

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 528.9:631.4(571.5)

DOI: 10.15372/GIPR20210405

Е.В. НАПРАСНИКОВА, А.А. СОРОКОВОЙИнститут географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, r.kodar@mail.ru, geomer@irigs.irk.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ УСТЬ-ИЛИМСКА (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Выполнены экспериментальные исследования кислотно-щелочных показателей (рН) и биохимической активности почв (БАП) индустриального города Усть-Илимска в условиях Восточной Сибири. Впервые представлено картографическое отображение распределения значений интегральных показателей почв города. Подчеркнута значимость метода картографирования городских почв, испытывающих влияние урбанизации. Исследование проводилось с помощью экспресс-метода определения биохимической активности почв. Кроме этого показателя, выявлены щелочно-кислотные условия почв. Изучением были охвачены основные функциональные зоны двух частей Усть-Илимска — Старого (левобережье) и Нового (правобережье) города. Выявлено широкое распространение нейтральных и слабощелочных почв. Показатели рН колеблются от 7,4 до 7,8, в контрольных почвах — в интервале 6,3–6,9. Значительную площадь Усть-Илимска (43,9 %) занимают слабощелочные почвы. Уровень биохимической активности почв позволил отнести их к активным и очень активным. На долю очень активных почв приходится 32,9 % общей территории города, что свидетельствует о тенденции к экологическому регрессу — к потере почвой биогенного элемента — азота. Выявлены тренды слабой и средней, но положительной зависимости биохимической активности почв от рН. Коэффициенты аппроксимации положительные и варьируют, в зависимости от зон города, от 0,2 до 0,5. Показано абсолютное и относительное распределение площадей со значениями рН и БАП. Сравнительный анализ данных позволил выявить отличие почв Усть-Илимска от почв других городов Приангарья.

Ключевые слова: кислотно-щелочные условия, биохимическая активность, Приангарье, почвы, антропогенное влияние.

E.V. NAPRASNIKOVA, A.A. SOROKOVOIV.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, r.kodar@mail.ru, geomer@irigs.irk.ru

ECOLOGICAL STATUS OF SOILS OF UST'-ILIMSK (IRKUTSK OBLAST)

Experimental investigations were made into the basicity-acidity indices (pH) and soil biochemical activity (SBA) in the industrial city of Ust'-Ilmsk in conditions of Eastern Siberia. A cartographic representation of the distribution of values of integral indicators of soils in the city is presented for the first time. The significance of the method of mapping urban soils experiencing urbanization and technogenesis is emphasized. The investigation was made by using the express method of determining the soil biochemical activity. In addition to this indicator, pH conditions of soils were identified. The study encompassed the main functional zones of two parts of Ust'-Ilmsk: the Old City (Levoberezhie) and the New City (Pravoberezhie). Of widespread occurrence on the territory are the neutral and weakly alkaline soils. The pH values vary from 7.4 to 7.8; in the control soils, they vary from 6.3 to 6.9. A significant area of the city (43.9 %) is occupied by weakly alkaline soils. The level of soil biochemical activity permitted us to categorize the soils as active and very active. The proportion of very active soils makes up 32.9 % of the total territory of the city. This indicates a trend of ecological regression, namely a loss of the biogenic element, nitrogen. The study revealed trends of a weak but positive dependence of SBA on pH. The coefficients of approximation are positive and vary, according to the zones of the city, from 0.2 to 0.5. The absolute and relative distribution of the areas with pH and SBA values is shown. A comparative analysis of data revealed a difference of the Ust'-Ilmsk soils from the soils in other cities of the Angara region.

Keywords: pH conditions, biochemical activity, Angara region, soil, anthropogenic impact.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность вопросов загрязнения и охраны окружающей среды городов с каждым годом растет. В связи с повышением темпов урбанизации интерес научного сообщества к экологическим проблемам городских территорий вырос как в нашей стране, так и за рубежом [1–6].

Известно, что почвенный покров является экологическим ядром городской среды, важным фактором ее экологического состояния. Настоящая работа продолжает цикл статей [7–9], посвященных влиянию процессов урбанизации и техногенеза на экологическое состояние почвы, неотъемлемого компонента биосферы. Научная новизна работы заключается в том, что для Усть-Илимска впервые выполнены детальное исследование биохимических особенностей почвенного покрова и их картографическое отображение.

В условиях нарушенного состояния природной среды Сибири, где самоочищающая способность почвы снижена, данное исследование можно считать исключительно важным. Цель настоящей работы — оценка интегрального эколого-биохимического потенциала почв Усть-Илимска, испытывающих антропогенное воздействие.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Усть-Илимск, расположенный на северо-западе Иркутской области, является административным центром Усть-Илимского района, приравненного к районам Крайнего Севера. Строительство города было связано с возведением Усть-Илимской ГЭС и лесопромышленного комплекса (ЛПК). В 1973 г. Усть-Илимску был присвоен статус города, он входит в восьмерку моногородов Иркутской области. Усть-Илимск расположен на берегах р. Ангары и состоит из двух частей — левобережной (так называемый Старый город) и правобережной (Новый город). Площадь города — 206 285 км². Кроме ГЭС и ЛПК, работают мощный целлюлозный завод (ЦЗ), хлебозавод, агрофирма «Ангара». На территории района добывается каменный уголь («Разрез Жеронский», филиал компании «Востсибуголь»), ведется разработка карьеров поделочных камней [10].

Климат Усть-Илимского района резко континентальный. Для него характерна продолжительная малоснежная и холодная зима. Лето короткое, теплое и дождливое. Абсолютная минимальная температура составляет –56 °С, максимальная температура (в июле) — 37 °С. Среднегодовое количество осадков — 365 мм [10].

Изучаемый район относится к самым богатым лесными ресурсами территориям Иркутской области. Здесь преобладают светлохвойные, преимущественно сосновые и сосново-лиственничные травяно-зеленомошные леса, которые простираются по берегам Ангары [11]. На территории города много естественных деревьев, оставленных при строительстве. Внутри жилых кварталов встречаются участки с естественной растительностью. Доминирующими почвами района являются дерново-подзолистые и дерновые лесные с выраженным промывным типом водного режима. Большинству городских почв свойственно отсутствие генетических горизонтов и наличие различных по окраске и мощности слоев искусственного происхождения [12]. Почвы Усть-Илимска в этом плане — не исключение.

Основной методикой проведения лабораторного анализа биохимической активности почв (БАП), способной охарактеризовать значительную территорию, стал экспресс-метод, разработанный Т.В. Аристовской, М.В. Чугуновой [13]. Методика позволяет фиксировать скорость (в часах) разложения азотсодержащего органического соединения (карбамида). Наименьшая скорость разложения модельного вещества соответствует более высокой степени активности исследуемой почвы. Известно, что БАП и кислотно-щелочные условия (рН) относятся к интегральным показателям и являются информативным критерием современного состояния городских почв.

Эти показатели нами были выбраны ранее при изучении почвенного покрова городов Восточной Сибири [1, 2]. Отбор и подготовка почвенных образцов проводились в вегетационный период во всех функциональных зонах, отражающих максимально возможное разнообразие городской среды [14]. Кислотно-щелочные условия регистрировались потенциометрическим методом на приборе (иономер И-160МИ). Геоинформационные карты построены с использованием метода пространственной интерполяции «Естественная окрестность (Natural Neighbor)». В работе был использован статистический метод определения коэффициента аппроксимации в программе Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Под влиянием урбанизации происходит заметная трансформация рН почв, которая рассматривается в качестве одной из значимых интегральных характеристик. В условиях Восточной Сибири не наблюдаются «кислотные дожди» и значения рН почв смещаются в щелочную область [15]. Кроме того, рН является результирующим фактором взаимодействия органических и минеральных составляющих.

Полученные результаты отображены в таблице и на карте (рис. 1). Исследование величины рН почв как Старого города (левобережье), так и Нового (правобережье) показало, что данные варьируют от рН 6,6 до рН 7,8. Слабокислые почвы занимают небольшую площадь — 993 га (5,5 % от общей территории Усть-Илимска) — в западной части города, примыкающей к его границе. Этот факт можно объяснить удаленностью от урбанизированной территории и близостью к естественным ландшафтам. Почвы, близкие к нейтральным, и нейтральные занимают 50,6 % общей территории города (9125,5 га). На долю слабощелочных почв приходится 43,9 % территории города (7922 га).

Показатели рН заметно увеличиваются ближе к селитебным зонам, которые приурочены к Старому и Новому городу и занимают северо-восточную и юго-восточную части территории соответственно. В центральной части селитебной зоны Старого города отмечается ареал с высокими показателями рН (7,7–7,8). Их площадь относительно небольшая — 123,5 га, но на карте хорошо заметна и составляет 0,7 % территории Усть-Илимска. Почвы северной стороны характеризуются значениями рН от 7,0 до 7,6 и имеют сходство по величинам рН с южной частью города, но пространственное распределение более мозаично. Почвы Нового города обладают высокими показателями кислотно-щелочных свойств. В его южной части значения рН варьируют от 7,3 до 7,7. Здесь сосредоточена центральная часть селитебной зоны, которая примыкает к берегам водохранилища. Селитебные зоны Нового и Старого города имеют сходство как по величине рН, так и по характеру пространственного распределения. Почвы северной и восточной сторон правобережья испытывают воздействие промышленной зоны, в том числе ЛПК, целлюлозного завода, различных технических сооружений, коммунально-складских помещений, дачных и гаражных кооперативов. Показатели рН колеблются от 7,0 до 7,5. Граница северо-западной части Нового города проходит параллельно водохранилищу и от него на запад; на этом участке распространены почвы с рН 7,1–7,4. Селитебную и промышленную зоны разделяет буферная. Величина рН в этой зоне колеблется от 6,9 до 7,3. Здесь преобладает территория с естественным растительным покровом. В зеленых, промышленных зонах и на коммунально-складских территориях наблюдается плавный переход от одних значений к другим.

Таким образом, на исследуемой территории обнаружены слабокислые, нейтральные и слабощелочные почвы. Кислые, щелочные и сильнощелочные почвы в настоящее время в пределах города не

Площади почв с различными показателями рН и БАП на территории Усть-Илимска

| рН | Площадь, га (%) | БАП, ч | Площадь, га (%) |
|---------|-----------------|---------|-----------------|
| 6,6–6,7 | 493,6 (2,3) | 2,7–3,1 | 258,1 (1,2) |
| 6,7–6,8 | 499,5 (2,3) | 3,1–3,5 | 1132,4 (5,3) |
| 6,8–6,9 | 390,9 (1,8) | 3,5–3,9 | 1278,4 (6,0) |
| 6,9–7,0 | 491,4 (2,3) | 3,9–4,3 | 1195,4 (5,5) |
| 7,0–7,1 | 2943,5 (13,6) | 4,3–4,7 | 1313,6 (6,1) |
| 7,1–7,2 | 3447,4 (16,0) | 4,7–5,1 | 2900,5 (13,4) |
| 7,2–7,3 | 2395,5 (11,1) | 5,1–5,5 | 2999,5 (13,9) |
| 7,3–7,4 | 2587,9 (12,0) | 5,5–5,9 | 4090 (18,9) |
| 7,4–7,5 | 3389,4 (15,7) | 5,9–6,3 | 4519 (20,9) |
| 7,5–7,6 | 3680,8 (17,0) | 6,3–6,7 | 435,7 (2,0) |
| 7,6–7,7 | 1151,8 (5,3) | 6,7–7,1 | 372,5 (1,7) |
| 7,7–7,8 | 123,5 (0,6) | 7,1–7,5 | 411,9 (1,9) |
| – | – | 7,5–7,9 | 431,4 (2,0) |
| – | – | 7,9–8,2 | 256,8 (1,2) |

Примечание. Прочерк — нет данных.

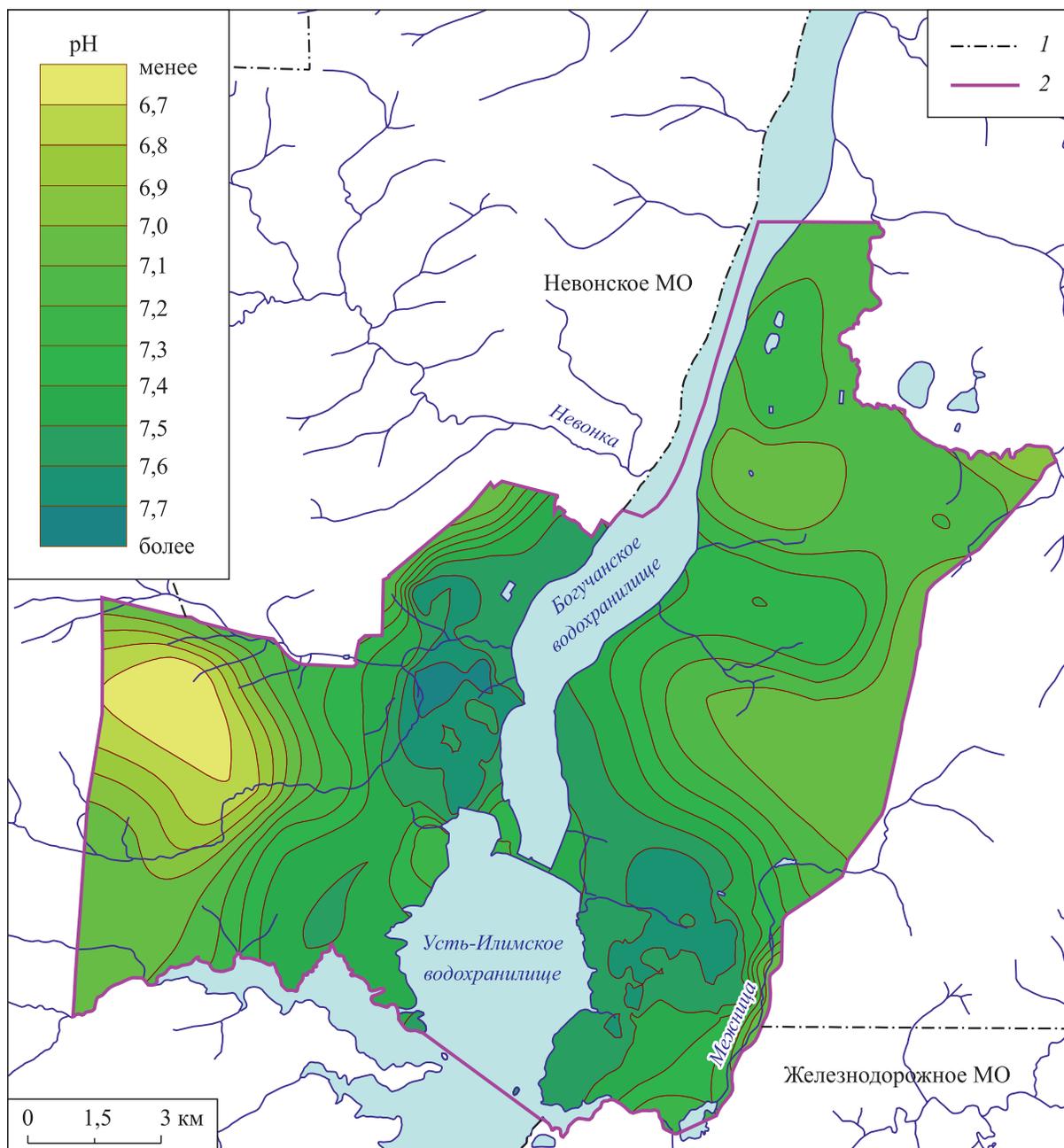


Рис. 1. Распределение значений рН в почвах Усть-Илимска.

Границы: 1 — муниципальных образований, 2 — городских округов.

выявлены. Реакция среды контрольных почв естественных ландшафтов находится в интервале рН 6,3–6,7. Сравнительный анализ кислотно-щелочных свойств почв Усть-Илимска с характеристиками почв близлежащего Братска [16] показал, что последние претерпели более существенную трансформацию. Это можно связать с более мощным техногенным воздействием на почвы Братска [17].

Уровень биохимической активности почв (БАП) выражает ее полифункциональный характер и колеблется от 2,7 до 8,2 ч на территории города. Картографическое отображение данных представлено на рис. 2. Почвы можно условно разделить на две группы — с очень высокой (от 2,7 до 5,1 ч) и высокой (от 5,2 до 8,2 ч) биохимической активностью. Первая группа почв занимает 5938,1 га территории (32,9 %), вторая — 12 102,4 га (67,1 %).

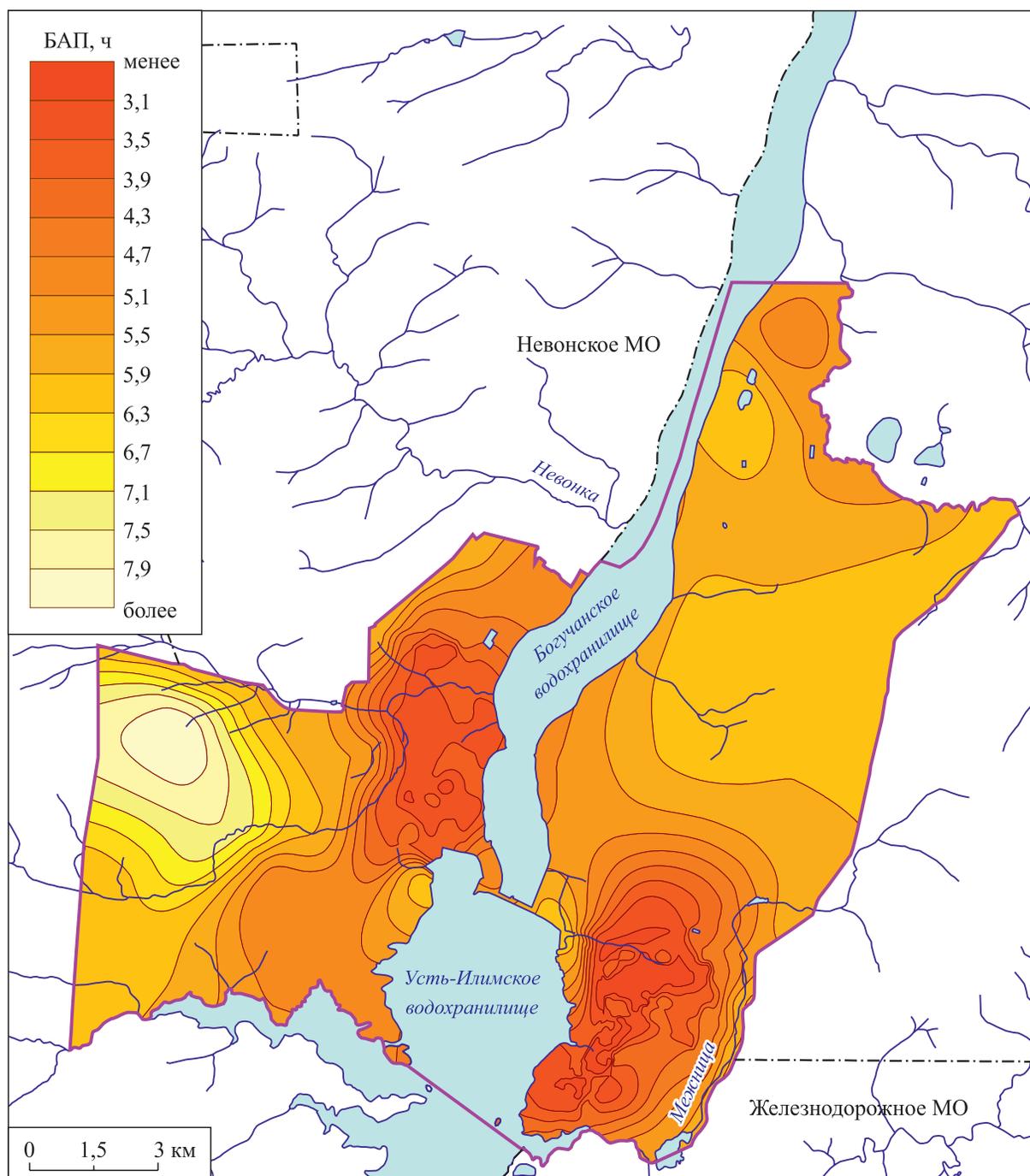


Рис. 2. Распределение значений БАП в почвах Усть-Илимска.

Усл. обозн. — см. рис. 1.

В северо-западной и западной частях Старого города уровень БАП низкий — 6,7–8,2 ч. В северо-западной части выделяется ареал с самым низким значением БАП, что вполне ожидаемо, так как территория примыкает к естественным ландшафтам.

В Новом городе южную часть территории занимает селитебная зона, где показатели БАП высокие — 2,7–5,1 ч. Это свидетельствует о значительной трансформации почвенного покрова под влиянием процессов урбанизации. Центральная и восточная части Правобережья отличаются широким распространением почв со значениями БАП 5,5–5,9 ч. Это буферная (преимущественно зеленая) зона

между селитебной и промышленной (ЛПК, ЦЗ) территориями. Почвенный покров промышленной зоны в северо-восточной части города характеризуется показателями от 5,5 до 6,3 ч, что может быть связано с влиянием химических веществ, выделяемых в процессе переработки древесины и варки целлюлозы. Значения БАП Усть-Илимска сходны с таковыми Братска и Усолья-Сибирского.

Выявлена корреляция между БАП и величиной рН, которая выражалась полиномом второй степени. Статистическая обработка данных отразила неоднородность исходной выборки. Значения БАП в корреляционном поле группируются вертикально относительно значений рН. Иными словами, при разных величинах рН проявляется весь диапазон значений БАП. Данный факт обусловил коэффициент корреляции, согласно шкале Чеддока [18], по количественной мере тесноты связи +0,2, что по качественной характеристике означает «слабый, но положительный». Исходные данные по отдельным районам города показали иной результат: коэффициент корреляции достигает +0,5, что по шкале Чеддока считается значимым. Выявленные особенности взаимосвязи БАП и рН отличают почвы Усть-Илимска от других городов Приангарья [7–9].

Стоит подчеркнуть, что вектор исследований совпадает с новым научным направлением экологической реконструкции и оздоровления урбанизированной среды [19].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты базируются на экологически ориентированном биоиндикационном подходе и представляют собой новые данные, дополняющие наши знания об эколого-биохимических функциях почвенного покрова Усть-Илимска. БАП и рН, будучи интегральными показателями, позволили оценить степень влияния урбанизации и техногенеза на городские почвы. Почвенный покров города характеризуется нейтральными (50,6 % от общей территории города) и слабощелочными (43,9 %) значениями рН.

На этом фоне выявлены высокие и очень высокие значения БАП. В Новом городе, как и в Старом, высокие значения БАП приурочены к селитебной зоне. Это говорит о техногенно спровоцированном метаболическом прогрессе, приводящем почвенную систему к экологическому регрессу, т. е. к потере биогенного азота. Корреляционный анализ выявил тренд от слабой до значимой, но положительной взаимосвязи щелочно-кислотных условий и биохимической активности почв. Коэффициент аппроксимации (R^2) положительный и колеблется от 0,2 до 0,5. Результаты этих исследований представлены на оригинальных геоинформационных картах. Они выявили пространственную изменчивость изучаемых характеристик почвы индустриального города. Оценка пространственного распределения изучаемых параметров показала разнородную и частично локальную картину во всех функциональных зонах. Опыт такой реализации является географическим аспектом изучения проблемных территорий городов. Настоящее исследование можно считать определенным вкладом в экспериментальную географию.

Помимо научной новизны, работа имеет практическую направленность, так как ориентирована на информационное обеспечение и обладает прогностическим характером. Полученные данные будут полезны при наблюдении за состоянием почвы и разработке рекомендаций для дальнейшего обустройства индустриального города в условиях Восточной Сибири.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Напрасникова Е.В., Снытко В.А. Щелочно-кислотные условия и биохимическая активность как показатель антропогенной изменчивости почв Прибайкалья // География и природ. ресурсы. — 2001. — № 4. — С. 139–141.
2. Напрасникова Е.В. Уреазная активность и рН как показатели экологического состояния почв городов Восточной Сибири // Почвоведение. — 2005. — № 11. — С. 1345–1352.
3. Меркулова М.Ю., Тихомирова Е.И., Абросимова О.В. Комплексный мониторинг экологического состояния урбаноземов по биологическим показателям (на примере г. Саратова) // Теоретическая и прикладная экология. — 2015. — № 4. — С. 25–29.
4. Ивашкина И.В., Кочуров Б.И. Урбозкодиагностика и сбалансированное развитие Москвы. — М.: ИНФРА-М, 2019. — 202 с.
5. Burghardt W. Soils in urban and industrial environments // Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde. — 1994. — Vol. 157, Issue 3. — P. 205–214.

6. **Lehmann A., Stahr K.** Nature and significance of anthropogenic urban soils // Journ. of Soils & Sediments. — 2007. — Vol. 7, Issue 4. — P. 247–260.
7. **Напрасникова Е.В., Истомина Е.А.** Почвенный покров на территории города Ангарска: эколого-биохимический и картографический аспект // География и природ. ресурсы. — 2012. — № 4. — С. 53–57.
8. **Напрасникова Е.В., Распутина Е.А.** Состояние урбаноземов в период действия Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (картографический аспект) // Геодезия и картография. — 2019. — Т. 80, № 4. — С. 26–31.
9. **Напрасникова Е.В., Сороковой А.А., Емельянова Н.В.** Эколого-биохимические особенности почвенного покрова индустриального города Восточной Сибири // Успехи современного естествознания. — 2019. — № 9. — С. 73–78.
10. **Официальный сайт** Администрации города Усть-Илимска [Электронный ресурс]. — <https://www.ust-ilimsk.ru/nash-gorod/galereya> (дата обращения 08.12.2020).
11. **Магомедов М.М.** Природные ресурсы Усть-Илимского района. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2005. — 219 с.
12. **Строганова М.И., Мягкова А.Д., Прокофьева Т.В.** Роль почв в городских экосистемах // Почвоведение. — 1997. — № 1. — С. 96–101.
13. **Аристовская Т.В., Чугунова М.В.** Экспресс-метод определения биологической активности почв // Почвоведение. — 1989. — № 11. — С. 142–147.
14. **ГОСТ 17.4.02–84.** Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. — М.: Изд-во стандартов, 1984. — С. 4.
15. **Нецветаева О.Г., Ходжер Т.В., Оболкин В.А., Кобелева Н.А., Голобокова Л.П., Коровякова И.В., Чубаров М.П.** Химический состав и кислотность атмосферных осадков в Прибайкалье // Оптика атмосферы и океана. — 2000. — Т. 13, № 6. — С. 24–29.
16. **Напрасникова Е.В., Истомина Е.А.** Исследование и картографирование эколого-биохимического состояния почв города Братска // Геодезия и картография. — 2018. — Т. 79, № 5. — С. 20–26.
17. **Давыдова Н.Д.** Техногенные потоки и дифференциация вещества в геосистемах // Географические исследования в Сибири. — Новосибирск: Наука, 2007. — Т. 2. — С. 261–276.
18. **Ишханян М.В., Карпенко Н.В.** Эконометрика. Ч. 1: Парная регрессия: Учебное пособие. — М.: Изд-во Моск. ун-та путей сообщения (МГУПС – МИИТ), 2016 — 117 с.
19. **Фоков Р.И.** Экологическая реконструкция и оздоровление урбанизированной среды. — М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2012. — 304 с.

Поступила в редакцию 08.02.2021

После доработки 14.04.2021

Принята к публикации 24.06.2021