
НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

УДК 502.65: 504.05 (476.5)

**Павел Александрович Галкин¹, Олеся Алексеевна Черкасова²,
Юлия Юрьевна Масалкова³, Александр Николаевич Галкин⁴,
Ирина Анатольевна Красовская⁵**

¹ст. преподаватель каф. информационных технологий

Витебского государственного медицинского университета

^{2,3}канд. биол. наук, доц., доц. каф. общей гигиены и экологии

Витебского государственного медицинского университета

⁴д-р геол.-минерал. наук, проф., проф. каф. экологии и географии

Витебского государственного университета им. П. М. Машерова

⁵канд. геол.-минерал. наук, доц., доц. каф. экологии и географии

Витебского государственного университета им. П. М. Машерова

Pavel Galkin¹, Olesya Cherkasova², Yulia Masalkova³,

Alexander Galkin⁴, Irina Krasovskaya⁵

¹Senior Lecturer of the Department of Information Technologies of Vitebsk State Medical University

^{2,3}PhD (Biology), Associate Professor of the Department of General Hygiene and Ecology
of Vitebsk State Medical University

⁴Doctor of Geological and Mineralogical Sciences,

Professor of the Department of Ecology and Geography

of Vitebsk State University named after P. M. Masherov

⁵PhD (Geological and Mineralogical Sciences),

Associate Professor of the Department of Ecology and Geography

of Vitebsk State University named after P. M. Masherov

e-mail: galkin-alexandr@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ ВИТЕБСКА (ЧАСТЬ 1. ФИЗИЧЕСКОЕ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ)

В ходе изучения и оценки геоэкологического состояния окружающей природной среды территории Витебска авторами выполнен комплекс полевых, лабораторных и камеральных работ, результаты которых позволяют сделать выводы об источниках, характере и последствиях каждого класса и типа воздействий на компоненты природной среды города и геоэкологическую обстановку в целом.

Ключевые слова: геоэкологическая обстановка города, техногенные физическое и биологическое воздействия, источники воздействия, акустическое загрязнение, тепловое загрязнение, поле блуждающих электрических токов, электрокоррозия, биоорганическое загрязнение.

Specific Features of Technogenic Impacts on Geoeological Situation of Vitebsk (Part 1. Physical and Biological Impact)

In the course of studying and assessing the geoeological state of the natural environment of the territory of Vitebsk, the authors carried out a set of field, laboratory and office work, the results of which allow us to draw conclusions about the sources, nature and consequences of each class and type of impact on the components of the natural environment of the city and the geoeological situation in general.

Key words: geoeological situation of the city, technogenic physical and biological impacts, sources of impact, acoustic pollution, thermal pollution, field of wandering electric currents, electrocorrosion, bioorganic pollution.

Введение

Основной частью пространственной организации Витебска являются промышленная и селитебная зоны. В них прослеживаются наиболее тесные взаимодействия между экономикой, населением, социальными отношениями и природной средой. Объекты, сконцентрированные в этих зонах, обуславливают разнообразные изменения

компонентов природной среды, приводящие к трансформации ее экологических функций, которые часто оказываются неблагоприятными не только для состояния и функционирования самих объектов инфраструктуры, но и для здоровья человека и его жизнедеятельности в целом. Воздействие каждой зоны, преобразуя естественное состояние окружающей природной среды, является причиной возникновения физического, химического и биологического загрязнений ее компонентов. При этом следует отметить, что вносимый ими вклад в геоэкологическое состояние исследуемой территории имеет различный характер.

Материалы и методы исследований

В основу работы положены результаты геоэкологических исследований на территории города, проводимых авторами в период с 2001 по 2018 г. и дополненные анализом исследований различных производственных и научных организаций Республики Беларусь. В ходе выполнения работы использовались сравнительно-географический, экспертный, описательный и геоинформационный методы.

Результаты и их обсуждение

В настоящее время в Витебске сформировался специфический комплекс техногенных воздействий на его геоэкосистему. Существенный вклад в формирование геоэкологической обстановки города вносят физическое и биологическое воздействия.

Физическое воздействие наряду с другими классами воздействий играет значимую роль в формировании геоэкологических условий исследуемой территории. Его можно определить как суммарный энергетический потенциал искусственно создаваемых физических полей, иногда существенно превосходящий по величине потенциал естественных геофизических полей и оказывающий в силу этого негативное воздействие на окружающую среду, инженерные сооружения и биоту [1]. Анализ многочисленных опубликованных и фондовых материалов свидетельствует о том, что в возникновении физического загрязнения в городе основную роль играют искусственные акустическое (шумовое), температурное и электромагнитное поля.

Особую экологическую опасность на исследуемой территории представляет *акустическое загрязнение*. Известно, что шум с уровнем звукового давления 30–35 дБ (А) – максимальный фоновый уровень шума – является привычным для человека и не беспокоит его. Повышение звукового давления до 40–70 дБ (А) создает значительную нагрузку на нервную систему, вызывающую ухудшение самочувствия, снижение производительности труда, способствует проявлению неврозов, язвенной болезни, а продолжительное шумовое воздействие при уровне звука выше 75 дБ (А) может привести к появлению негативных изменений в слуховом аппарате человека. Так, при 90 дБ (А) органы слуха начинают деградировать, 120 дБ (А) считается болевым порогом, уровень же шума свыше 130 дБ (А) – разрушительный для органа слуха предел [2].

Источники шумового загрязнения по территории города распределены неравномерно, однако все они приурочены главным образом к транспортным магистралям (проспектам, улицам, линиям железной дороги), образуя сложную систему линейных источников шума (рисунок 1). Согласно исследованиям [3; 4], наиболее зашумленными оказались улицы, расположенные на выездах из города, а также улицы, их соединяющие. Это улицы Ленинградская, Гагарина, Воинов-интернационалистов, проспекты Московский, Строителей, Черняховского и др. Здесь уровень шума превышает 70 дБ (А). Значительному акустическому воздействию подвергаются центральные улицы города, особенно расположенные вблизи железнодорожного узла: улицы Комсомольская, Герцена, К. Маркса и др.

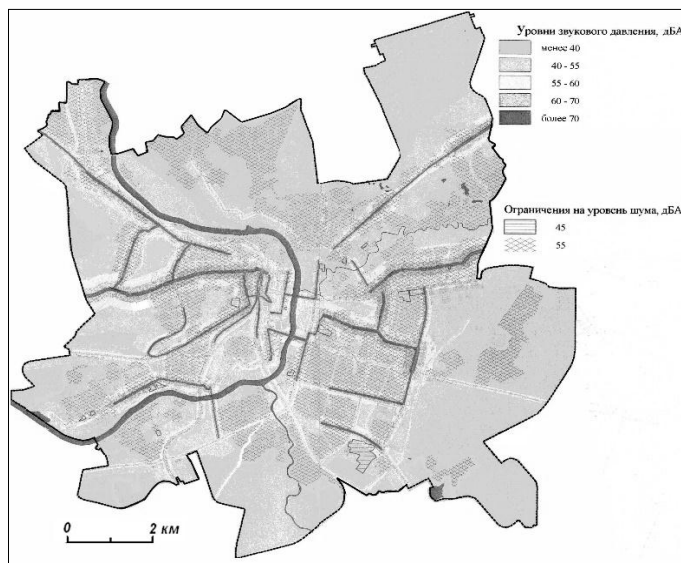


Рисунок 1. – Схематическая карта акустического загрязнения Витебска

Шумовое воздействие в городе усиливается еще и тем, что большая часть улиц застроена почти сплошным фронтом зданий повышенной этажности (проспекты Строителей, Московский, Фрунзе и др.). На территориях с относительно новой застройкой существует проблема шумового дискомфорта для средней и верхней части 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 микрорельефа, 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 акустического дискомфорта до определенной высоты может увеличиваться по сравнению с наблюдающимся в приземном слое. По ориентировочным оценкам [3], в зонах шумового дискомфорта от автотранспорта проживают более половины численности населения города. С каждым годом по мере роста автомобильного парка города и увеличения интенсивности транспортных потоков по основным городским автомагистралям эта цифра увеличивается.

Вторым по значимости видом физического воздействия в геоэкологическом отношении на территории Витебска является *тепловое загрязнение*. Высокая степень закрытости городской территории и сосредоточение большого числа источников тепловой энергии в верхних слоях земной коры создают предпосылки для формирования так называемых тепловых «куполов» (рисунок 2). Источниками разогрева природной геоэкологической среды служат кондиционеры промышленного типа, теплонесущие коммуникации, коллекторы, скважины технического водоснабжения и т. д. Кроме того, появлению температурных аномалий во многом способствуют сплошная застройка территории, покрытие асфальтом или бетоном грунтовой поверхности. В результате в пределах города наблюдается устойчивая тенденция к формированию пространной геотермической аномалии с превышением температуры над естественной фоновой на 3–10 °C в зависимости от времени года, как это иллюстрирует рисунок 2.

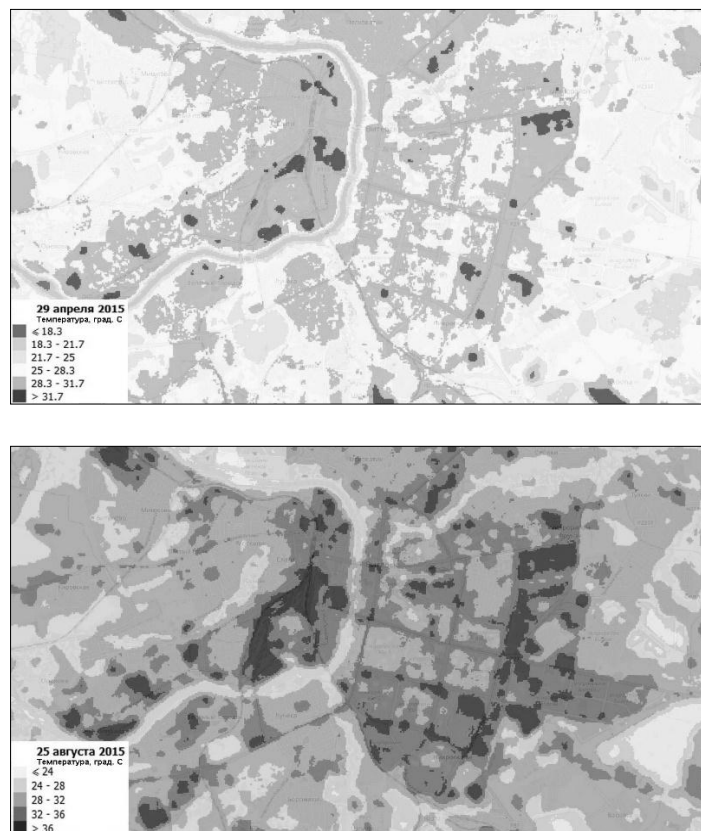


Рисунок 2. – Схематические карты тепловых «зон» Витебска в 2015 г. (по [5]).

Прогрев песчано-глинистых и техногенных грунтов, составляющих в Витебске самый верхний слой городского субстрата, не вызывает структурных их изменений, но способствует изменению свойств глинистых и особенно органоминеральных грунтов, что приводит к некоторым деформациям земной поверхности. Помимо этого умеренное нагревание грунтовой толщи увеличивает агрессивность горных пород по отношению к строительным конструкциям, возрастает степень химической и биохимической коррозии грунтов.

Анализ тепловых полей (рисунок) показал, что область с положительными высоко- и среднеконтрастными тепловыми аномалиями (превышение температуры над фоновой 10 °C и более), возникновение которых обусловлено функционированием промышленных предприятия, занимает в Витебске около 15 % его территории, а тепловыми утечками из подземных коммуникаций – около четверти территории города.

При таком тепловом влиянии увеличивается агрессивность грунтов и грунтовых вод по отношению к инженерным сооружениям и коммуникациям. Так, скорость почвенной коррозии в различных по составу грунтах увеличивается в среднем в два раза при росте температуры от 0 до 45–55 °C [6].

Повышению коррозионной активности грунтов при изменении температурного режима способствует значительное подтопление верхней части грунтовой толщи, развитое на территории Витебска за счет нарушения естественного режима влагообмена и фильтрации, а также утечек из водонесущих коммуникаций.

Значительный вклад в состояние геоэкологической обстановки в Витебске вносит *электромагнитное воздействие*. Данное воздействие на природную среду, преимущественно геологическую, обуславливается присутствием блуждающих электрических токов, для которых геологическая среда в городах является средой-носителем [7].

Электрическое поле блуждающих токов охватывает практически всю верхнюю часть литосферного пространства в пределах территории города, концентрируясь вблизи электрифицированных трамвайных и троллейбусных линий и депо, энергоустановок высокого напряжения, электромеханизмов, станций противокоррозионной защиты и т. п.

Согласно расчетам А. Д. Жигалина [8], в песчано-глинистых грунтах с малым электрическим сопротивлением (до 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 может наблюдаться на расстоянии нескольких километров от источника.

Коррозионная активность геологической среды находится в прямой зависимости от плотности электрических токов, проходящих в пределах нескольких метров в верхней части грунтовых толщ, где обычно устраиваются фундаменты зданий и сооружений, тепло-, газо- и водопроводы, другие инженерные коммуникации.

Высокая плотность электрических токов способствует интенсификации электрохимической коррозии, что, в свою очередь, сокращает сроки безаварийной службы вышеуказанных 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 [8]. Примером тому является ситуация, возникшая в марте 2000 г. в районе дома № 45 на улице М. Горького, когда под трамвайными путями из-за электрокоррозионного разрушения канализационного коллектора произошел его прорыв, спровоцировавший образование на поверхности земли суффозионной воронки глубиной около 1 м и диаметром более 1,5 м. В результате движение трамваев было парализовано на три часа до устранения аварии.

Количественным отображением степени потенциальной коррозионной опасности может служить скорость коррозии металла находящихся в грунте труб, конструкций и т. п. [9]. Низкой степени потенциальной коррозионной опасности отвечает такая коррозионная активность грунта, при которой скорость коррозии металла не превышает 0,2–0,4 мм/год. При скорости коррозии металла 0,4–1,0 мм/год коррозионная активность грунта соответствует среднему уровню коррозионной опасности. При высокой степени коррозионной опасности коррозионная активность грунта «обеспечивает» скорость коррозии металла 1,0–2,0 мм/год и более. Следовательно, скорость коррозии металла в грунте может служить критерием для количественной оценки уровня электрического воздействия на геосреду и изменения коррозионной обстановки какой-либо исследуемой территории.

Оценка степени потенциальной коррозионной опасности для территории Витебска показывает, что основная часть города представляет собой область с преобладанием средней степени опасности (по данным инженерных изысканий Витебского отдела УП «Геосервис»). На долю отдельных разрозненных участков с высокой и низкой степенью коррозионной опасности приходится лишь незначительная часть общей территории.

Биологическое воздействие относится к числу особого класса антропогенных воздействий на природную среду городских территорий. Из всех его типов наиболее острые экологические проблемы часто связаны с биологическим загрязнением компонентов окружающей среды, под которым понимают привнесение в экосистемы в результате антропогенного воздействия нехарактерных для них видов живых организмов (бактерий, вирусов и др.), ухудшающих условия существования естественных биотических сообществ или негативно влияющих на здоровье человека.

Бактериологические, паразитологические и энтомологические показатели состояния урболандшафтов определяют уровень их эпидемиологической опасности. Эти виды загрязнения подлежат контролю, прежде всего на территориях селитебных и рекреационных зон.

По характеру данного типа воздействия в городе наиболее выражено загрязнение поверхностных вод и почвенного покрова. Как показали исследования санитарно-гигиенического состояния городских пляжей Витебска [10], организованных на Западной Двине, на протяжении ряда лет наблюдалось микробиологическое загрязнение воды в реке по таким показателям, как общие колиформные бактерии (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), колифаги, лактозоположительные кишечные палочки (ЛКП).

Согласно полученным результатам, самая опасная в эпидемиологическом отношении ситуация складывается на неорганизованном пляже в нижнем течении реки в районе парка «30 лет ВЛКСМ», где отмечено превышение как по показателю ОКБ, так и по показателю ТКБ и ЛКП. В 2005–2006 гг. здесь в зоне купания показатели ОКБ и ЛКП в воде превышали в 14 раз.

Неблагоприятная обстановка складывается и на неорганизованных пляжах в среднем течении Западной Двины в районе ул. Чехова и в районе учреждения образования «Колледж связи». В 2005 г. здесь было обнаружено превышение содержания ЛКП в воде в 48 раз.

На пляжах, организованных в верхнем течении реки (Мазурино и др.) ситуация относительно безопасная, превышений по микробиологическим показателям до открытия купальных сезонов не отмечалось.

Неоднозначная ситуация складывается и в отношении микробиологического загрязнения почвенного покрова города. По данным Витебского зонального центра гигиены и эпидемиологии, почвы территорий, занятых жилой застройкой, нередко подвержены загрязнению бактериями группы кишечной палочки (БГКП) и энтерококками (ЭК). Причем процент встречаемости участков с разными уровнями загрязнения БГКП и ЭК практически везде одинаков.

Доля участков со слабым, умеренным и сильным загрязнением БГКП достаточно велика, загрязненных энтерококками участков выявлено значительно меньше. В то же время загрязнение почв патогенными бактериями, в частности сальмонеллами, не было зафиксировано.

Проведенное санитарно-паразитологическое обследование почв Витебска [11] позволило выявить в них яйца 11 четко определяемых видов гельминтов домашних плотоядных: *Toxocara canis* (Werner, 1782), *Toxascaris leonina* (Linstow, 1902), *Dipylidium caninum* (L., 1758), *Ancylostoma caninum* (Ercolani, 1859), *Uncinaria stenocephala* (Railliet, 1854), *Strongyloides vulpis* (Petrow, 1941), *Trichocephalus vulpis* (Froelich, 1789), *Mesocestoides lineatus* (Goeze, 1782), *Echinococcus granulosus* (Batsch, 1786), *Alaria alata* (Goeze, 1782), *Capillaria plica* (относящихся к трем классам: *Trematoda* (Rudolphi, 1808), *Cestoda* (Rudolphi, 1808), *Nematoda* (Rudolphi, 1808)).

Кроме того, в анализируемых почвенных пробах были обнаружены виды семейства *Taeniidae* (Ludwig, 1886) – *Taenia* sp., видовое определение которых невозможно на стадии яйца. При этом доминирующее положение, согласно исследованиям, занимает *Toxocara canis* с частотой встречаемости около 54 % инвазированных проб.

Из 234 опробованных образцов почв в 36 из них содержались яйца гельминтов собак (15,4 %). Причем была установлена очевидная неоднородность загрязнения почв в различных районах города (таблица).

Таблица. – Загрязнение почв яйцами гельминтов в функциональных зонах Витебска

Зона	Количество проб		Экстенсивность загрязнения, %
	исследовано	положительных	
Центр города с многоквартирной жилой и общественной застройкой	32	0	–
Многоквартирная жилая застройка	75	13	17,3
Одноэтажная (индивидуальная) жилая застройка	62	6	9,7
Парковая	65	17	26,2
Всего	234	36	15,4

Исследования позволили оценить влияние отдельных факторов среды города на выживаемость в ней некоторых видов гельминтов. Установлено, что основными факторами, определяющими возможность и скорость развития инвазионного начала *T. canis* в почве, являются влажностный и температурный режимы окружающей среды. В условиях Витебска диапазон температуры среды ($T_{\text{ср}}$) для развития яиц гельминта составляет $+12,5-37^{\circ}\text{C}$, в интервале $T_{\text{ср}} +24-32^{\circ}\text{C}$ развитие яиц завершалось в течение 7–10 сут. при 3–4,5 % погибших. В зоне температур среды $+24-26^{\circ}\text{C}$, принятых за оптимальные, минимальные значения влажности почвы и относительной влажности воздуха, при которых наблюдается развитие яиц токсокар, составляют 4 и 55 % соответственно, при этом оптимальные влажности, способствующие ускорению полного развития яиц гельминта и уменьшению количества погибших яиц, устанавливаются на уровне 51–59 % для почв и 82–93 % для воздуха. При отклонении от оптимальных значений влажностей происходит замедление развития яиц и возрастает число погибших.

Установлено влияние концентрации растворенного в воде кислорода на развитие яиц токсокар. В условиях оптимальных температур среды $+24-26^{\circ}\text{C}$ при содержании кислорода в пределах $8,0-9,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ полное развитие яиц токсокар происходит спустя 8 сут. при 88 % инвазионных яиц к этому времени. Понижение содержания растворенного кислорода до $4,0-5,5 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ сокращает время развития яиц до 10 сут. при снижении количества погибших яиц. Дальнейшее снижение содержания кислорода до $2,0-3,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ замедляет полное развитие яиц *T. canis* до 28 сут. при увеличении количества погибших яиц. Учитывая гибель яиц гельминта, оптимальным следует считать содержание растворенного кислорода в воде в пределах $4,0-5,5 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ вне зависимости от температуры. Из анализа экологической ситуации в Витебске следует, что основными источниками биологического загрязнения являются утечки из канализационной сети, фекалии частного сектора, сточные воды предприятий пищевой промышленности, кладбища, а также поступление экскрементов от выгуливаемых домашних животных, количество которых на территории жилых микрорайонов, скверов и небольших парков с каждым годом возрастает.

Закключение

Результаты проведенных исследований позволяют сформулировать следующие основные выводы.

1. В формировании физического загрязнения в Витебске основную роль играют искусственные (акустическое (шумовое), температурное и электромагнитное) поля.

2. Анализ пространственных и частотных характеристик шумового воздействия в городе Витебске и определение размеров формируемых ими зон воздействия свидетельствует о том, что основными источниками шума являются транспорт и транспортные магистрали. Более 60 % городской территории испытывают акустические нагрузки

40–70 дБ (А) и относятся к зоне риска, 10 % территории подвержены шумовой нагрузке с уровнем звукового давления выше 70 дБ (А) и формируют зону кризиса.

3. Источниками теплового загрязнения на территории города непосредственно являются промышленные и коммунальные предприятия, сети теплоснабжения и коммуникаций, другие теплоэнергетические объекты, функционирование которых при относительно равномерном их территориальном распределении приводит к созданию тепловых аномалий в грунтовой толще. Появление таких аномалий во многом происходит из-за сплошной застройки территории, покрытия поверхности земли асфальтом или бетоном. Анализ тепловых полей показал, что участки с положительными высокими и среднеконтрастными тепловыми аномалиями (превышение температуры над фоновой 10 °С и более), возникновение которых обусловлено функционированием промышленных предприятий, занимают в пределах Витебска около 15 % его территории, а тепловыми утечками из подземных коммуникаций – около четверти территории города.

4. Использование электроэнергии в городском хозяйстве и на транспорте обуславливает электромагнитное воздействие, приводящее к электрокоррозионному загрязнению природной, главным образом геологической, среды. Оценка степени потенциальной коррозионной опасности для Витебска позволила установить, что основная часть территории города представляет собой область с преобладанием средней степени опасности, на долю отдельных разрозненных участков с высокой и низкой степенью коррозионной опасности приходится лишь незначительная часть общей территории.

5. По характеру биологического воздействия на территории города наиболее выражены биоорганические загрязнения поверхностных вод и почвенного покрова. Основными их источниками являются утечки из канализационной сети, фекалии частного сектора, сточные воды предприятий пищевой промышленности, свалка ТКБО, кладбища, а также экскременты выгуливаемых домашних животных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофимов, В. Т. Экологическая геология / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – М. : МГУ, 2002. – 414 с.
2. Колесников, С. И. Экология / С. И. Колесников. – М. : Дашков и К° ; Ростов н/Д : Наука Пресс, 2006. – 383 с.
3. Галкин, П. А. Источники и особенности физического воздействия на геоэкологическую систему Первомайского района Витебска / П. А. Галкин // Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси и сопредельных государств : материалы науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 16 мар. 2016 г. / Гомел. гос. ун-т ; редкол.: И. А. Павловский (отв. ред.) [и др.]. – Гомель, 2016. – С. 181–184.
4. Информационный бюллетень «О превышениях нормативов выбросов/сбросов загрязняющих веществ предприятиями Республики Беларусь» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecoinfo.by/content/800.html>. – Дата доступа: 31.07.2020.
5. Using the USGS Landsat 8 Product [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>. – Дата доступа: 10.08.2020.
6. Москва. Геология и город / под ред. В. И. Осипова, О. П. Медведева. – М. : Моск. учебники и картолитография, 1997. – 399 с.
7. Красовская, И. А. Оценка состояния эколого-геологических условий урбанизированных территорий / И. А. Красовская, А. Н. Галкин. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2007. – 165 с.

8. Жигалин, А. Д. Техногенные физические поля и их роль в изменении геологической среды городов / А. Д. Жигалин // Гидрогеологические и инженерно-геологические условия территории городов. – М. : Наука, 1989. – С. 31–38.

9. Жигалин, А. Д. Опыт количественной оценки техногенного физического воздействия на геологическую среду / А. Д. Жигалин, Г. П. Локшин, Н. С. Просунцова // Инженер. геология. – 1990. – № 1. – С. 79–86.

10. Черкасова, О. А. Рекреационное использование реки Западная Двина в черте г. Витебска / О. А. Черкасова, И. И. Бурак // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2007. – № 4. – С. 149–156.

11. Масалкова, Ю. Ю. Гельминтологическая оценка внешней среды Витебского региона / Ю. Ю. Масалкова // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2012. – № 5. – С. 50–54.

REFERENCES

1. Trofimov, V. T. Ekologichieskaja gieologija / V. T. Trofimov, D. G. Ziling. – M. : MGU, 2002. – 414 s.

2. Koliesnikov, S. I. Ekologija / S. I. Koliesnikov. – M. : Dashkov i K^o ; Rostov n/D : Nauka Press, 2006. – 383 s.

3. Galkin, P. A. Istochniki i osobiennosti fizichieskogo vzdiejstvija na gieoekologichieskuju sistiemu Piervomajskogo rajona Vitiebska / P. A. Galkin // Aktual'nyje voprosy nauk o Ziemi v koncepcii ustojchivogo razvitija Bielarusi i sopriediel'nykh gosudarstv : materialy nauch.-prakt. konf. studentov, magistrantov, aspirantov i molodykh uchionyx, Gomel', 16 mar. 2016 / Gomel. gos. un-t ; riedkol.: I. A. Pavlovskij (otv. ried.) [i dr.]. – Gomel', 2016. – S. 181–184.

4. Informacionnyj biullietien' «O prievyshenijakh normativov vybrosov/sbrosov zagriazniajushchikh vishchiestv priedpriyatijami Riespubliki Bielarus'» [Elektronnyj riesurs]. – Riezhim dostupa: <http://www.ecoinfo.by/content/800.html>. – Data dostupa: 31.07.2020.

5. Using the USGS Landsat 8 Product // USGS [Elektronnyj riesurs]. – 2020. – Rezhim dostupa: <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>. – Data dostupa: 10.08.2020.

6. Moskva. Gieologija i gorod / pod ried. V. I. Osipova, O. P. Miedviedieva. – M. : Mosk. uchiebniki i kartolitografija, 1997. – 399 s.

7. Krasovskaja, I. A. Ocenka sostojanija ekologo-gieologichieskikh uslovij urbanizirovannykh tierritorij / I. A. Krasovskaja, A. N. Galkin. – Vitiebsk : VGU im. P. M. Masherova, 2007. – 165 s.

8. Zhigalin, A. D. Tiekhnogiennye fizichieskije polia i ikh rol' v izmienienii gieologichieskoj sriedy gorodov / A. D. Zhigalin // Hidrogeologichieskije i inzhenierno-gieologichieskije uslovija tierritorii gorodov. – M. : Nauka, 1989. – S. 31–38.

9. Zhigalin, A. D. Opyt kolichiestvennoj ocenki tiekhnogiennogo fizichieskogo vzdiejstvija na gieologichieskuju sriedu / A. D. Zhigalin, G. P. Lokshin, N. S. Prosuncova // Inzheniernaja gieologija. – 1990. – № 1. – С. 79–86.

10. Chierkasova, O. A. Riekrieacionnoje ispol'zovanie rieki Zapadnaja Dvina v chiertie g. Vitiebska / O. A. Chierkasova, I. I. Burak // Vesn. Vicieb. dzyiarzh. un-ta. – 2007. – № 4. – С. 149–156.

11. Masalkova, Yu. Yu. Giel'mintologichieskaja ocenka vnieshnjej sriedy Vitiebskogo rieiona / Yu. Yu. Masalkova // Vesn. Vicieb. dzyiarzh. un-ta. – 2012. – № 5. – С. 50–54.