



УДК 631.46:528.92(571.51)

Исследование и картографирование эколого-биохимических особенностей почв г. Саяногорска

Е. В. Напрасникова, Е. А. Истомина

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН

Аннотация. Изложен эколого-биохимический принцип и опыт его реализации в изучении почв урбанизированных территорий в условиях Койбальской степи Красноярского края. Информативными критериями современного состояния городских почв приняты степень биохимической активности почв и щелочно-кислотная обстановка, относящиеся к интегральным показателям. Основопологающей методикой для проведения массовых лабораторных анализов биохимической активности почв, характеризующей большую территорию, явился экспресс-метод Т. В. Аристовской, М. В. Чугуновой. Выявлено, что степень активности изучаемых почв индустриального г. Саяногорска колеблется от низкой до очень высокой. Почвы с высокой активностью преобладают по площади так же, как и оптимальные для этого условия в виде слабощелочной реакции среды. Иными словами, на основе экспериментальных результатов дана количественно-качественная оценка функционирования почв в условиях урбанизации и техногенеза. На базе полученных данных по точечным измерениям в геоинформационной среде методом IDW Nearest Neighbors были построены карты изолиний, что является географическим аспектом исследований проблемных территорий. Учитывая специфику промышленности города, было уделено должное внимание содержанию в почве некоторых тяжелых металлов I и II класса опасности с учетом жестких одновременно допустимых концентраций (ОДК) как фона, на котором протекают сложные почвенно-биохимические процессы. Выявлен сравнительно высокий уровень загрязнения почв тяжелыми металлами. Загрязнение почвенного покрова города данными химическими элементами очень мозаично, что согласуется с его гетерогенностью и варьированием щелочно-кислотных условий.

Ключевые слова: г. Саяногорск, почвенный покров, биохимическая активность, щелочно-кислотные условия, тяжелые металлы, картографирование.

Введение

Наблюдение за функционированием почвенного покрова любого города, а особенно индустриального, является своевременной и актуальной научной задачей. Принимая во внимание, что почвы и почвенный покров являются экологическим ядром городской среды и в то же время важным фактором ее экологического состояния, мы продолжаем многолетние исследования. Научная новизна работы заключается в том, что впервые для г. Са-

яногорска выполнено детальное исследование почвенно-биохимических особенностей с их картографическим отображением.

Проблема особенно актуальна в условиях ранимой природы Сибири, где самоочищающая способность почв снижена. Данная работа является продолжением инициированного цикла статей [8–10], посвященных влиянию процессов урбанизации и техногенеза на незаменимый и неотъемлемый компонент биосферы – почву.

Основная цель представленной экспериментальной работы – изучение и картографирование современного эколого-биохимического состояния почв г. Саяногорска в условиях Койбальской степи Красноярского края.

Подходы, методы и объекты исследования

Поскольку любой подход подразумевает стратегию исследований, целесообразно рассмотреть некоторые исходные методологические предпосылки. Учитывая особенности и отчасти феноменальные свойства почвы, мы выбрали информационный и биохимический подходы.

Одной из основополагающих концепций информационного подхода [11] является концепция о двуединой природе почвы, согласно которой почвенное тело состоит из «почвы-памяти» – комплекса устойчивых свойств и признаков, возникающих в ходе всей истории, и «почвы-момента» – совокупности наиболее изменчивых процессов и мобильных признаков свойств почвы в момент наблюдения. Кроме того, с учетом принципов биодиагностики в свете учения о функциях почв в биосфере и экосистемах [5] информативными критериями современного состояния городских почв нами приняты степень биохимической активности почв (БАП) и щелочно-кислотная обстановка (рН), относящиеся к интегральным показателям. Следует подчеркнуть, что БАП не только интегральный показатель, но и индикатор современного режима и жизни почвы, поскольку уровень ферментов, с которыми сопряжены биохимические процессы, изменяется адекватно изменениям экологических условий, в то время как физические и химические свойства заложены в ее «памяти». Более того, эти показатели характеризуют систему не только с количественной стороны, но и с качественной, так как речь идет о направленности сложных почвенных процессов.

Иными словами, нами осуществлена разработка оперативной оценки почвенно-экологических ситуаций, включающей задачу нахождения интегральных высокоиндикационных показателей. Таковыми оказалась система взаимосвязей биохимической активности почв и их щелочно-кислотных условий. Идея такого подхода была реализована при изучении городов Восточной Сибири и получила освещение в печати ранее [8; 10].

Основополагающей методикой для проведения массовых лабораторных анализов биохимической активности почв, характеризующей большую территорию, явился экспресс-метод Т. В. Аристовской, М. В. Чугуновой [1]. Сущность методики состоит в регистрации скорости (в часах) разложения азотсодержащего органического соединения (карбамида). Данный метод считается весьма чувствительным и позволяет не только выявить различия

между контрастными в тех или иных отношениях объектами, но и дифференцировать почвы по их биопотенциалу. Этот способ в определенной степени облегчает задачу оценки современного состояния активности почв в силу своей оперативности и в то же время информативности, так как показывает особенности одного из функциональных звеньев в биогеохимическом цикле азота.

Отбор почвенных образцов и пробоподготовка проводились в вегетационный период на опорных площадках исключительно во всех функциональных зонах города, отражающих максимально возможное разнообразие городской среды и имеющих отличие по степени антропогенного воздействия. Из 10–15 отдельных проб готовился смешанный образец (для снятия гетерогенности среды) согласно методическим указаниям [7].

Щелочно-кислотные условия регистрировались потенциометрическим методом. Концентрация химических элементов определена на приборе Optima 2000DV (оптический эмиссионный спектрометр с индукционной плазмой и компьютерным управлением, фирма Perkin Elmer LLC, США) в аккредитованном химико-аналитическом центре Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН.

На основании полученных данных, по точечным измерениям в геоинформационной среде методом IDW Nearest Neighbors были построены карты изолиний [2].

Методы создания поверхностей заложены во многих ГИС-программах и содержат стандартный набор алгоритмов интерполяции (метод ближайшего соседа, фиксированного радиуса, сплайн и т. д.). В данном случае выбран метод K-ближайших соседей, так как он не требует регулярной сети точечных данных. При расчете значения для определенной ячейки карты учитывались 12 ближайших объектов – точек с известными значениями показателей. Ячейке присваивалось средневзвешенное значение, вес каждого из 12 объектов уменьшался с увеличением расстояния до ячейки. В итоге получены изолинейные карты распределения pH и БАП, характеризующие изучаемые почвы в реальном времени.

Экспериментальными исследованиями охвачен почвенный покров молодого индустриального города Саяногорска в условиях Южно-Минусинской котловины (Республика Хакасия). Котловина относится к числу наиболее освоенных районов юга Красноярского края как в промышленном, так и в сельскохозяйственном отношении. Здесь создан Саяно-Шушенский промышленный комплекс, в Койбальской степи построен Саяногорский алюминиевый завод (САЗ), работающий на полную мощность с 1999 г. Первый алюминий был получен в 1980-х гг.

Город расположен на левом берегу р. Енисея у подножия Саянских гор (в 80 км к югу от г. Абакана) в степной зоне. Саяногорск основан в 1975 г., строился согласно Генплану, предусматривающему в нем десять жилых микрорайонов. Общая площадь города составляет 19 км². Климат умеренно континентальный. Годовое количество осадков – 250–300 мм, большая часть

осадков выпадает в основном в теплый период времени. Продолжительность вегетационного периода – 160 дней.

Почвенный покров района исследований представлен средне- и легкосуглинистыми, реже супесчаными малогумусными черноземами с небольшой мощностью профиля. Преобладают обыкновенные и южные черноземы. В более засушливой части на древнеаллювиальных равнинах распространены темно-каштановые почвы (с разным содержанием гумуса) в комплексе с солончаками, солонцами и солонцеватыми почвами. На территории города естественный почвенный покров большей частью отсутствует. Почвы селитебных зон различаются по характеру формирования, мощности, свойствам почвообразующего материала и органогенного слоя, по количеству и составу включений (строительный и бытовой мусор, промышленные отходы) и т. д. Для большинства городских почв характерно отсутствие генетических горизонтов и наличие различных по окраске и мощности слоев искусственного происхождения. Почвы г. Саяногорска в этом плане не являются исключением и представлены, согласно современной классификации и диагностике, в своем большинстве урбаноземами, реплантоземами и культуроземами [12].

Как было отмечено выше, Саяногорск относится к промышленным городам. Здесь развита энергетика и металлургия. По данным Н. Д. Давыдовой [4], специфическими элементами выбросов САЗа, загрязняющими почвенные растворы, являются фтор и натрий. Уровень содержания водорастворимого фтора в почвах зоны воздействия пылегазовых эмиссий САЗа находится в пределах 1–4 ПДК.

Учитывая специфику промышленности города, было уделено должное внимание содержанию в почве некоторых тяжелых металлов I и II класса опасности с учетом жестких ОДК [3] как фона, на котором протекают сложные почвенно-биохимические процессы.

Современный растительный покров значительно видоизменен деятельностью человека, но при этом сохранил черты коренной структуры. По классификации Е. М. Лавренко [6] степи Южно-Минусинской котловины относятся к настоящим змеевково-тырсовым и вострцово-тырсовым. Следует отметить, что в г. Саяногорске доминируют разнотравно-злаковые растительные ассоциации. Содоминирующие – злаково-бобовые с ковылем и полынью.

Обсуждение результатов

Изучение состояния окружающей среды городов предусматривает геохимические исследования атмосферы и почв. Техногенез, который включает в понятие антропогенное геохимическое воздействие, параллельно с процессом урбанизации оказывает влияние на территорию. В этой связи, прежде чем перейти к обсуждению основного материала, приведем краткую геохимическую характеристику почв как фона, на котором протекают изучаемые процессы.

Элементы, выбранные для характеристики почв, являются приоритетными не только для металлургической промышленности, но и для потоков,

образующихся в ходе хозяйственно-бытовой деятельности городского населения, более того, они входят в перечень СанПиН качества почвы в отношении тяжелых металлов. Ими явились следующие: Zn, Cr, Cu, Ni, Pb, Cd. Значения ОДК взяты из нормативных документов ГН 2.1.7. 2511-09.

Общий анализ данных по содержанию тяжелых металлов показывает, что все элементы (за крайне редким исключением) превышают ОДК в несколько раз. Так, концентрация Zn в разных пробах превышает ОДК от 1,3 до 20 раз. Содержание Cr превосходит допустимые нормы от 1,3 до 4,5 (реже равно или меньше ОДК). Содержание Cu во всех микрорайонах города незначительное (превышает ОДК в 1,3–1,4 раза), а в некоторых почвах ниже его нормативов. Фиксируется повышенное относительно ОДК содержание Ni (от 2,9 до 5,6 раза). При этом важно отметить, что большинство микрорайонов города имеют сходство по концентрации данного элемента в почвах. Содержание Pb во всех почвенных образцах следует считать высоким. Его количество превышает нормативы на территории города от 1,8 до 5,9 ОДК. Более напряженная картина просматривается с концентрацией Cd. Данный элемент для всех образцов значительно превышает нормативы и колеблется в широком диапазоне показателей (от 20 до 100 ОДК). Такой уровень содержания элемента приближается к опасному.

Структура загрязнения почв Саяногорска тяжелыми металлами весьма хаотична. Однако один из микрорайонов (Енисейский), расположенный вдоль берега Енисея, можно охарактеризовать как район со сравнительно низким уровнем загрязнения. Сходство с данным районом по уровню загрязнения имеет микрорайон в самом центре города (Центральный). Данный факт можно считать положительным моментом в краткой геохимической характеристике города. Кроме тяжелых металлов, представилась возможность определить содержание нефтепродуктов как дополнительный показатель загрязнения почв индустриального города. Хорошо известно, что величина нефтепродуктов, превышающая 100 мг/кг, уже позволяет считать почву загрязненной. В исследуемых почвах уровень накопления данных продуктов колеблется от 143 до 428 мг/кг. В условно контрольной почве (сопредельная территория города) зарегистрированы значения от 132 до 158.

Определение степени биохимической активности позволило выделить три основные группы почв: первая группа – от 3,5 до 4,5 ч (далее единиц) с очень высокой активностью; вторая – от 5,0 до 6,0 ед. – с высокой и третья группа почв со средней активностью (от 6,5 ед. и более). Что касается промышленной зоны САЗа, то она находится на расстоянии более 15 км от города, и ее исследование является предметом отдельного рассмотрения. В итоге БАП в условиях городских геосистем можно отнести к активным и среднеактивным. Такой уровень активности почв согласуется с щелочно-кислотными условиями среды, а следовательно, с оптимумом для протекания гидролитического процесса, связанного с превращением органогенного элемента азота. При этом важно заметить, что если процесс урбанизации усилит данную функцию, то почва может терять азот при разложении азото-

содержащих органических веществ. Данный факт будет расцениваться как экологический регресс.

Величина pH почв рассматривается в качестве одной из важнейших интегральных почвенных характеристик, если учесть, что в условиях урбанизации и техногенеза она претерпевает существенную трансформацию. В условиях Сибири, где не наблюдаются «кислотные дожди», как правило, pH почв смещается в щелочную сторону. Выявлено, что показатели pH городских почв колеблются в сравнительно узких пределах – от 6,9 до 7,7 ед. На основании этих результатов и созданы изолинейные карты (рис.). На одной из них (см. рис., а) видно, что очень низких и очень высоких значений pH почв не зафиксировано. Иными словами, слабокислые и сильнощелочные почвы на настоящий момент времени отсутствуют.

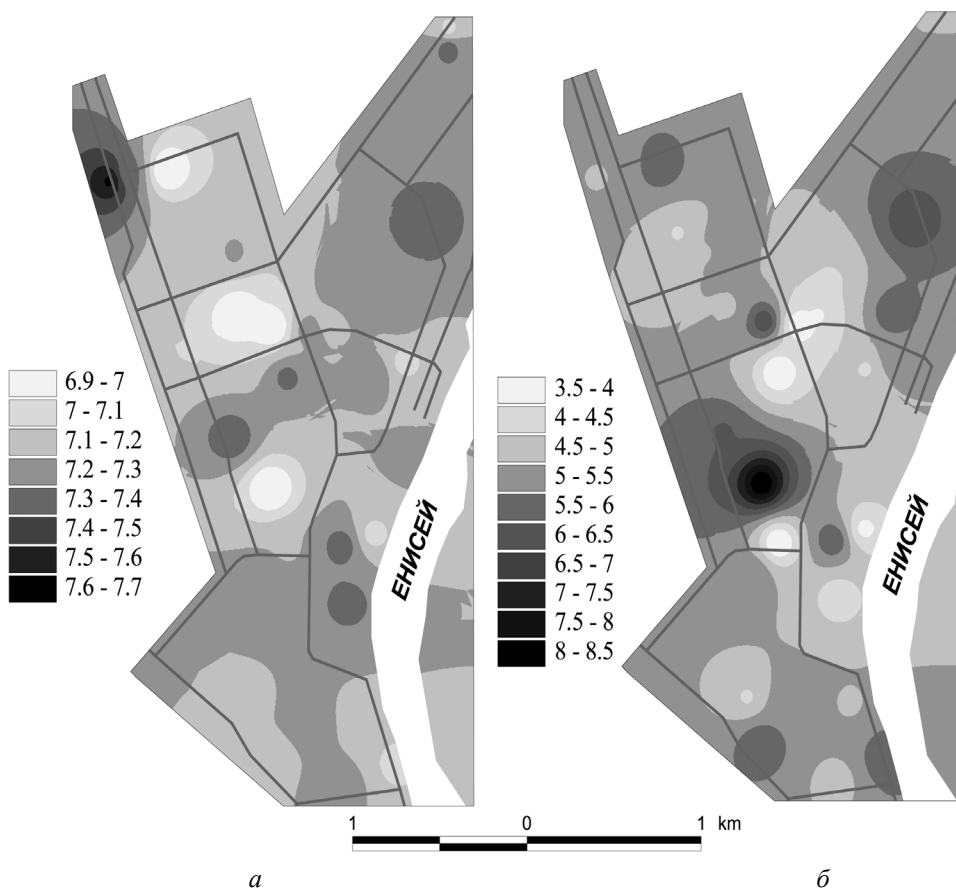


Рис. Распределение значений pH (а) и уровней биохимической активности почв, ед., (б) г. Саяногорска

Расчеты показали, что площадь почвенного покрова с нейтральными значениями рН невысокая и составляет 3,8 % (здесь и далее по тексту процент от площади исследуемой территории города, представленной на карте). В абсолютном значении это небольшая территория – всего 0,72 км². Еще меньшее распространение в городе получили почвы щелочные (7,5–7,7 ед. рН), которые, как видно на карте, проявились локально. Они занимают 3,5 % от исследуемой площади города, или в абсолютном отношении – 0,66 км². Массивы со слабощелочными почвами (7,2–7,5 ед.) преобладают и занимают 92,6 % от общей площади города, что составляет 17,62 км². Они приурочены в основном к селитебной зоне. Несмотря на значительный перевес слабощелочных почв, общая пространственная характеристика щелочно-кислотных условий определяется как разнородная. На карте хорошо выражены ареалы почв с высокими значениями рН, которые мозаично встроились в общую систему почвенного покрова.

Результаты определения уровня БАП представлены на карте (см. рис., б). Характер пространственной изменчивости уровня активности почв, как и в случае со значениями рН, достаточно мозаичный. Первая группа почв с очень высокой активностью занимает от общей площади города всего 4,6 %, или 0,87 км². Вторая группа – с высокой активностью – занимает в общей сложности 17,26 км², что соответствует 90,8 %. Небольшая доля (4,6 %) приходится на третью группу со средней активностью, которая, так же как и с очень высокой, локально отмечается на территории города и занимает 0,87 км². Наблюдается определенная локализация ареалов с низкой активностью почв, так же как и в случае щелочно-кислотных показателей.

Следует особо подчеркнуть, что и высокая, и низкая активность почв не может считаться с экологических позиций положительным моментом, поскольку свидетельствует о тенденции к нарушению механизмов регуляции, связанных с метаболизмом органических веществ. Данному явлению могут способствовать не только щелочно-кислотные условия, но и термический режим почв в условиях Койбальской степи Южно-Минусинской котловины.

На основе полученных результатов БАП и рН почв г. Саяногорска был проведен корреляционный анализ между этими показателями. Коэффициент корреляции Пирсона (R) оказался статистически несущественным. Однако направленность гидролитических процессов органического вещества прослеживается. Почвы с высокой активностью преобладают по площади так же, как и оптимальные для этого условия в виде слабощелочной реакции среды.

Заключение

Техногенная нагрузка на окружающую среду усиливается, при этом трансформация компонентов биосферы в данной ситуации неизбежна. В этой связи оправданна необходимость проведения научных исследований почвенных режимов геосистем в условиях Сибири. Определение тяжелых металлов, относящихся к I и II классу опасности, как фона для протекания биохимических процессов выявило превышение нормативных показателей. Высокий уровень загрязнения определяется элементами I класса опасности: Zn, Pb, Cd.

Результаты экспериментального изучения интегральных показателей почвенного покрова (рН, биохимическая активность), проведенного в рамках комплексных исследований территории, позволили охарактеризовать его состояние и выполнить картографическое отображение. Опыт такой реализации является географическим аспектом исследований проблемных территорий.

В работе представлены изолинейные карты распределения неоднородных значений рН и уровней биохимической активности почв города. Метод геоинформационного картографирования органически дополнил, а главное – уточнил изучаемые качественные и количественные характеристики почв урбанизированной территории. Он позволил рассмотреть характер их пространственного распределения и количественно оценить площадь почв города с определенными значениями БАП и рН. Данные показатели считаются не только информативными в реальном времени, но и прогностическими, так как представляют тренды процессов. Интерпретация полученных результатов дала возможность выявить спектр степени биохимической активности изучаемых почв, который колеблется от низкого до очень высокого, что связано, на наш взгляд, с воздействием различных природных и антропогенных факторов.

Итак, получены новые экологические знания, выявлены тенденции направленности почвенно-биохимических процессов под действием урбанизации и техногенеза, что считается важным вопросом при изучении территорий Сибири. Кроме научной новизны, исследования имеют и практическую направленность, ориентированную на информационное обеспечение. Они будут полезны для проведения обустройства города (в том числе озеленения) или его отдельных районов в целях улучшения качества среды обитания человека. Сказанное выше согласуется с новой концепцией экологической реконструкции и оздоровления урбанизированной среды в рамках устойчивого развития [13].

Список литературы

1. *Аристовская Т. В.* Экспресс-метод определения биологической активности почв / Т. В. Аристовская, М. В. Чугунова // Почвоведение. – 1989. – № 11. – С. 142–147.
2. *Баранов Ю. Б.* Толковый словарь по геоинформатике: ГИС-обозрение / Ю. А. Баранов, А. М. Берлянт, А. В. Кошкарев. – 1998. – CD-ROM.
3. *Гигиенические нормативы* / под. ред. Г. Г. Онищенко. – СПб. : Проффессионал, 2011. – С. 118.
4. *Давыдова Н. Д.* Техногенные потоки и дифференциация вещества в геосистемах / Н. Д. Давыдова // Географические исследования в Сибири. – Новосибирск : Наука, 2007. – Т. 2, С. 261–276.
5. *Добровольский Г. В.* Функции почв в биосфере и экосистема / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1990. – 261 с.
6. *Лавренко Е. М.* Растительный покров СССР / Е. М. Лавренко. – М. ; Л. : Наука, 1956. – Т. 2. – С. 595–730.
7. *Методические указания.* Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору почв. ГОСТ 17.02–84. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – С. 4.

8. *Напрасникова Е. В.* Щелочно-кислотные условия и биохимическая активность как показатель антропогенной изменчивости почв Прибайкалья / Е. В. Напрасникова, В. А. Снытко // География и природ. ресурсы. – 2001. – № 4. – С. 139–141.

9. *Напрасникова Е. В.* Уреазная активность и pH как показатели экологического состояния почв городов Восточной Сибири / Е. В. Напрасникова // Почвоведение. – 2005. – № 11. – С. 1345–1352.

10. *Напрасникова Е. В.* Почвенный покров на территории города Ангарска: эколого-биохимический и картографический аспект / Е. В. Напрасникова, Е. А. Истомина // География и природ. ресурсы. – 2012. – № 4. – С. 53–57.

11. *Соколов И. А.* Взаимодействие почвы и среды / И. А. Соколов, В. О. Таргульян. – М. : Изд-во АН СССР, 1976. – 187 с.

12. *Строганова М. И.* Роль почв в городских экосистемах / М. И. Строганова, А. Д. Мягкова, Т. В. Прокофьева // Почвоведение. – 1997. – № 1. – С. 96–101.

13. *Фоков Р. И.* Экологическая реконструкция и оздоровление урбанизированной среды / Р. И. Фоков. – М. : Изд-во Ассоциации строит. вузов, 2012. – 304 с.

Investigation and Mapping of the Ecologo-Biochemical Properties of Soils in the City of Sayanogorsk

E. V. Naprasnikova, E. A. Istomina

V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS

Abstract. This paper outlines the ecologo-biochemical principle and experience of its implementation in the study of soils of urbanized territories in conditions of the Koibalskaya steppe of Krasnoyarsk krai. The degree of biochemical activity of soils and the alkaline/acid situation that refer to the integral indicators are used as the information criteria for the present state of urban soils. T. V. Aristovskaya's – M. V. Chugunova's proximate method was the basic technique of carrying out routine laboratory analyses of soil biochemical activity characterizing a large territory. It was found that the degree of activity of the soils studied in the industrial city of Sayanogorsk varies from low to very high. Soils with high activity are dominant in the area, as also do the optimal soils for this condition in the form of a weakly alkaline reaction of medium. In other words, experimental results were used to make a quantitative-qualitative assessment of the functioning of soils in conditions of urbanization and technogenesis. On the basis of data obtained and point-to-point measurements in the geoinformation environment, the IDW Nearest Neighbors method was employed in constructing the isolines maps, which is the geographical aspect of research into problem territories. In view of the specific character of the urban industry, proper attention was paid to the content levels of some heavy metals of hazard class I and II in the soil having regard to stringent tentative allowable concentrations (TAC) as the background where complex soil-biochemical processes are taking place. The study revealed a relatively high level of soil pollution by heavy metals. Pollution of the urban soil cover by these chemical elements shows a highly random pattern, in agreement with its heterogeneity and variation in alkaline/acid conditions.

Keywords: Sayanogorsk, soil cover, biochemical activity, acid-alkaline conditions, heavy metals, mapping.

References

- Aristovskaya T.V., Chugunova M.V. The proximate method for determining the biological activity of soils. *Pochvovedenie*, 1989, no 11, pp.142–147.
- Baranov Yu.B. Berlyant A.M., Koshkarev A.V. Glosary of Geoinformatics: GIS Review. 1998, CD-ROM.
- Hygienic Normatives, G.G. Onishchenko (ed.). St. Petersburg, Professional, 2011. 118 p.
- Davydova N.D. Technogenic flows and differentiation of matter in geosystems. *Geographical Research in Siberia*. Novosibirsk, Nauka, 2007, vol. 2, pp. 261–276.
- Dobrovol'skii G.V., Nikitin E.D. The Functions of Soils in Biosphere, and the Ecosystem. Moscow, Moscow Univ., 1990. 261 p.
- Lavrenko E.M. Vegetation Cover of the USSR. Moscow, Leningrad, Nauka, 1956, vol. 2, pp. 595–730.
- Procedural Instructions. Nature Conservation. Soils. Generation Requirements for Soil Sampling. GOST 17.02-84. Moscow, Izd-vo Standartov, 1984. 4 p.
- Naprasnikova E.V., Snytko V.A. Acid-alkaline conditions and biochemical activity as the indicator of anthropogenic variability in soils of Cisbaikalia. *Geogr. Prir. Resur.*, 2001, no 4, pp. 139–141.
- Naprasnikova E.V. Urease activity and pH as indicators of the soil status in the cities of East Siberia. *Pochvovedenie*, 2005, no 11, pp. 1345–1352.
- Naprasnikova E.V., Istomina E.A. Soil cover on the territory of the city of Angarsk: The ecologo-biochemical and cartographic aspects. *Geogr. Prir. Resur.*, 2012, no 4, pp. 53–57.
- Sokolov I.A., Targulyan V.O. The Soil-Environment Interaction. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1976. 187 p.
- Stroganova M.I., Myagkova A.D. and Prokofyeva T.V. The role of soils in urban ecosystems. *Pochvovedenie*, 1997, no. 1, pp. 96–101.
- Fokov R.I. Ecological Reconstruction and Rehabilitation of the Urbanized Environment. Moscow, Izd-vo Assotsiatsii Stroitel'nykh Vuziv, 2012. 304 p.

Напрасникова Елизавета Викторовна
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
тел.: (3952)42-70-89
e-mail: napev@irigs.irk.ru

Naprasnikova Elizaveta Viktorovna
Candidate of Sciences (Biology)
Senior Research Scientist
V. B. Sochava Institute of Geography
SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952)42-70-89
e-mail: napev@irigs.irk.ru

Истомина Елена Александровна
кандидат географических наук,
старший научный сотрудник
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
тел.: (3952)42-67-95
e-mail: elena@irigs.irk.ru

Istomina Elena Aleksandrovna
Candidate of Sciences (Geography),
Senior Research Scientist
V. B. Sochava Institute of Geography
SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952)42-67-95
e-mail: elena@irigs.irk.ru