–210		0,1–0,6
	ванная комната	140		
Санитарная норма		250	5,0	

* Магнитная индукция, превышающая предельно допустимый экологически безопасный уровень.

смагивать в качестве фактора непосредственного раздражающего воздействия на проживающих в городах людей, хотя, если обратиться к результатам проведенного эксперимента, действие этого фактора вызывает у профессиональных экологов меньшее беспокойство, чем электромагнитное воздействие. Отметим при этом локализацию участков аномального проявления акустического поля вблизи перекрестков магистралей с наиболее интенсивным движением транспорта. Однако надо иметь в виду, что в пределах городской территории, помимо людей, живут и животные, в частности птицы, а птицы очень чутко реагируют на аномальные проявления акустического поля, причем радикальным образом — переменной мест обитания, обедняя тем самым орнитофауну городских поселений.

Наиболее благоприятной с экологических позиций, как показали наблюдения, оказалась радиационная обстановка. Практически во всех пунктах наблюдения измеренные значения МЭД гамма-излучения не превышали установленной санитарной нормы в 0,20 мкЗв/ч. Это отчасти развеивает упорно насаждаемый миф о повсеместной радоновой опасности.

Возможные последствия техногенного физического воздействия. Последствия возрастающего техногенного физического (энергетического) воздействия на городское население и иных представителей биосферы, совокупно входящих в сформировавшиеся геобиотехноэкосистемы, можно оценить, представив их в форме четырехуровневой матрицы, в которой уровень техногенного физического воздействия изменяется от слабого до опасного и соответствующим образом трансформируются техногенное физическое загрязнение, экологическое состояние среды, условия жизнедеятельности человека (комфортность жи-

вневности) и состояние организма человека в медицинском аспекте (табл. 4).

В представленной в виде таблицы матрице слабым техногенным физическим воздействием, воздействием 1-го уровня, следует считать такое воздействие, при котором изменения физических полей разного вида не выходят за рамки естественных вариаций и не приводят к заметным нарушениям привычных условий существования живых организмов и человека. Такое воздействие не выводит состояние окружающей среды за пределы экологической нормы, а живые организмы — за пределы состояния «здоровье». Умеренное техногенное физическое воздействие (воздействие 2-го уровня) способно инициировать заметные, выходящие за рамки фоновых изменения окружающей среды и условий существования живых организмов, не требующие, однако, специальных мероприятий для устранения последствий таких изменений.

Таблица 4

Техногенное физическое воздействие и его последствия, по [Богословский и др., 2000]

Показатель	Категория (уровень)			
	I	II	III	IV
Техногенное физическое воздействие	слабое	умеренное	сильное	опасное
Техногенное физическое загрязнение	низкое	среднее	высокое	очень высокое
Экологическое состояние среды	экологическая норма	экологический риск	экологический кризис	экологическое бедствие
Условия жизнедеятельности человека	комфортные	дискомфортные	очень дискомфортные	опасные
Состояние организма человека	здоровье	напряжение	утомление	болезнь

Сильное техногенное физическое воздействие (воздействие 3-го уровня) предполагает возникновение в окружающей среде и в условиях существования живых организмов, и в том числе людей, изменений, требующих специальных мероприятий, направленных на предотвращение возможных негативных последствий воздействия. Состояние окружающей среды в условиях сильного воздействия следует оценивать как экологический кризис, а реакцию живых организмов как «утомление». Опасное техногенное физическое воздействие (воздействие 4-го уровня) может повлечь в окружающей среде разрушительные и катастрофические изменения, деградацию и уничтожение экосистем разного ранга, патологические изменения в организме человека с далеко идущими негативными последствиями. С экологических позиций состояние окружающей среды оценивается как экологическое бедствие. Применительно к человеку следует использовать четвертую, высшую, категорию — «болезнь» [Экологические..., 2000]. В деталях возможные последствия существенного техногенного физического воздействия (воздействие 3-го и 4-го уровней) на биообъекты городских территорий можно увидеть на рис. 2, где показаны последствия техногенного физического воздействия в медицинском и экологическом аспектах.

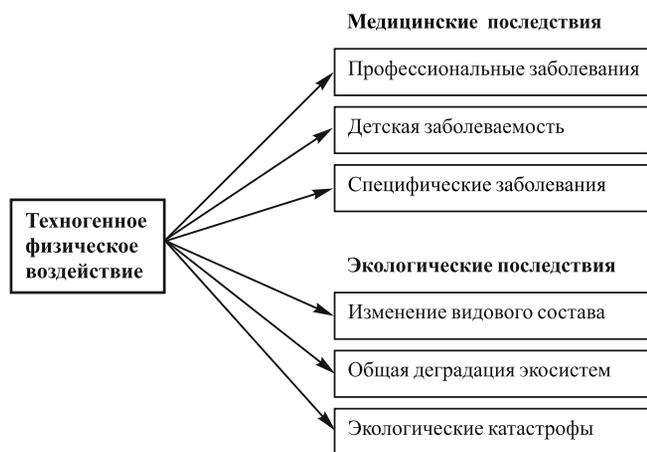


Рис. 2. Реакция человека и экосистем на техногенное физическое воздействие

Повышенный уровень техногенного физического воздействия в производственных условиях, несмотря на принимаемые профилактические и терапевтические меры, ожидаемо способствует развитию профессиональных заболеваний. На бытовом уровне городские жители сталкиваются с ростом

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

Веселова Я.А. Эколого-геофизическая обстановка одного из районов г. Кимры по данным измерений

детской (наиболее оседлой и вместе с тем уязвимой части населения) заболеваемости и появлением так называемых специфических (нетипичных для региона в целом) заболеваний, причинно связанных с воздействием физических полей. Экологические последствия техногенного физического воздействия в зависимости от его уровня могут сказываться на состоянии городских экосистем в форме уменьшения их видового разнообразия, частичной или полной деградации и в критическом случае (категория «опасное» воздействие) экологической катастрофы — гибели экосистемы без ее восстановления в каком-либо ином виде.

Закключение. Техногенное физическое воздействие, приводящее к формированию на территории городов устойчивого энергетического загрязнения, является действенным фактором из числа тех, которые определяют интегральные экологические условия. В соответствии с концепцией экологических функций земных сфер геобиотехноэкосистемы городских территорий существуют в условиях глубокой трансформации геофизической экологической функции, определяющей энергетический обмен внутри экосистем и экосистем с окружающим материальным миром. Разрозненные фрагментарные исследования последствий техногенного физического воздействия на население городов и крупных промышленных агломераций, где производится, преобразуется и используется большая часть энергии и где это воздействие наиболее сильно проявляется, не позволяют создать полную картину техногенного энергетического загрязнения территорий интенсивного освоения. В силу этого необходимо уделять больше внимания изучению природного и техногенного физического (энергетического) воздействия на население городов и других компонентов городских экосистем, что осуществляется в переживаемое нами время по «остаточному принципу». Такой подход в принципе не может дать эффективных результатов.

Необходимо расширять исследования, направленные на изучение факторов формирования в городах аномальных зон физических полей естественного и искусственного происхождения и влияния их на здоровье городского населения. Следует обсудить вопрос о создании в перспективе в рамках уже существующего научного направления — урбоэкологии — специального раздела, где можно было бы сосредоточить усилия специалистов для разрешения обозначившихся проблем, геофизической урбоэкологии.

магнитной индукции и мощности эквивалентной дозы радиоактивного излучения: Бакалаврская дисс. Дубна: Государственный университет «Дубна», 2014. 62 с.

Экологические функции литосферы / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. 432 с.