

УДК 631.46:528.92

**ЭКОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННОГО
ПОКРОВА ИНДУСТРИАЛЬНОГО ГОРОДА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ****Напрасникова Е.В., Сороковой А.А., Емельянова Н.В.***Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: napev@irigs.irk.ru*

Процессы урбанизации и техногенеза ведут к значительным преобразованиям сформировавшегося почвенного покрова. Они проявляются в виде смещения щелочно-кислотных свойств, степени трансформации органических соединений и изменения эволюционно сложившихся взаимообусловленных связей. В данной работе, на примере индустриального города Шелехова, эти положения впервые экспериментально изучены, представлены картографически, обоснованы и статистически подтверждены. Показано, что щелочно-кислотные свойства почв трансформированы от слабокислых до нейтральных и слабощелочных значений pH. Они получили широкое распространение на городской территории. На этом фоне выявлен уровень биохимической активности почв (БАП), связанный с круговоротом важного биогенного элемента – азота, как информативного критерия их функционального состояния. В то же время это показатель самоочищающей способности городской почвы. Данная экспериментальная часть работы выполнена на основе экспресс-метода по Т.В. Аристовской и М.В. Чуговой. Показано, что степень активности почв колеблется от среднеактивной до сильноактивной. Относительное содержание этих почв от общей площади города составляет 89,1%. Почвы с очень высокой активностью составляют 1,9%. Почвы со слабой активностью в городской черте не обнаружены. Согласно экспериментальным данным для системы БАП – pH в реальном времени, выявлена заметная связь. Коэффициент дисперсии по шкале Чеддока значительный и составил 0,52. Оценивая в целом биохимическое состояние изучаемых почв, можно сказать, что реакция почв удерживает их активность на высоком уровне. При этом отмечаем, что высокие показатели биологической активности городских почв не могут являться положительным фактом. Не исключаем возможность, что метаболический прогресс может привести почвенную систему к экологическому регрессу, который будет заключаться в выносе запасов биогенного азота. Картографическое отображение результатов выявило наиболее проблемные территории города, что придаёт практическую направленность данной работе.

Ключевые слова: город Шелехов, почвы, биохимическая активность, щелочно-кислотные условия, картографирование

**ECOLOGO-BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOIL COVER
OF AN INDUSTRIAL CITY IN EASTERN SIBERIA****Naprasnikova E.V., Sorokovoy A.A., Emelyanova N.V.***V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: napev@irigs.irk.ru*

The processes of urbanization and technogenesis involves transformations of the existing soil cover. They manifest themselves in the form of a shift of acid-alkaline properties and of the degree of transformation of organic compounds, and changes in evolutionarily established interdependent relationships. In this paper, using the industrial city of Shelekhov, these statements were studied experimentally for the first time, presented cartographically, substantiated and demonstrated statistically. It is shown that the soil acid-alkaline properties are transformed from weakly acidic to neutral and weakly alkaline pH values. They are of widespread occurrence across the urban territory. In these settings, the level of biochemical activity of soils (BAS) was identified, which is associated with the cycle of an important biogenic element, nitrogen, as the informative criterion for their functional status. On the other hand, it is the indicator of self-purification capacity of the urban soil. This experimental part of work was carried out using the rapid analysis method according to T.V. Aristovskaya and M.V. Chugunova. It is shown that the degree of soil activity varies from medium-active to strongly active. Their relative content makes up 89.1% of the total urban area. Soils with very high activity are 1.9%. No soils with weak activity were detected within the city limits. According to experimental data for the BAS – pH system in real time, an appreciable correlation was revealed. The dispersion coefficient on a scale of Chedoke significant and amounted to 0.52. Assessing the biochemical state of the studied soils, it can be said that the reaction of the soils keeps their activity at a relatively high level. At the same time, we note that high rates of biological activity of urban soils can not be a positive fact. It is not inconceivable that the metabolic process can lead the soil system to an ecological regress, implying the removal of biogenic nitrogen stock. Cartographic display of the results revealed the most problematic areas of the city, what gives the practical focus of this work.

Keywords: the City of Shelekhov, soils, biochemical activity, acid-alkaline conditions, mapping

Одна из актуальных проблем современности – это проблема загрязнения окружающей среды. Исходя из известного положения, что почва – незаменимый и неотъемлемый компонент биосферы, ученые видят экологическую значимость изучения её трансформации.

Выполненные исследования являются продолжением цикла работ по экологиче-

скому состоянию почв индустриальных городов и их картографированию [1, 2]. Природа Сибири считается ранимой. В этой связи актуальность и своевременность проблемы данной работы усиливается.

Основная цель исследования – оценка интегрального эколого-биохимического потенциала почв под воздействием техногенеза и урбанизации г. Шелехова. Ключевые

задачи сводились к следующему: отбор почвенных образцов в функциональных зонах города, определение щелочно-кислотных условий и биохимического статуса почв, нахождение корреляционной связи данных показателей и их картографическое отображение. Представленные исследования в данной работе по Шелехову выполнены впервые.

Материалы и методы исследования

Город Шелехов находится на юге Иркутско-Черемховской равнины и расположен между реками Иркутом и Олхой, в 18 км к юго-западу от областного центра – г. Иркутска. Город образован в 1993 г. и относится к самым молодым в области. Он входит в состав Иркутской агломерации и Большого Иркутска и является одним из ведущих промышленных центров Иркутской области.

Иркутский алюминиевый завод (ИрАЗ) считается самым главным источником загрязнения окружающей среды в Шелехове. Данный город является крупнейшим производителем алюминия и входит в список городов с очень высоким уровнем загрязнения окружающей среды. Кроме ИрАЗа в городе и на сопредельных территориях расположены заводы: железобетонных конструкций, по производству сверхчистого кремния, металлообработывающий, деревообработывающий, по производству тротуарной плитки, мебели, домостроительный комбинат. Обширно развиты сети электро- и теплоснабжения.

Климат Иркутской области резко континентальный. Для него характерна холодная продолжительная зима и относительно теплое лето. Значительные коррективы в температурный режим вносят местные физико-географические условия: рельеф, расчлененность, экспозиция склонов, наличие водоемов, растительность. Количество осадков на данной территории около 450 мм/год [3].

Детальные исследования были проведены на почвах и почвенном покрове г. Шелехова, и сопредельных территориях, которые описаны И.А. Белозерцевой [4]. Установлено, что в Шелеховском районе и в зоне влияния ИрАЗа преобладают антропогенно-изменённые дерновые лесные почвы с маломощным гумусовым горизонтом. Показано, что наибольшее содержание водорастворимой формы фтора (приоритетного загрязнителя) в верхнем слое почвы (0–10 см). Даная форма до-

стигает наивысшего содержания (20 ПДК) на расстоянии 0,5 км от завода. Основной перечень атмосферных загрязнителей над ИрАЗом следующий: фтористый водород, твёрдые фториды, бенз(а)пирен, хлорметан, формальдегид, диоксид азота, окислы кремния.

Нашим методическим выбором явились информативные критерии современного состояния городских почв – степень биохимической активности почв (БАП) и щелочно-кислотная обстановка (рН). Эти биоиндикационные методы относятся к оперативным и остаются актуальными в изучении экологически неблагоприятных территорий [1, 2, 5]. Для проведения массовых лабораторных анализов БАП, характеризующую большую территорию, явился экспресс-метод Т.В. Аристовской, М.В. Чуговой [6]. Методика предполагает учет скорости (в часах) разложения модельного азотсодержащего органического соединения (карбамида). Принято считать, что чем меньше скорость разложения карбамида, тем выше уровень активности испытуемого субстрата.

Почвенные образцы отбирались с учетом различных функциональных зон города в вегетационный период по общепринятым методикам. Смешанный образец готовился из 10–15 отдельных проб. Щелочно-кислотные условия определялись потенциометрическим методом на приборе (иономер И-160МИ). Изолинейные карты построены с использованием метода пространственной интерполяции «Естественная окрестность (Natural Neighbor)».

Результаты исследования и их обсуждение

Хорошо известно, что показатель щелочно-кислотных условий почв (величина рН, ед.) рассматривается в качестве одной из важнейших интегральных почвенных характеристик. В условиях урбанизации и техногенеза данный показатель претерпевает существенную трансформацию. На изучаемой территории «кислотные дожди» не наблюдаются и, как правило, рН почв смещается в щелочную сторону. Величина рН почвенного покрова г. Шелехова варьирует от 6,3 до 7,8 ед., т.е. от слабощелочной до слабокислой. Из этого следует, что сильнокислых и сильнощелочных показателей на изучаемой территории не наблюдается. Результаты экспериментальных исследований представлены на изолинейной карте (рис. 1).

В рамках города наблюдаются два локальных ареала с минимальными рН. Один из них расположен вблизи влияния Ирказа и представляет собой «ядро», окруженное нейтральной и слабощелочной средой. Небольшие массивы со слабокислыми значениями рН приурочены к городским окраинам, за исключением его северной и западной части, и занимают 60,7 га. Их относительное содержание всего лишь 1,9%. Почвенный покров с нейтральными значениями рН занимает 72,2%, от общей площади, что составляет 2318,7 га. На карте отчетливо выражены территории со слабощелочными значениями рН (от 7,5 до

7,8 ед.). Они сформировали четыре ареала, которые приурочены к жилым зонам города с густонаселенными кварталами. Их суммарная площадь составляет 831 га, что в процентном отношении равно 25,9%. Переход значений рН почв от одной градации к другой на всей территории города плавный.

Результаты определения уровня БАП представлены на карте (рис. 2). Они позволили выделить три основные группы почв: первая – с очень высокой активностью (от 2,1 до 5,1 ч.); вторая – с высокой (от 5,1 до 7,1ч) и третья группа (от 7,1 до 8,6 ч.) со средней активностью.

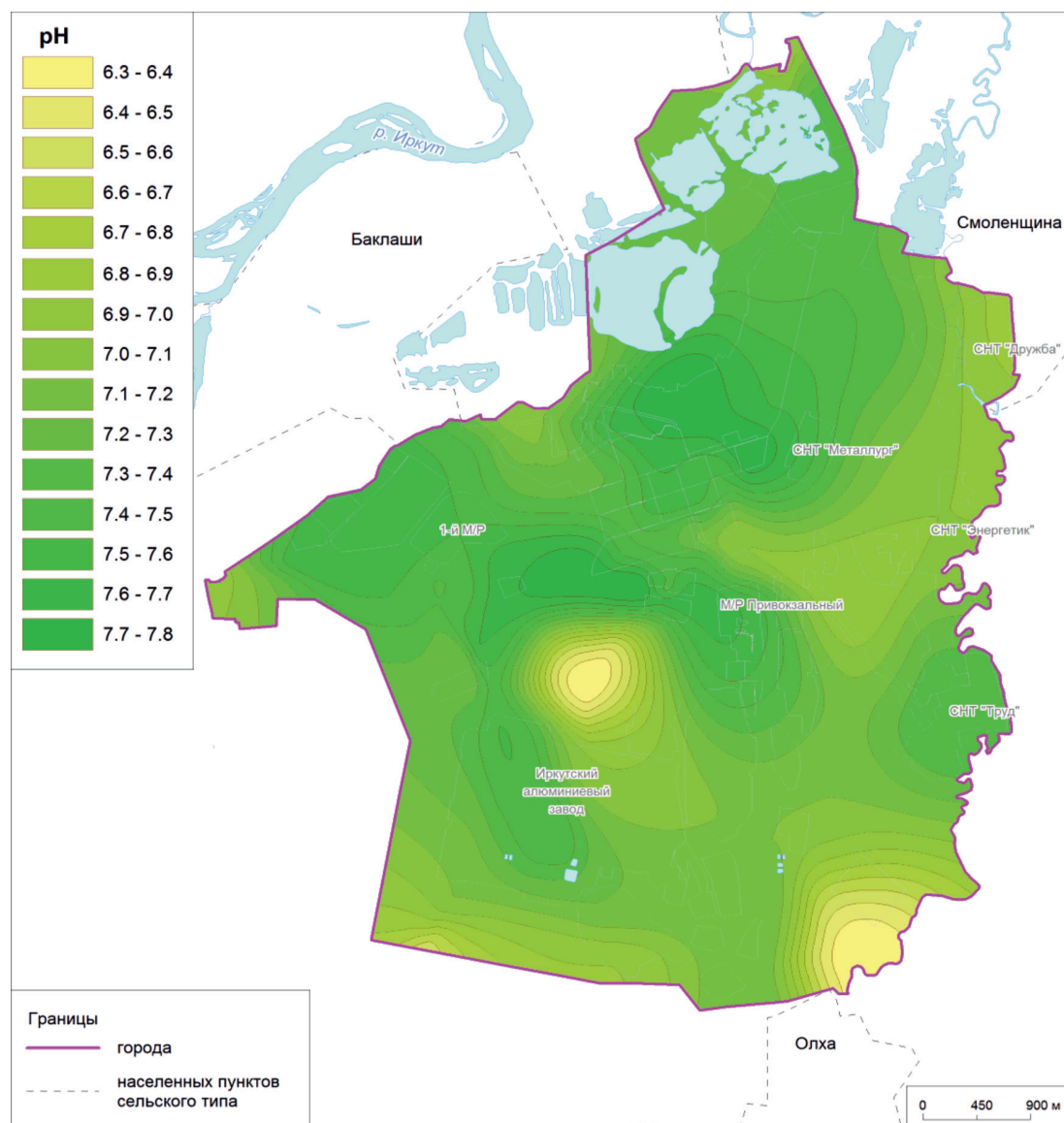


Рис. 1. Распределение значений рН почв г. Шелехова

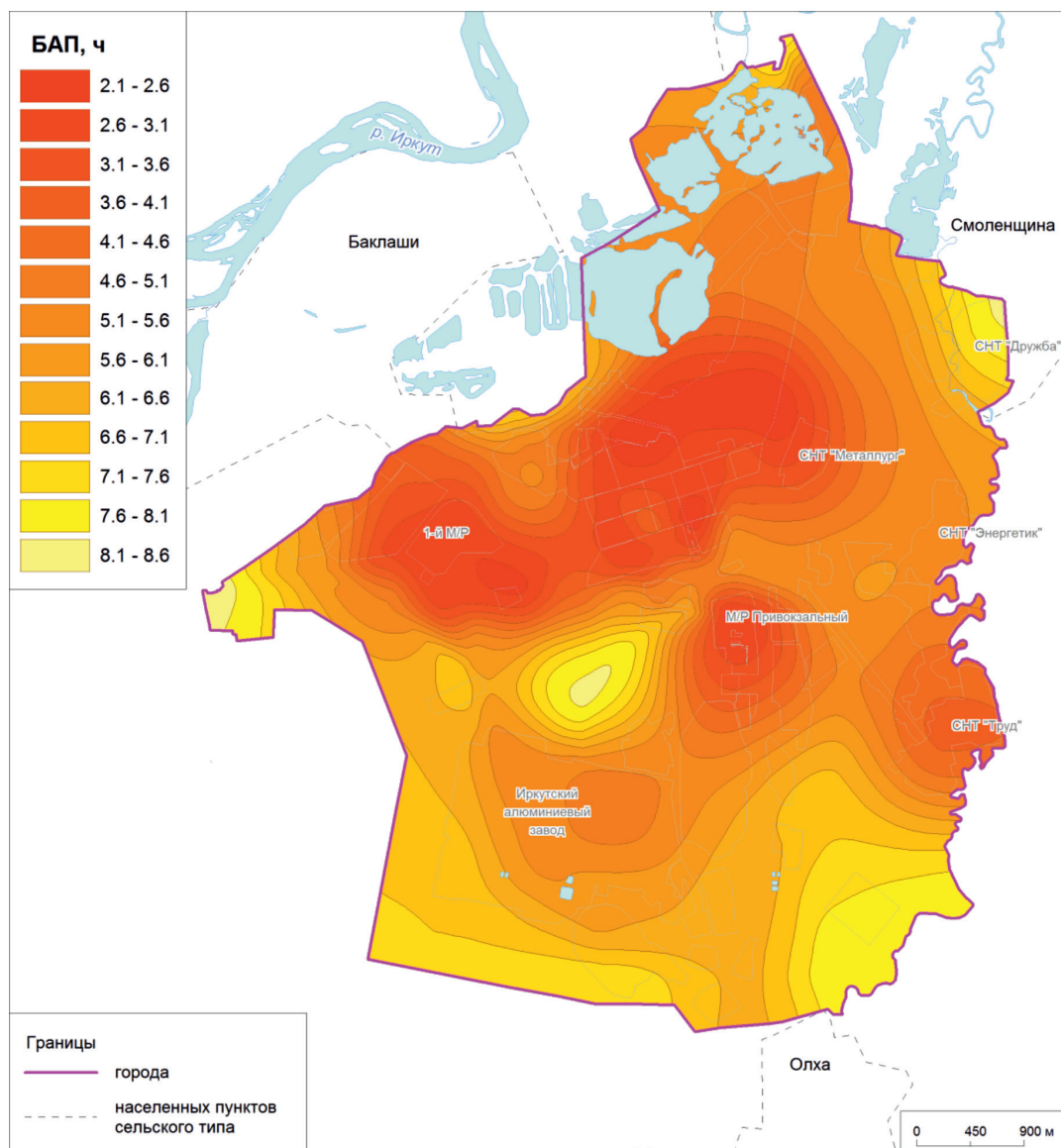


Рис. 2. Распределение значений уровня биохимической активности почв г. Шелехова

Приведём анализ состояния биологической активности почв в городской среде. Первая группа от общей территории города занимает 38,3%, что составляет 1232,5 га и может считаться сравнительно активной.. Вторая – получила наибольшее распространение – 1629,2 га, что соответствует 50,8%. Третья группа почв сравнительно небольшая и занимает 348,7 га, что составляет 10,9%. На карте хорошо видно, что почвы, обладающие очень высокой и высокой активностью, занимают большой массив северо-западной части города, где расположена селитебная (густонаселенная) зона. Небольшой ареал таких почв локально присутствует в цен-

тральной части, а также на восточной границе города. Следует отметить, что характер распределения биохимически активных почвенных субстратов совпадает с щелочно-кислотными условиями, значения которых нейтральные или слабощелочные. Данный факт нельзя считать позитивным, поскольку увеличение значений рН может повлечь нарушение механизмов регуляции, связанных с органическим азотом и, как следствие, его потерю. Группа почв с более низкими показателями БАП выделяется вблизи ИркАЗа и совпадает с ареалом низких значений рН. Эта же группа тяготеет к периферийным частям города и близка к природным рубе-

жам. Полученные результаты не противоречат экологической сущности исследуемого показателя, связанного с трансформацией азотсодержащих органических соединений. Переход значений БАП от одной градации к другой на всей территории города плавный.

В работе выполнен корреляционный анализ определяемых показателей. Он отразил на графике тесную взаимосвязь биологической активности изучаемых почв и их pH (рис. 3). Коэффициент дисперсии ($R^2 = 0,52$) можно считать сравнительно высоким. Теснота связи данного показателя, согласно шкале Чеддока, характеризуется как заметная, т.е. статистически существенная. Следует отметить, что основная масса точек значений БАП на графике расположена в интервале pH от 7 до 7,8 ед.

Выявленная зависимость БАП и pH подтверждает влияние особенностей городской среды на направленность биохимических процессов. Таким образом, проведенные исследования дополняют наши знания о состоянии почвенного покрова индустриального города. При этом следует подчеркнуть, что выполненная экспериментальная работа четко согласуется с новой современной концепцией экологической реконструкции и оздоровления урбанизированной среды [7].

Заключение

Экспериментальные исследования обеспечили базу данных для выполнения картографического отображения эколого-биохимического потенциала и щелочно-кислотных условий почвенного покрова индустриального города Шелехова. В результате выполненных исследований получены новые знания. Избранные показатели являются экспериментальным критерием функциональных осо-

бенностей распространенных дерновых лесных почв. Это позволило дать оценку их состоянию в реальном времени как сохранных. В итоге по данной территории впервые выполнены изолинейные карты. Показано, что преобладают массивы с очень высоким и высоким уровнем активности почв. Их можно считать проблемными территориями, в силу того, что повышение степени биологической активности почвенного покрова может сказаться на особенностях механизмов регуляции метаболических функций азотсодержащих органических веществ. Иными словами процессы, связанные с круговоротом биогенного азота, могут привести к потерям его запасов. Таким образом, проблемные территории г. Шелехова определяются экологически напряженными почвами. С наименьшим уровнем активности зарегистрирована всего лишь десятая часть от общей площади города. Почвы со слабой активностью на настоящий момент не обнаружены. Характер биохимической активности городских почв проявляется на фоне трансформированных щелочно-кислотных условий, отличающихся от контрольных, где pH регистрируется преимущественно слабокислая. Исследования позволили выявить характер связей между интегральными показателями. Статистическая обработка результатов определения БАП и pH подтвердила это значимым коэффициентом дисперсии по шкале Чеддока (0,52). Полученные данные можно считать не только информативными, но и прогностическими. Установлены тенденции почвенно-биохимических процессов под воздействием мощных факторов: урбанизации и техногенеза. Есть основания полагать, что в ближайшее время степень влияния этих факторов не изменится.

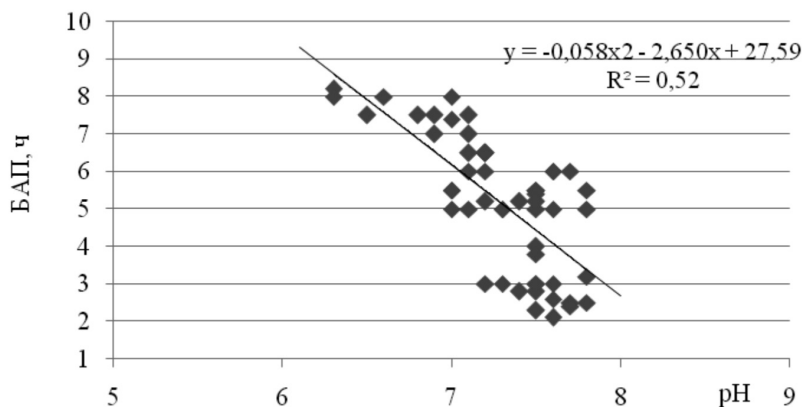


Рис. 3. Зависимость биохимической активности почвы от щелочно-кислотных условий

Картографическая обеспеченность усилила информативность работы и более четко выявила характер функциональных связей показателей. Кроме научной новизны работа имеет практическую направленность, которая будет полезна при дальнейшем устройстве города, в целях улучшения общей экологической обстановки для жизнеобеспечения населения.

Список литературы / References

1. Напрасникова Е.В., Истомина Е.А. Почвенный покров на территории города Ангарска: эколого-биохимический и картографический аспект // География и природные ресурсы. 2012. № 4. С. 53–57.
2. Naprasnikova E.V., Istomina E.A. Soil cover on the territory of the city of Angarsk: The ecologo-biochemical and cartographic aspects // Geography and Natural Resources. 2012. V. 33. № 4. P. 289–292. DOI: 10.1134/S1875372812040051.
3. Напрасникова Е.В., Истомина Е.А. Исследование и картографирование эколого-биохимического состояния почв города Братска // Геодезия и картография. 2018. № 5. С. 20–26. DOI: 10.22389/0016-7126-2018-935-5-20-26.
4. Naprasnikova E.V., Istomina E.A. Investigation and mapping of the ecological-biochemical state of soils in the city of Bratsk // Geodesy and Cartography. 2018. № 5. P. 20–26 (in Russian).
5. Ипполитова Н.А., Коваленко С.Н., Орел Г.Ф., Роговская Н.В., Тюменцева И.А., Тюнькова И.А. География Иркутской области. Иркутск: Изд. Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2013. 233 с.
6. Ippolitova N.A., Kovalenko S.N., Orel G.F., Rogovskaya N.V., Tyumentseva I.A., Tyun'kova I.A. Geography of the Irkutsk oblast. Irkutsk: Izd. Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN. 2013. 233 p. (in Russian).
7. Белозерцева И.А. Воздействие выбросов алюминиевого производства на природную среду пригородной зоны // Тренды ландшафтно-геохимических процессов в геосистемах юга Сибири: коллективная монография. Глава 7.1. Новосибирск: Наука, 2004. С. 138–144.
8. Belozerceva I.A. Impact of aluminum production emissions on the suburban environment // Trends of landscape-geochemical processes in the geosystems of southern Siberia: a collective monograph. Chapter 7.1. Novosibirsk: Nauka, 2004. P. 138–144 (in Russian).
9. Меркулова М.Ю., Тихомирова Е.И., Абросимова О.В. Комплексный мониторинг экологического состояния урбанозёмов по биологическим показателям (на примере г. Саратова) // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 4. С. 25–29.
10. Merkulova M.Y., Tihomirova E.I., Abrosimova O.V. Comprehensive monitoring of the ecological status of urbanozems by biological indicators (on the example of the city of Saratov) // Theoretical and Applied Ecology. 2015. № 4. P. 25–29 (in Russian).
11. Аристовская Т.В., Чугунова М.В. Экспресс-метод определения биологической активности почв // Почвоведение. 1989. № 11. С. 142–147.
12. Aristovskaya T.V., Chugunova M.V. Express method for determining the biological activity of soil // Pochvovedenie. 1989. № 11. P. 142–147 (in Russian).
13. Фоков Р.И. Экологическая реконструкция и оздоровление урбанизированной среды. М.: Изд. Ассоциации строительных вузов, 2012. 304 с.
14. Fokov R.I. Ecological reconstruction and improvement of the urbanized environment. M.: Izd. Associacii stroitel'nyh vuzov, 2012. 304 p. (in Russian).