
НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

УДК 502.65: 504.05 (476.5)

**Павел Александрович Галкин¹, Ольга 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 имени П. М. Машерова

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

Витебского государственного университета имени 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 in Biology, Associate Professor,

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 in Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor,

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 2. Химическое воздействие)

Проведен анализ основных видов и источников химического воздействия на геоэкосистему Витебска. Установлено, что в качестве основных загрязнителей в городе выступают формальдегид, сульфаты, хлориды, нитраты, фосфаты, азот аммонийный, тяжелые металлы и нефтепродукты. Это обусловлено спецификой промышленного производства города, а также высоким содержанием этих элементов в компонентах природной среды, всесторонним их воздействием на почвы, грунты, подземные воды и геохимическими особенностями поведения в геоэкологической обстановке. Разработана классификация техногенных воздействий, которая может служить основой для оценки измененности геоэкологической обстановки в Витебске, а также проведения оценки ее состояния в комплексе природоохранных мероприятий.

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 Geoecological Situation of Vitebsk (Part 2. Chemical Impact)

The analysis of the main types and sources of chemical impact on the geoecosystem of Vitebsk was carried out. It was found that the main pollutants in the city are formaldehyde, sulfates, chlorides, nitrates, phosphates, ammonium nitrogen, heavy metals and oil products. This is due to the specifics of the industrial production of the city, as well as the highest content of these elements in the components of the natural environment, their all-round impact on soils, grounds, groundwater and geochemical characteristics of behavior in the geoecological environment. Based on the totality of the research results, a classification of technogenic impacts has been developed, combining all their possible types and varieties, which can serve as a basis for assessing the change in the geoecological situation in Vitebsk, as well as assessing its state in a complex of environmental measures.

Key words: geoecological 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

Химическое воздействие представляется доминирующим в числе слагаемых факторов, в сумме определяющих геоэкологические условия на территории г. Витебска и способствующих изменению свойств окружающей природной среды в целом или отдельных ее компонентов. Цель работы – рассмотреть источники, характер и последствия техногенного химического воздействий на элементы геоэкосистемы города; по результатам исследований разработать классификацию техногенных воздействий, способную объединить все потенциальные их виды и разновидности.

Материалы и методы исследований

В основу работы положены результаты геоэкологических исследований на территории г. Витебска, проведенных 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 исследований и их обсуждение

По характеру воздействия на территории Витебска ярко выражено загрязнение атмосферного воздуха, почв, поверхностных и подземных вод. В настоящее время мониторинг *атмосферного воздуха* в городе проводится по 11 ингредиентам: взвешенные вещества (пыль/аэрозоль), SO_2 и NO_2 , CO и NO, аммиак, фенол, формальдегид, Cd, Pb и сульфаты [1; 2]. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха здесь являются предприятия теплоэнергетики, станкостроения, стройматериалов, автомобильный и железнодорожный транспорт.

По данным областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, в целом по городу в течение 2001–2018 гг. повышенного уровня загрязнения атмосферного воздуха не регистрировалось, в основном имела допустимая или слабая степень загрязнения, за исключением 2005 г., когда эта степень достигла умеренного уровня [2]. Наиболее загрязненными территориями были участки в районе железнодорожного вокзала, на проспекте Людникова и ул. Гагарина.

Характерной особенностью Витебска, как и других крупных промышленных городов Беларуси, является превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) формальдегида (рисунок). Уровни превышения ПДК этого соединения более чем в три раза отмечались в районе улиц Космонавтов, Кирова, Комсомольской. Таким образом, основными загрязнителями воздушного бассейна города формальдегидом являются не стационарные источники выбросов (предприятия), а передвижные – железнодорожный и автомобильный транспорт.

Большой интерес вызывают результаты исследований загрязнения атмосферного воздуха, проведенных в 2006 г. коллективом сотрудников БелНИЦ «Экология» под руководством В. М. Федени в рамках разработки территориальной схемы охраны окружающей среды города Витебска и Витебского района [3].

В качестве основного фактора при оценке экологического состояния атмосферного воздуха авторы использовали его загрязнение комплексом вредных веществ. В качестве дополнительных факторов, усиливающих оценку напряженности ситуации для селитебных территорий, были применены потенциальная возможность превышения по отдельным веществам (этилацетат и др.) и фактор нахождения в санитарно-защитных зонах предприятий объектов жилой и общественной застройки и зеленых насаждений общего пользования.

Основные результаты комплексной оценки состояния атмосферного воздуха Витебска свидетельствуют о том, что наиболее загрязненными являются участки, расположенные в пределах улиц Космонавтов, Кирова, Комсомольской, К. Маркса, Покровской, Правды, Терешковой, Калинина, Ленина, Хмельницкого, сквера имени Ленина (в центральной части города), ул. Гагарина – лидера по количеству источников выбросов этилацетата, проспектов генерала Людникова, Фрунзе, Московского проспекта, а также долины р. Витьба (парк имени 40-летия ВЛКСМ – парк Фрунзе).

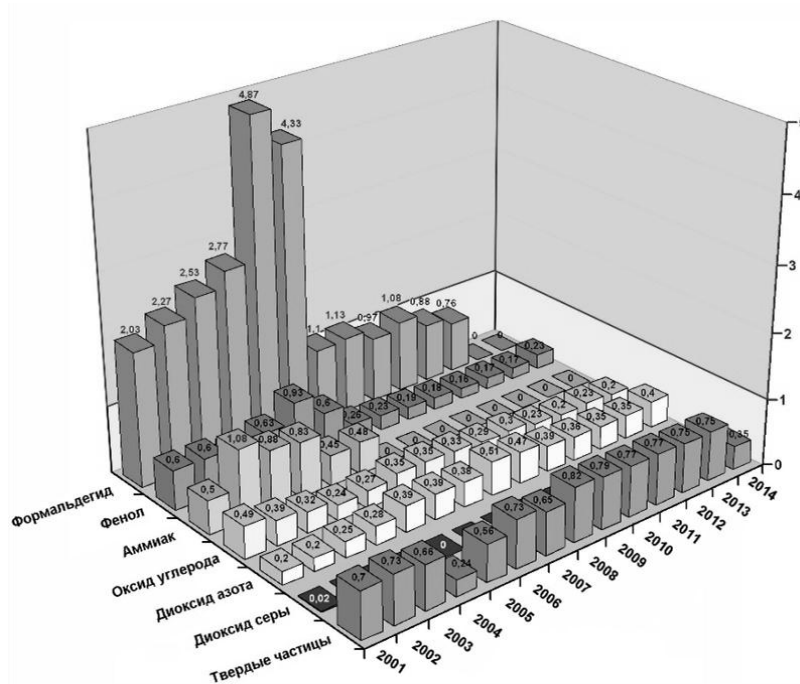


Рисунок. – Диаграмма кратности превышения ПДК_{сс} основных загрязнителей атмосферного воздуха Витебска за 2001–2014 гг. (по [1; 2])

Таким образом, анализ инфраструктуры города, характеристик выбросов промышленных объектов и транспорта позволяет сделать вывод о том, что приоритетными загрязнителями воздушной среды Витебска является формальдегид и этилацетат; приоритетными источниками выбросов – авто- и железнодорожный транспорт (на их долю приходится более 80 % всех выбросов); приоритетными территориями – кварталы улиц Космонавтов, Кирова, Комсомольской, К. Маркса, Ленина, Гагарина, Терешковой, Московского проспекта, проспектов генерала Людникова и Фрунзе.

Современное состояние *почвенного покрова* территории Витебска в целом характеризуется невысоким уровнем напряженности относительно химического загрязнения. Исследования, проведенные в разные годы различными научными коллективами и организациями, показали, что в городе основными загрязнителями почв являются тяжелые металлы (ТМ) и нефтепродукты (НП), находящиеся в прямой зависимости от близости расположения предприятий и транспортных магистралей, а также уровня загрязнения атмосферного воздуха.

Результаты обобщения данных о содержании тяжелых металлов в почвах в целом для Витебска подтверждают полученные ранее выводы [4–6] о незначительном загрязнении почв. По сравнению с местным геохимическим фоном почвы города обогащены

Cd, Zn, Cu, Co и Ni, на локальных участках – Pb, а превышение фонового уровня Mn стало отмечаться лишь в последние 15 лет [7; 8].

Относительно загрязненным является центр Витебска. Здесь загрязнение отмечается на отдельных участках в направлении с юго-запада на северо-восток, что обусловлено спецификой размещения промышленных объектов и плотностью транспортной сети. Менее загрязненные участки отмечены в районах, где существует небольшая концентрация производственных и теплоэнергетических предприятий.

Значительную роль в загрязнении почв играют несанкционированные свалки, сжигание бытового мусора и отходов ландшафтной уборки территорий (особенно это характерно для зон индивидуальной застройки). По этой причине в центральной обжитой части города наблюдается повышенная концентрация в почвах Cu, Zn и Ni. Здесь почвенный покров в наибольшей степени подвергся техногенным преобразованиям и характеризуется высоким содержанием строительного и бытового мусора.

Оценка статистической достоверности различий выборочных средних для отдельных функциональных зон и города в целом показала, что промышленная зона достоверно выделяется накоплением Cr, Co, Ni, Cu и Pb; в пределах селитебной зоны повышено содержание Cr, Mn, Co, Cu; для агроселитебной и рекреационной зон характерно пониженное содержание Cr и Co, а для дачной зоны – Cu и Pb.

Практически повсеместно городские почвы загрязнены нефтепродуктами. За период с 2003 по 2009 г. во всех изученных образцах наблюдалось 80–98 %-ное превышение содержания нефтепродуктов над местным фоном. Наиболее часто встречающиеся концентрации НП в почвах Витебска находились в пределах 53,3–96,7 мг/кг (2003 г.), 10,0–93,3 (2007 г.) и 96,7–146,7 мг/кг (2009 г.) при максимальном их содержании 763,3; 286,7 и 1131,7 мг/кг соответственно [9].

Следует отметить, что загрязнение почв НП является одной из причин повышения степени экологической напряженности для многих участков функционально-ландшафтных зон. Кроме того, в районах Северо-Западного промузла, завода «Монолит», ОАО «Витебские ковры», кварталов ул. Заслонова, Титова выявлены очаги загрязнения почв Cd, Zn и Cu с концентрациями, существенно превышающими как отечественные ОДК, так и зарубежные нормативы, установленные для водоохраных зон. В районе ул. Заслонова и Титова очаг загрязнения расположен в локальном понижении, что создает высокий риск загрязнения подземных вод.

Среди участков с преобладанием усадебной застройки уровень напряженности экологического состояния почв выше среднего отмечен в районах Марковщины, Полоцкого рынка, улиц Загородная, Авиационная и др. На участках многоэтажной жилой и общественной застройки уровень напряженности состояния почв также часто выше среднего. Такие участки наблюдаются в районе ул. К. Маркса, зоны перспективной застройки «Гришаны», в кварталах микрорайонов Юг I–II (Московский проспект, проспекты Черняховского и Строителей, ул. Чкалова).

Под влиянием техногенного загрязнения атмосферного воздуха и почвенного покрова в городе изменяется также химический состав *древесной растительности*. Исследования листьев (хвои) ряда распространенных на территории Витебска древесных видов растений (береза повислая, тополь белый, липа сердцевидная, ель обыкновенная) позволили установить, что по сравнению с местным фоном в листьях березы в повышенных концентрациях присутствуют Zn и Pb, в листьях липы – Cr, Co, Pb, при этом валовое содержание химических элементов в почвах с соответствующим содержанием в растительности не имело каких-либо корреляционных связей.

Формирование элементного состава растений происходит под влиянием большого количества одновременно действующих факторов, которые можно объединить в три группы [10]:

1) внутренние биохимические, которые определяются особенностями растительного организма;

2) внутренние кристаллохимические, определяемые свойствами ионов в составе растений;

3) внешние – ландшафтно-геохимические, обуславливаемые условиями среды обитания.

Помимо отмеченных, существенный вклад в элементный состав растений вносят и техногенные факторы, среди которых О. В. Лукашев и Н. В. Жуковская для условий Витебска выделяют: удаленность от центра города (м), расстояние от дороги (вблизи автодорог, внутриквартальные участки), плотность дорог всех типов внутри кругового буфера радиусом 100 м ($\text{км}/\text{км}^2$), суммарное загрязнение почв ТМ, тип функционального использования территории [11]. К примеру, расстояние от дороги устанавливает распределение содержания Сг в листьях березы, а Рb – в листьях липы: вблизи дорог среднее содержание Сг в листьях березы составляет 3,1 мг/кг, Рb в листьях липы – 18 мг/кг.

На внутриквартальных участках в листьях деревьев средние концентрации Сг и Рb уменьшаются и составляют 1,7 и 7 мг/кг соответственно. Тип функционального использования территории является наиболее значимым фактором для Рb в листьях березы. Так, в промзоне среднее содержание этого элемента составляет 17 мг/кг, в селитебной, агро-селитебной и рекреационной зонах – 6,3 мг/кг.

Наряду с воздушной средой, почвами и древесной растительностью в пределах города химическое воздействие испытывают *поверхностные и подземные воды*. Основная река в Витебске – Западная Двина. На всем своем протяжении в городе она потенциально подвержена техногенной химической нагрузке. Именно в Двину отводятся воды с очистных сооружений города и предприятий. Все ливнестоки тоже принимает Западная Двина.

По химическому составу вода в водотоках и водоемах города относится к классу гидрокарбонатных кальциевых вод с минерализацией от 144,5 до 501,9 мг/дм³. В анионном составе поверхностных вод преобладает HCO_3^- ; по результатам наших анализов и данным Витебскоблгидромета, его содержание в разные годы (с 2006 по 2018) изменялось от 79 мг/дм³ (верхний створ р. Западная Двина) в 2015 г. до 336 мг/дм³ (р. Витьба) в 2009.

Количество Cl^- колебалось в диапазоне от 4,0 мг/дм³ (верхний створ р. Западная Двина) в 2006 г. до 58,5 мг/дм³ (р. Витьба) в 2009; концентрация SO_4^{2-} не превышала 23 мг/дм³. В составе катионов доминировал Ca^{2+} : от 27,7 мг/дм³ (верхний створ р. Западная Двина) в 2006 г. до 87,8 мг/дм³ (р. Витьба) в 2008; содержание Mg^{2+} варьировало в диапазоне от 9,1 мг/дм³ (верхний створ р. Западная Двина) в 2006 г. до 25,8 мг/дм³ (нижний створ р. Западная Двина) в 2009. Низкое содержание Ca^{2+} и Mg^{2+} определяет мягкий и умеренно жесткий характер воды в реке: среднегодовые значения общей жесткости изменялись от 1,5 до 5,1 мг-экв/дм³.

Согласно анализу качества воды с использованием индекса загрязненности (ИЗВ) состояние водных объектов в Витебске за период с 2004 по 2018 г. оценивалось как относительно благополучное ($\text{ИЗВ} < 1$) [12]. Сравнительный анализ среднегодовых концентраций компонентов химсостава воды р. Западная Двина за указанный период свидетельствует об отсутствии значимых изменений гидрохимической ситуации в отношении содержания загрязняющих веществ. При этом наиболее характерными загрязнителями поверхностных вод являются $\text{Fe}_{\text{общ.}}$, соединения Мп, Сu и Zn, содержание которых в речной воде часто превышает установленные нормативы качества.

Основной поставщик этих загрязнителей в водотоки Витебска – сточные воды предприятий и жилищно-коммунального хозяйства города. Так, в 2004–2005 гг. в Западную Двину Витебскоблводоканал сбросил 36–37 млн м³ сточных вод, которые содержали

около 1 т нефтепродуктов, 102 т азота аммонийного (NH_4^+) и 7,3 т Fe, Zn, Cu и других металлов [13]. В общем для Западной Двины загрязнение соединениями металлов имеет устойчивый характер (повторяемость превышений ПДК более 50 %), повышенное содержание в воде NH_4^+ выглядит неслучайным (повторяемость более 30 %), в отношении же других веществ загрязнение может квалифицироваться как случайное.

Особого внимания заслуживает качество подземных вод, являющихся основным источником централизованного водоснабжения населения города, которым пользуются 99,2 % жителей (0,8 % населения Витебска, или около 3 тыс. человек, используют воду из шахтных колодцев). Водоснабжение города осуществляется с помощью четырех основных групповых водозаборов: «Песковатик», «Марковщина», «Витьба» и «Лучеса», – а также 17 мини-водозаборами, имеющими 1–5 скважин. Эксплуатируются подземные воды D3 sr–sm терригенно-карбонатного водоносного комплекса.

По данным мониторинга специализированных служб города, качество отбираемых подземных вод в основном удовлетворяет требованиям СанПиН 10-124 РБ 99, за исключением повышенных концентраций Fe и Mn, низкого содержания F, иногда повышенной жесткости.

Вместе с тем по ряду скважин отмечаются признаки загрязнения подземных вод. Так, например, на водозаборе «Марковщина» минерализация воды в некоторых скважинах достигает 652 мг/дм^3 , общая жесткость – $10,5 \text{ ммоль/дм}^3$. По отдельным скважинам на водозаборах «Марковщина», «Витьба» и «Лучеса» отмечается повышенное содержание Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- и NH_4^+ относительно фоновых значений.

Кроме того, потенциальную опасность для качества подземных вод на водозаборах г. Витебска представляет полигон твердых коммунально-бытовых отходов, расположенный в 1,5 км от городской черты. Наибольшую опасность представляет образующийся в основании свалки фильтрат с высоким содержанием Cl^- , NH_4^+ , Na, K, Cd, Ni, Cr и Pb.

Заключение

Рассматривая основные виды и источники химического воздействия на природную среду города, можно сделать вывод о том, что в качестве основных загрязнителей здесь выступают формальдегид, SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , фосфаты, NH_4^+ , тяжелые металлы и нефтепродукты.

Это обусловлено прежде всего спецификой промышленного производства, а также высоким содержанием этих элементов в компонентах природной среды, всесторонним их воздействием на почвы, грунты, подземные воды и геохимическими особенностями поведения в геоэкологической обстановке.

Отметим, что исследование вопросов, связанных с оценкой геоэкологического состояния городских территорий, невозможно без анализа техногенных воздействий на компоненты природной среды, их типизации и классифицирования.

Согласно существующим подходам к типизации техногенных воздействий на природную среду, для территории Витебска нами принята классификация техногенных воздействий, приведенная в таблице.

Разработанная классификация объединяет все возможные виды воздействия на геоэкологическую обстановку города и может служить основой для оценки ее изменности.

Таблица. – Классификация техногенных воздействий на геозокосистему Витебска

Класс	Тип	Вид	Компоненты геозокосистемы*	Разновидности**	Показатели, ед. измер.	Уровень воздействия	Потенциальные источники
ФИЗИЧЕСКОЕ	ЗАГРЯЗНЕНИЕ	Акустическое (шум)	Б	1а; 2а, б; 3а; 4а; 5а, б; 6б, в	дБ (А)	30–80	Авто- и железнодорожный транспорт и др.
		Электромагнитное	П Б	1а; 2а, б; 3а; 4а; 5б; 6а, б, в	А/м ² мВ/м	0,5–4,0 20–150	Электроподстанции, электрифицированные трамвайные и троллейбусные линии, станции противокоррозионной защиты и др.
		Тепловое	П В	1а, б; 2а, б, в; 3а, б; 4а; 5а, б; 6а, б, в	град. С	Фон + 3–10 °С	ТЭЦ, котельные, сети теплоснабжения и коммуникации, котельные, «Витебскхлебпром», кондитерская фабрика «Витьба» и др.
ХИМИЧЕСКОЕ	ЗАГРЯЗНЕНИЕ	Этилацетатом	А	1б; 2а, б; 3а; 4а; 5а, б; 6б, в	Превышение ПДК	1–20 ПДК	Предприятия легкой промышленности («Марко», «Белвест» и др); РУПП «Витязь», РУП «Витебский завод электроизмерительных приборов, ОАО «Витебск-древ» и др.
		Формальдегидом	А	1б; 2а, б; 3а; 4а; 5а, б; 6б, в		1–3 ПДК	Авто- и железнодорожный транспорт и др.
		Углеродородное	П В Б	1б; 2а, б, в; 3а; 4а; 5а, б; 6б, в	Превышение фона (коэффициент анормальности К _а)	1–20 ПДК	АЗС, нефтехранилища, транспорт, предприятия теплоэнергетики
		Тяжелыми металлами	П В Б	1б; 2а, б, в; 3а; 4а; 5а, б; 6б, в		К _а = 1–2,3 (Рb); 2,1 (Cu); 1,5 (Zn); 3,2 (Cr); 1,3 (Ni); 1,8 (Cd); 5,5 (Co)	Авто- и железнодорожный транспорт, свалки, заводы: приборостроительный, «Монолит», моторемонтный, тракторных запчастей, предприятия теплоэнергетики и др.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Здоровье населения и окружающая среда города Витебска и Витебского района в 2001–2011 гг. : информ.-аналит. бюл. / редкол.: Н. Я. Красовский [и др.]. – Витебск, 2012. – 106 с.
2. Здоровье населения и окружающая среда города Витебска и Витебского района в 2004–2014 гг. : информ.-аналит. бюл. / редкол.: Н. Я. Красовский [и др.]. – Витебск, 2015. – 106 с.
3. О превышениях нормативов выбросов/сбросов загрязняющих веществ предприятиями Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eco-info.by/content/800.html>. – Дата доступа: 31.07.2020.
4. Лукашев, О. В. Ассоциации химических элементов в почвенном покрове природных и урбанизированных территорий / О. В. Лукашев, Н. В. Жуковская, Н. Г. Лукашева // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2016. – № 1. – С. 46–55.
5. Лукашев, О. В. Ретроспективная оценка загрязнения почв и растительности г. Витебска металлами / О. В. Лукашев, Н. В. Жуковская // Современные проблемы геологического картирования : материалы X унив. геол. чтений, Минск, 14–15 апр. 2016 г. / БГУ ; редкол.: В. И. Зуй (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – С. 99–101.
6. Лукашев, О. В. Ретроспективная оценка загрязнения почв и растительности г. Витебска тяжелыми металлами / О. В. Лукашев, Н. В. Жуковская // Природ. ресурсы. – 2006. – № 4. – С. 52–57.
7. Черкасова, О. А. Промышленные предприятия г. Витебска как источник загрязнения почв тяжелыми металлами / О. А. Черкасова, В. С. Иванов // Вестн. ВГМУ. – 2011. – Т. 10, № 1. – С. 122–131.
8. Иванов, В. С. Котельные станции как источник загрязнения почвы тяжелыми металлами / В. С. Иванов, О. А. Черкасова // Вестн. ВГМУ. – 2011. – Т. 10, № 4. – С. 120–130.
9. Иванов, В. С. Загрязнение почв г. Витебска сульфатами, нитратами и нефтепродуктами / В. С. Иванов, О. А. Черкасова // Вестн. ВГМУ. – 2011. – Т. 10, № 4. – С. 111–119.
10. Алексеенко, В. А. Основные факторы накопления химических элементов организмами / В. А. Алексеенко // Сорос. образоват. журн. – 2001. – Т. 7, № 8. – С. 20–24.
11. Жуковская, Н. В. Моделирование загрязнения растительности г. Витебска с помощью метода «деревья решений» / Н. В. Жуковская, О. В. Лукашев // Сергеевские чтения / редкол.: В. И. Осипов (отв. ред.) [и др.]. – М. : ГЕОС, 2016. – Вып. 18 : Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи. – С. 613–618.
12. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь : стат. сб. / редкол.: И. В. Медведева (пред.) [и др.]. – Минск, 2016. – 248 с.
13. Состояние природной среды Беларуси : экол. бюл. 2005 г. / под общ. ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Минсктиппроект, 2006. – 322 с.

REFERENCES

1. Zdorov'je nasielienija i okruzhajushchaja srieda goroda Vitiebska i Vitiebskogo rajona v 2001–2011 gg. : inform.-analit. biul. / riedkol.: N. Ya. Krasovskij [i dr.]. – Vitiebsk, 2012. – 106 s.
2. Zdorov'je nasielienija i okruzhajushchaja srieda goroda Vitiebska i Vitiebskogo rajona v 2004–2014 gg. : inform.-analit. biul. / riedkol.: N. Ya. Krasovskij [i dr.]. – Vitiebsk, 2015. – 106 s.
3. O prievyshenijakh normativov vybrossov/sbrosov zagriazniajushchikh vieshchiestv priedpriijatijami Riespubliki Bielarus' [Elieكتروнный riesurs]. – Riezhim dostupa: <http://www.ecoinfo.by/content/800.html>. – Data dostupa: 31.07.2020.

4. Lukashev, O. V. Asociacii khimichieskikh eliemientov v pochviennom pokrovie prirodnykh i urbanizirovannykh territorij / O. V. Lukashev, N. V. Zhukovskaja, N. G. Lukasheva // Viestn. BGU. Ser. 2, Khimija. Biologija. Gieografija – 2016. – № 1. – S. 46–55.
5. Lukashev, O. V. Rietrospektivnaja ocenka zagriaznienija pochv i rastitel'nosti g. Vitiebska mietallami / O. V. Lukashev, N. V. Zhukovskaja // Sovriemiennye problemy gieologichieskogo kartirovanija : materialy X univ. gieol. chtienij, Minsk, 14–15 apr. 2016 g. / BGU; riedkol.: V. I. Zuj (otv. ried.) [i dr.]. – Minsk, 2016. – S. 99–101.
6. Lukashev, O. V. Rietrospektivnaja ocenka zagriaznienija pochv i rastitel'nosti g. Vitiebska tiazhelymi mietallami / O. V. Lukashev, N. V. Zhukovskaja // Prirod. riesursy. – 2006. – № 4. – S. 52–57.
7. Chierkasova, O. A. Promyshliennye priedprijatija g. Vitiebska kak istochnik zagriaznienija pochv tiazhelymi mietallami / O. A. Chierkasova, V. S. Ivanov // Viestn. VGMU. – 2011. – T. 10, № 1. – S. 122–131.
8. Ivanov, V. S. Kotiel'nyje stancii kak istochnik zagriaznienija pochvy tiazhelymi mietallami / V. S. Ivanov, O. A. Chierkasova // Viestn. VGMU. – 2011. – T. 10, № 4. – S. 120–130.
9. Ivanov, V. S. Zagriaznienije pochv g. Vitiebska sul'fatami, nitratami i nieftieproduktami / V. S. Ivanov, O. A. Chierkasova // Viestn. VGMU. – 2011. – T. 10, № 4. – S. 111–119.
10. Alieksiejenko, V. A. Osnovnyje faktory nakoplienija khimichieskikh eliemientov organizmami / V. A. Alieksiejenko // Soros. obrazovat. zhurn. – 2001. – T. 7, № 8. – S. 20–24.
11. Zhukovskaja, N. V. Modelirovanije zagriaznienija rastitel'nosti g. Vitiebska s pomoshchju mietoda «dieriev'ja rieshenij» / N. V. Zhukovskaja, O. V. Lukashev // Siergijevskije chtienija / uiedkol.: V. I. Osipov (otv. ried.) [i dr.]. – M. : GEOS, 2016. – Vyp. 18 : Inzheniernaja gieologija i gieoekologija. Fundamental'nyje problemy i prikladnyje zadachi. – S. 613–618.
12. Okhrana okruzhajushchiej sriedy v Riespublike Bielarus': stat. sb. / Riedkol.: I. V. Miedviedieva (pried.) [i dr.]. – Minsk, 2016. – 248 s.
13. Sostojanije prirodnoj sriedy Bielarusi : ekol. biul. 2005 g. / Pod obshch. ried. V. F. Loginova. – Minsk : Minsktippprojekt, 2006. – 322 s.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 20.09.2021