



Серия «Биология. Экология»
2019. Т. 30. С. 93–104
Онлайн-доступ к журналу:
<http://izvestiabiio.isu.ru>

ИЗВЕСТИЯ
Иркутского
государственного
университета

УДК 631.4+911.3:338.483
DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2019.30.93>

Экологическая устойчивость почвенно-геолого-геоморфологических ландшафтных комплексов в пределах г. Иркутска

Н. А. Мартынова, В. М. Белоусов, В. Я. Кузеванов

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
E-mail: natamart-irk@yandex.ru

Аннотация. Проанализировано экологическое состояние природно-антропогенных ландшафтов г. Иркутска и его окрестностей. Исследовано влияние природных и антропогенно-техногенных факторов на формирование и свойства почв, биологическое разнообразие и продуктивность природных систем, их природно-ресурсный потенциал. Проведены анализ и оценка экологической устойчивости изученных ландшафтов и типизация почвенно-геолого-геоморфологических ландшафтных комплексов, выделенных по типу их относительной устойчивости. Составлена карта-схема выделенных комплексов в пределах г. Иркутска.

Ключевые слова: почвенно-экологический потенциал, экология почв и биоценозов, биоразнообразие, устойчивость почвенного покрова, охрана ландшафтов, зелёная зона, почвенно-геоморфологические комплексы.

Для цитирования: Мартынова Н. А., Белоусов В. М., Кузеванов В. Я. Экологическая устойчивость почвенно-геолого-геоморфологических ландшафтных комплексов в пределах г. Иркутска // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2019. Т. 30. С. 93–104. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2019.30.93>

Введение

Современный облик ландшафтов городских территорий формируется в значительной мере под воздействием антропогенного фактора, роль и значение которого с течением времени увеличивается, сокращая естественные ландшафты города и его окрестностей [Перельман, 1955, 1975, 1991]. С усилением урбанизации нагрузка на естественные компоненты городской среды постоянно возрастает. Почвенно-растительный покров г. Иркутска и его окрестностей подвержен выраженному влиянию техногенных и антропогенных факторов, присущих урбанизированным территориям. Эти воздействия приводят к существенным структурным преобразованиям почв и перераспределению их биологической активности, к ослаблению, поражению болезнями и вредителями, преждевременному старению и гибели растений на территории, т. е. ограничивают важнейшую роль почвенно-растительного комплекса в оптимизации экологических условий города.

Задача обеспечения сохранения почвенно-растительного покрова городских территорий обуславливает необходимость оценки его современного

экологического состояния для того, чтобы выработать подходы к оздоровлению состояния окружающей среды урбанизированных территорий.

Цель настоящей работы – проанализировать экологическое состояние природно-антропогенных ландшафтов г. Иркутска и провести типизацию почвенно-геолого-геоморфологических ландшафтных комплексов, выделенных в пределах города, по степени их экологической устойчивости.

Материалы и методы

Полевые исследования почвенно-геолого-геоморфологических ландшафтных комплексов в пределах г. Иркутска и его окрестностей проведены в 2000–2017 гг. с использованием почвенно-морфологического, педолитологического, ботанического, геологического, геоморфологического и сравнительно-географического, эколого-картографического методов.

Выполнены 36 маршрутных исследований почвенно-ландшафтных катен в различных районах г. Иркутска и его окрестностей, заложены и описаны 111 почвенных разрезов. Для уточнения классификационной принадлежности почв отбирались пробы из основных генетических горизонтов исследованных типов почв. Особенности экологии и почвообразования изучались в лабораторных условиях путём дополнительных аналитических исследований свойств почв. Анализ 234 почвенных проб проведён с использованием воздушно-сухих образцов, растёртых и просеянных через сито с диаметром отверстий в 1 мм (для отдельных анализов – 0,25 мм). Определение физико-химических свойств почв проводили общепринятыми методами гравиметрии, потенциометрии, титриметрии, фотоколориметрии, газометрии с использованием стандартных методик. Для уточнения физических свойств почв определялся гранулометрический состав почв методом Н. А. Качинского [Вадюнина, Корчагина, 1986]. Физико-химические свойства изучались через определение pH_{H_2O} и pH_{KCl} потенциометрически, гидролитической кислотности по Г. Каппену и обменной кислотности по Н. И. Соколову, общего углерода и общего азота, обменных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} методами И. В. Тюрина, обменных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} методом К. К. Гедройца, подвижного фосфора методом А. Т. Кирсанова с фотоколориметрическим окончанием (с использованием фотоколориметра КФК-2МП (ЗОМЗ, Россия)), подвижного Fe^{3+} методом О. Тамма, содержания карбонатов методом И. Ф. Голубева [Аринушкина, 1970; Воробьева, 1995]. Для оценки устойчивости почв к подкислению и подщелачиванию определялась кислотно-основная буферность методом Аррениуса. Подвижные формы тяжелых металлов определялись атомно-абсорбционным (с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра AA-6200 (Shimadzu, Япония)) и химическими методами.

Результаты и обсуждение

Иркутск относится к городам с развитой промышленной инфраструктурой и многие годы находится в публикуемом Минприроды России списке городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха [Меди-

ко-экологическая оценка ... , 1997; Региональный экологический атлас ... , 1998; Государственный доклад ... , 2019]. Поллютанты, источниками которых являются выбросы объектов энергетики, алюминиевой промышленности и транспорта, накапливаются в понижениях рельефа. Сильно загрязнённые участки характеризуются практически полным отсутствием лишайников на стволах деревьев, преобладанием рудеральной растительности в травяном ярусе.

Из тяжёлых металлов (ТМ) приоритетным загрязнителем в почвах г. Иркутска выступает свинец, в основном в результате поступления в виде растворимых и обменных соединений выхлопных газов автотранспорта. В почве свинец аккумулируется в составе органического вещества, в железомарганцевых оксидах и гидроксидах. Максимальное содержание свинца выявлено в левобережной части города, что связано с воздействием выбросов алюминиевого и авиационного заводов, ТЭЦ, широким развитием частного жилого сектора и крупных городских автострад. Кадмий поступает с пылью, осадками, в виде окиси. Причём фитотоксический эффект кадмия, внесённого в почву, в составе пыли выше, чем в форме окиси кадмия, что обусловлено совместным присутствием в пыли и других токсикантов – свинца, цинка. Кроме того, свинец в небольших дозах оказывает синергический эффект на поступление кадмия в растения. В почвах города также увеличено содержание меди, где она аккумулируется в составе органического вещества.

В ходе исследований на территории города был отмечен целый ряд негативных процессов антропогенного давления. Все почвы, кроме почв лесопарков, содержат повышенные количества ТМ (Cu, Zn, Pb, Cd, Ni) в верхних искусственно созданных слоях. За последнее время возросло среднее загрязнение атмосферного воздуха диоксидом серы. Загрязнение почв бенз(а)пиреном, медью, диоксидом азота, оксидом азота, формальдегидом, железом, цинком и свинцом снизилось в 1,2–4 раза. Проведённый корреляционный анализ между содержанием металлов в верхних горизонтах почв и в древесных насаждениях ключевых участков выявил положительную зависимость между содержанием Mn, Cu, Pb.

В урбаноэмах отмечаются почвообразовательные процессы, характерные для лесных почв: гумусообразование, вынос и перераспределение минеральных компонентов. Для большинства городских почв характерно смещение кислотности в щелочную сторону. Самые высокие значения рН (до 9,0) отмечаются на территориях с наибольшей плотностью застройки или расположенных вблизи ТЭЦ, крупных автомагистралей и железной дороги.

Выявленные тенденции подщелачивания верхних горизонтов почв в отдельных районах снижают гидролитическую кислотность почв города, что приводит к уменьшению выноса тяжёлых металлов и значительным превышениям по содержанию ряда тяжёлых металлов, а следовательно, к усилению загрязнения почв. Изменение рН приводит к увеличению подвижных форм ТМ по отношению к фоновым значениям Co, Cu, Zn, Al, Pb, с одной стороны, и уменьшению подвижных форм Fe, Mn по отношению к фоновым значениям – с другой.

Переход многих элементов в неподвижную форму снижает их доступность для растений и микроорганизмов. Уменьшение содержания обменных форм Ca, Mg (СНО, ЕКО) приводит к относительному обеднению почвенного поглощающего комплекса (ППК). Соотношение Ca/Mg изменяется в сторону уменьшения обменного Mg, происходит разбалансирование ППК, и снижается его устойчивость, что, в свою очередь, снижает буферную способность почв. Относительно повышается содержание обменного Na в почвах города, нехарактерное для верхних горизонтов почв.

Установлено также увеличение плотности сложения верхних горизонтов почв. Граница переуплотнения и прерывания развития корней начинается с величины 1,2–1,4 г/см³, на дорожно-тропиночной сети значения достигают 1,7 г/см³.

Выявлена обратная корреляционная зависимость между переуплотнением верхних горизонтов и показателями надземной биомассы растений, а также между фитотоксичностью и показателями надземной биомассы растений. Отмечена прямая корреляция между показателями содержания общего углерода почв и углерода микробомассы. Установлены большие значения эмиссии CO₂ по сравнению с фоновыми почвами, но при этом не выявлена корреляционная зависимость с общим углеродом почв и их порозностью, что может свидетельствовать о возрастании необратимых потерь углерода в урбозкосистемах.

Наблюдаемые процессы дегумификации приводят к относительному обеднению верхних горизонтов общим азотом и увеличению отношения C/N. Все эти негативные явления способствуют увеличению фитотоксичности почв, проявление которой в условиях города наибольшее.

Полученные результаты загрязнения почвенного покрова ТМ по суммарному коэффициенту загрязнения и росту негативных свойств почв хорошо коррелируют с данными о загрязнении атмосферы и древесных насаждений г. Иркутска.

Проведённые нами исследования почвенного покрова в Иркутском районе выявили преобладающее распространение среди естественных природных почв подзолистых, серых (*¹серых лесных) и буроземов (*дерновых карбонатных) с серыми метаморфическими и дерновыми серогумусовыми (*дерновыми лесными) почвами, сохранившихся на неосвоенных участках тайги вершин и склонов увалов на продуктах выветривания юрских образований под берёзово-сосновыми и берёзово-осиновыми лесами. По долинам рек на аллювиально-делювиальных отложениях распространены чернозёмовидные (*лугово-чернозёмные), тёмно-гумусово-глеевые (*луговые), глеезёмы криометаморфические и торфяно-перегнойно-глеевые (*болотные сезонно-мерзлотные), аллювиальные серо- и тёмногумусовые (*аллювиальные дерновые) почвы.

¹ Типы почв приведены по классификации 2004 г. [Полевой определитель почв ... , 2008; Классификация и диагностика почв ... , 2004]; астерiskом отмечены типы почв по классификации 1977 г. [Классификация и диагностика почв ... , 1977].

Антропогенно-техногенное влияние города вызывает сильный сдвиг значений рН в естественных почвах в щелочную сторону, увеличение насыщенности основаниями, рост содержания элементов питания по сравнению с почвами внегородских территорий, изменяет ряд других свойств, определяющих химическое состояние городских почв и ход почвообразовательных процессов, что подтверждает необходимость выделения индустриозёмов (стратозёмов, абразёмов, хемозёмов и др.) – почв промышленных городских территорий, сильно изменённых химически. Исходя из морфологического строения профиля, естественные почвы можно разделить на естественные ненарушенные и естественные нарушенные.

Среди антропогенно-преобразованных ландшафтов выделяются две основные группы [Воробьёва, Белозерцева, Богданов, 2011]:

1) культурные, созданные человеком путём изменения естественного ландшафта в нужном направлении для хозяйственных целей (сады, парки, пруды, озёра, рекреационные зоны отдыха и т. п.);

2) возникшие в результате нерационального использования естественных ландшафтов (промышленные карьеры, отвалы, расчленённые оврагами склоны, вторично засоленные почвы орошаемых районов, свалки и пр.).

В результате сильной антропогенно-техногенной трансформации почвенного покрова в г. Иркутске большая часть территории города сегодня занята антропогенно-преобразованными почвами, представленными урбопочвами, урбанозёмами, экранозёмами, некрозёмами, технозёмами и техногенными поверхностными образованиями (ТПО) (квазизёмами, реплантозёмами, урбиквазизёмами, натурфабрикатами, артификакатами и пр.).

Проведённые исследования почвенно-растительного покрова, биогеохимических особенностей элементарных ландшафтных структур г. Иркутска, а также их взаимосвязи с геолого-геоморфологическими, гидрографическими и климатическими условиями формирования и историей развития позволили нам выделить следующие типы устойчивости почвенно-геолого-геоморфологических ландшафтных комплексов (рис.):

1. *Относительно неустойчивые* поверхности сильно расчленённых узких водоразделов и крутых склонов с делювиальными отложениями голоцена и позднего плейстоцена и глубоким залеганием (>15 м) грунтовых вод с преимущественным развитием подзолистых (П), дерново-подзолистых почв (Пд) и серых элювиированных (С^{эп}) (*светло-серых лесных) почв с интенсивной эрозийной деятельностью на крутых склонах – [dl_пQ₃/ Пд+С^{эп}] (см. рис., 1) и [dl_пQ₄/ П+Пд] (см. рис., 1а).

2. *Очень слабоустойчивые* днища падей с пролювиальными голоценовыми отложениями, временными или постоянными водотоками с относительно неглубоким залеганием грунтовых вод (2–5 м) с глеезёмами (Г) (*лугово-болотными), тёмногумусовыми (Г_т) (*луговыми) и серогумусовыми (Г_у) (*аллювиальными дерновыми) почвами, подверженными заболачиванию и образованию оврагов – [plQ₄/Г+Г_т+Г_у] (см. рис., 2).

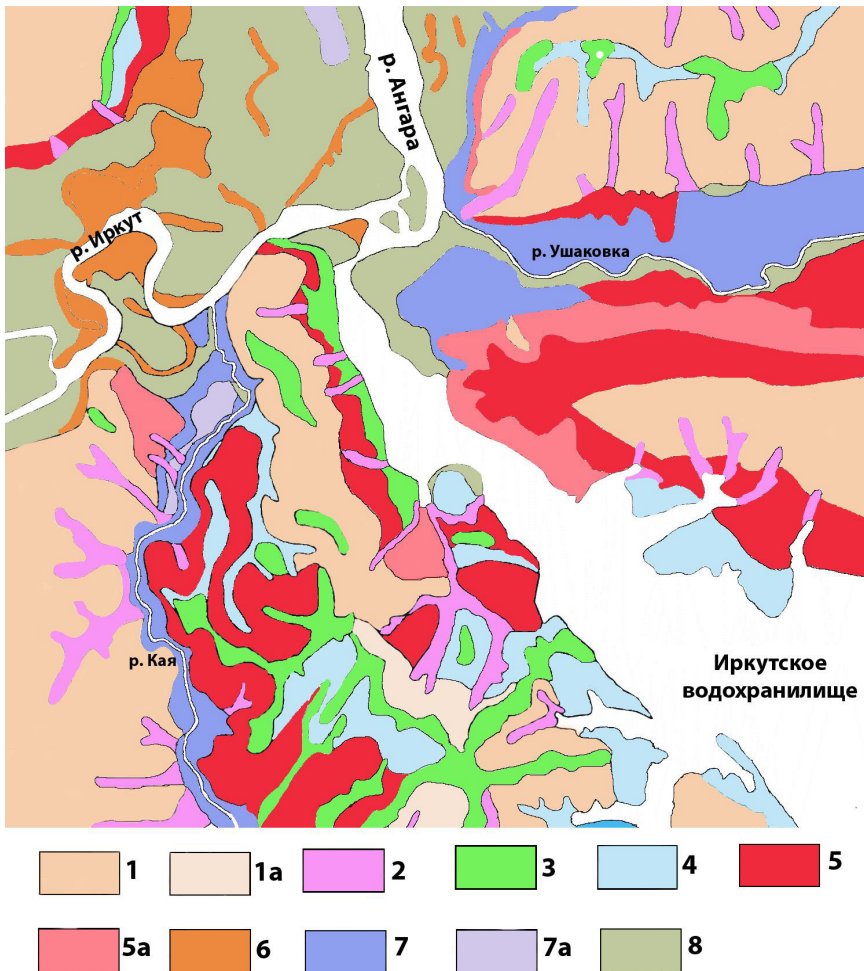


Рис. Карта-схема почвенно-геолого-геоморфологических комплексов г. Иркутска, выделенных по типу относительной устойчивости: 1, 1а – относительно неустойчивые; 2 – очень слабоустойчивые; 3 – слабоустойчивые; 4 – относительно слабоустойчивые; 5, 5а – относительно среднеустойчивые; 6 – среднеустойчивые; 7, 7а – относительно высокоустойчивые; 8 – высокоустойчивые

3. *Слабоустойчивые* водораздельные ровные поверхности с элювием голоценовых отложений и глубоким залеганием (>15 м) грунтовых вод с развитыми на них дерново-подзолистыми (Пд) и серыми элювируемыми (C^{31}) (*светло-серыми лесными) почвами – [elQ₄ / Пд+ C^{31}] (см. рис., 3).

4. *Относительно слабоустойчивые* ровные поверхности водоразделов и пологих склонов с элюво-делювием голоценовых отложений и глубоким залеганием (>15 м) грунтовых вод с серыми (С) (*серыми лесными), тёмно-серыми (Ст) глееватыми (*тёмно-серыми лесными), серыми метаморфическими (См) (*бурыми лесными) почвами (с образованием промоин, оврагов) – [delQ₄/С+Ст+См] (см. рис., 4).

5. *Относительно среднеустойчивые* слабонаклонные поверхности 3–5-й надпойменных террас с делювиальными и делювиально-пролювиальными отложениями, развитыми на древнеаллювиальных отложениях верхнего плейстоцена самаровского (см. рис., 5) и казанцевского (каргинского) (см. рис., 5а) времени с глубоким залеганием грунтовых вод (от 5 до 15 м), с серыми (С) (*серыми лесными) и серыми метаморфическими (См) (*бурыми лесными), часто остаточными карбонатными, частично проградированными на южных склонах почвами, с промоинами, оврагами, проседанием и отседанием пород на склонах – $[dl+dpl / alQ_3^2 / C+См]$ (см. рис., 5) и $[dl+dpl / alQ_3^3 / C+См]$ (см. рис., 5а).

6. *Среднеустойчивые* комплексы низкой поймы и заниженных участков, старичных русел с аллювиальными отложениями среднего голоцена, неглубоким залеганием грунтовых вод (2–5 м) и развитием торфяно-глеезёмов (Гт) (*болотных низинных почв), аллювиальных перегнойных квазиглеевых (Ал) (*аллювиальных луговых, болотных) почв, подверженных затоплению, заилению, заболачиванию, образованию промоин – $[alQ_4^2 / Гт+Ал]$ (см. рис., 6).

7. *Относительно высокоустойчивые* поверхности I и II надпойменной террас с аллювиально-делювиальными отложениями голоцена и позднего плейстоцена и неглубоким залеганием грунтовых вод (2–5 м) с серыми (С) (*серыми лесными), тёмно-серыми (Ст) (*тёмно-серыми лесными) глееватыми, чернозёмовидными (Чз) (*лугово-чернозёмными) почвами – $[alQ_{3+4} / Ст+Чз]$ (см. рис., 7) и $[alQ_3 / C+Ст]$ (см. рис., 7а).

8. *Высокоустойчивые* комплексы поймы и пониженных участков 1-й террасы с аллювиальными голоценовыми отложениями, неглубоким залеганием грунтовых вод (2–5 м) и развитием глеезёмов (Г) (*лугово-болотных), аллювиальных гумусовых (Гу) (*аллювиальных дерновых), тёмногумусовых (Гу_т), (*луговых), чернозёмовидных (Чз) (*лугово-чернозёмных) почв, подверженных затоплению, заболачиванию, образованию промоин – $[alQ_4 / Г+Гу+Гу_т+Чз]$ (см. рис., 8).

Необходим мониторинговый детальный учёт степени устойчивости почв и ландшафтов при проведении различных инженерно-строительных работ. Важной составляющей охраны почвенного покрова является сохранение гумусового слоя для обеспечения биопротекторной функции почв – иммобилизации и инактивации ксенобиотиков, токсичных и радиоактивных элементов, стимуляции адаптивных реакций биоты в неблагоприятных условиях среды (загрязнение и другие стресс-факторы), инкорпорирование некоторых пестицидов, углеводов, фенолов.

Проведённые нами исследования экологического состояния природно-антропогенных ландшафтов г. Иркутска показали необходимость радикальных мер по её улучшению. Современная система озеленения Иркутска не отвечает в должной мере задачам улучшения состояния окружающей среды. Зелёные насаждения города занимают общую площадь 350 га, на каждого жителя г. Иркутска приходится 5,8 м², что составляет 50 % от санитарно-гигиенических норм. Согласно нормам [СНиП 2.07.01-89. Градостроитель-

ство ... , 2002], минимальная площадь общегородского парка должна составлять 15 га, парка планировочного района – 10 га, сада жилого района – 3 га.

Крупные озеленённые территории оказывают наиболее сильное воздействие на микроклимат, лучше защищают многообразие экосистем, меньше страдают от рекреационных перегрузок. Согласно мнениям некоторых специалистов, размеры городских парков должны составлять от 100 до 150 га (в старых, давно сложившихся городах) и до 1000 га – в новых.

Одним из действенных мероприятий, способствующих оздоровлению среды, может стать создание экологического каркаса из лесопарковых зон отдыха населения с имитацией естественных связей вдоль водотоков. Значимость такой системы возрастёт, если её части будут связаны естественными зелёными поясами или коридорами, образуя из «поляризованных ландшафтов» устойчивый экологический каркас территории [Родоман, 2002]. Зелёные массивы из пригородных лесов должны вклиниваться в городские постройки и соединяться с участками внутригородского озеленения. Такой контакт в виде зелёных клиньев практически отсутствует в городе, несмотря на то, что в некоторых районах (предместье Рабочее, микрорайоны Ново-Ленино, Юбилейный, посёлок ГЭС) жилая застройка вплотную приближена к пригородной зелёной зоне.

Заключение

Неудовлетворительная экологическая ситуация в г. Иркутске требует принятия радикальных мер по её улучшению. Особенно важной задачей является проведение систематических мониторинговых исследований и оценка экологического состояния почв, ценозов и ландшафтов в целом, а также – количественных и качественных составляющих биоразнообразия и их динамики.

Регулярные исследования позволят объективно оценить экологическое состояние почв г. Иркутска и выработать предложения по оптимизации использования территорий, необходимости проведения рекультивационных работ для улучшения плодородия почв и их экологического состояния, разработать рекомендации по снижению антропогенного и техногенного влияния на почвенный покров.

Предложенная типизация почвенно-геолого-геоморфологических комплексов г. Иркутска позволит проводить более детальный учёт степени устойчивости почв и ландшафтов при проведении различных инженерно-строительных работ с разработкой рекомендаций проведения обязательных профилактических и восстановительных рекультивационных работ по сохранению ландшафтов и окружающей природной среды.

Формирование экологической инфраструктуры города должно основываться на основе санитарно-экологической эффективности (средорегулирующего, средозащитного и санитарно-оздоровительного значения) зелёных насаждений. Сегодня как никогда необходима реабилитация водно-зелёной системы – сохранение и восстановление её непрерывности, рукотворное воссоздание и компенсация утрат. Действенными мерами по оздоровлению ситуации и повышению индекса развития человеческого потенциала в

г. Иркутске и его окрестностях должна стать программа последовательных, научно обоснованных и обязательных мероприятий по созданию экологического каркаса «поляризованных ландшафтов» из системы лесопарковых зон отдыха населения с имитацией естественных связей вдоль водотоков на принципах ландшафтного планирования и устойчивого развития, вклинивание зелёных массивов из пригородных лесов в городские постройки и их соединение с участками внутригородского озеленения.

Для сохранения экологической стабильности Иркутского района необходимо дальнейшее планомерное развитие системы ООПТ в г. Иркутске и в его окрестностях, придание охраняемого статуса зелёным массивам города: создание ООПТ в виде парков «Академический», «Юбилейный», «Радищевский», «Солнечный», «Топкинский», «Остров Юность» и др. Необходима разработка и реализация системы постоянных информационно-профилактических мероприятий города по сохранению зелёного наследия региона.

Список литературы

- Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во МГУ, 1970. 488 с.
- Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. М. : Агропромиздат, 1986. 416 с.
- Воробьева Л. А. Теория и методы химического анализа почв. М. : Изд-во МГУ, 1995. 136 с.
- Воробьева Г. А., Белозерцева И. А., Богданов В. Н. Почвы. Природные условия // Атлас развития Иркутска. Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2011. С. 44–45.
- Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». М. : Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019. 844 с.
- Классификация и диагностика почв СССР / В. В. Егоров, В. М. Фридланд, Е. Н. Иванова, Н. И. Розов, В. А. Носин, Т. А. Фриев. М. : Колос, 1977. 223 с.
- Медико-экологическая оценка территории Иркутска / Т. И. Коновалова, И. Е. Трофимова, В. А. Ведерников, О. А. Макаров, Е. В. Ненахова. География и природные ресурсы, 1997. № 4. С. 51–59.
- Перельман А. И. Биологический круговорот атомов – важнейший геохимический параметр природных ландшафтов. Вестн. МГУ: Серия 5. Геогр. 1991, № 3. С. 3–8.
- Перельман А. И. Геохимический ландшафт как самоорганизующая система // Вестн. МГУ. Сер. 5, геогр. 1955. № 4. С. 10–17.
- Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М. : Высшая школа, 1975. 341 с.
- Полевой определитель почв / ред. К. Т. Острикова. М. : Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. 182 с.
- Региональный экологический атлас (Концепция, проблематика, научное содержание) / ред.: А. Н. Антипов, А. Р. Батуев, А. В. Белов, В. В. Воробьев, В. А. Снытко. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1998. 321 с.
- Родман Б. Б. Поляризованная биосфера. Смоленск : Ойкумена, 2002. 336 с.
- СНиП 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. М. : Госстрой России, ГУП ЦПП, 2002. 60 с.
- Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.

Environmental Sustainability of Soil-Geomorphological Landscape Complexes within the City of Irkutsk

N. A. Martynova, V. M. Belousov, V. Y. Kuzevanov

Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The ecological state of natural and anthropogenic landscapes of Irkutsk and its environs has been analyzed. The influence of natural and anthropogenic factors on the environment, on the formation and properties of soils, on the biological diversity and productivity of natural systems, their natural resource potential was studied. During the course of research at the territory of the city, a number of negative processes of anthropotechnical pressure were noted: the increasing of atmospheric air pollution with sulfur dioxide, increasing of the density of the upper soil horizons, the depletion of soil absorbing complex with plant nutrition elements, the increasing of the amount of heavy metals (except for forest Park soils), soil alkalization (especially for areas with the highest density of development and near thermal power plants), which leads to decrease in the removal of heavy metals and, consequently, to an increase in soil pollution. As a result of a strong anthropogenic-technogenic transformation of the soil cover at the city of Irkutsk, which causes a change of the basic soil-forming processes and chemical status of urban soils, a large part of the city today is occupied by anthropogenically transformed soils (urbanized soils, urbanozems, ekranozems, necrozems) and technogenic superficial formations (quasizems, replantazems, urbiquasizems, naturalfabricates, refabricate, etc.). And in the industrial urban areas, highly modified chemically, the industrizems (stratozems, abrazems, chemozems, etc.) are formed. The analysis and assessment of the ecological stability of the studied landscapes and the typification of soil-geological-geomorphological landscape complexes, identified by the type of their relative stability, were carried out. The map-scheme of the allocated complexes within the city of Irkutsk has been made, with taking account of the influence of natural and anthropogenic factors, soil, vegetation, geological rocks, topography, surface and underground water flow. Complexes of gray, dark gray, and meadow-Chernozem soils of I and II river terraces with alluvial-deluvial deposits of the Holocene and late Pleistocene and shallow groundwater (2-5 m) are relatively highly stable. The most highly resistant of the soil-geological-geomorphological complexes are ecosystems of floodplains and low-lying areas of the 1st terrace with alluvial Holocene deposits, shallow groundwater (from 2 to 5 m) with a soil cover represented by a combination of meadow-Chernozem soils, gleezems, alluvial humus and dark humus soils. The obtained factual material will allow for a more detailed account of the degree of soil and landscape stability in the determining of prerequisites and directions for optimizing of the use of territories, in carrying out of various engineering, construction and other works, in determining the limits of recreational load on landscapes, in forming the environmental infrastructure of the city and in application of innovation and green urban planning.

Keywords: pedoecological potential, soil ecology, ecological communities, biodiversity, soil stability, landscape protection, soil-geomorphological complexes.

For citation: Martynova N.A., Belousov V.M., Kuzevanov V.Ya. Environmental Sustainability of Soil-Geomorphological Landscape Complexes within the City of Irkutsk. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Biology. Ecology*, 2019, vol. 30, pp. 93-104. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2019.30.93> (in Russian)

References

- Arinushkina E.V. *Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv* [Guide to chemical analysis of soils]. Moscow, Moscow St. Univ. Publ., 1970. 488 p. (in Russian)
- Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* [Methods of investigation of physical properties of soil]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1986, 416 p. (in Russian)

Vorob'eva L.A. *Teoriya i metody khimicheskogo analiza pochv* [Theory and methods of chemical analysis of soils]. Moscow, Moscow St. Univ. Publ., 1995, 136 p. (in Russian)

Vorob'eva G.A., Belozertseva I.A., Bogdanov V.N. *Pochvy. Prirodnye usloviya / Atlas razvitiya Irkutsk* [Soils. Natural conditions / Atlas of Irkutsk City development]. Irkutsk, Inst. Geogr. SB RAS Publ., 2011, pp. 44-45. (in Russian)

Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2018 godu» [On in Russian Federation in 2018. State Review]. Moscow, Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation, Kadastr Publ., 2019, 844 p.

Egorov V.V., Fridland V.M., Ivanova E.N., Rozov N.I., Nosin V.A., Friev T.A. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR* [Classification and diagnostics of soils of the USSR]. Moscow, Kolos Publ., 1977, 223 p. (in Russian)

Konovalova T.I., Trofimova I.E., Vedernikov V.L. Makarov O.A., Nenakhova E.V. *Mediko-ekologicheskaya otsenka territorii Irkutsk* [Medical and environmental assessment of the territory of Irkutsk City]. *Geography and Natural Resources*, 1997, no. 4, pp. 51-59. (in Russian)

Perel'man A.I. *Biologicheskii krugovorot atomov – vazhneishii geokhimicheskii parametir prirodnikh landshaftov* [Biological cycle of atoms – the most important geochemical parameter of natural landscapes]. *Bull. Moscow St. Univ. Ser. 5 Geogr.*, 1991, no. 3, pp. 3-8. (in Russian)

Perel'man A. I. *Geokhimicheskii landshaft kak samoorganizuyushchaya sistema* [Geochemical landscape as a self-organizing system]. *Bull. Moscow St. Univ. Ser. 5 Geogr.*, 1955, no. 4, pp. 10-17. (in Russian)

Perel'man A.I. *Geokhimiya landshafta* [Landscape Geochemistry]. Moscow, Vysshaya schkola Publ., 1975, 341p. (in Russian)

Polevoi opredelitel' pochv [Field key of soils]. Moscow, V.V. Dokuchaev Soil Inst. Publ., 2008, 182 p. (in Russian)

Regional'nyi ekologicheskii atlas (Kontseptsiya, problematika, nauchnoe sodержanie) [Regional environmental atlas (Concepts, perspectives, and scientific content)]. A. N. Antipov, A. R. Batuev, A. V. Belov, V. V. Vorob'ev, V. A. Snytko (Eds.). Novosibirsk, SB RAS Publ., 1998, 321 p. (in Russian)

Rodoman B. B. *Polyarizovannaya biosfera* [Polarized biosphere]. Smolensk, Oikumena Publ., 2002, 336 p. (in Russian)

SNiP 2.07.01-89. Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastroika gorodskikh i sel'skikh poselenii [Urban Planning and Building. Construction Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia)]. Moscow, Gosstroj Rossii, GUP TsPP Publ., 2002, 60 p. (in Russian)

Shishov L. L., Tonkonogov V. D., Lebedeva I. I., Gerasimova M. I. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and diagnostics of soils of Russia]. Smolensk, Oikumena Publ., 2004, 342 p. (in Russian)

Мартынова Наталья Александровна
старший преподаватель
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, Иркутск, ул. Маркса, 1
e-mail: natamart-irk@yandex.ru

Martynova Natalia Aleksandrovna
Senior Lecturer
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
e-mail: natamart-irk@yandex.ru

Белусов Виктор Михайлович
кандидат географических наук, доцент,
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, Иркутск, ул. Маркса, 1
e-mail: kartograf@geogr.isu.ru

Belousov Victor Michailovich
Candidate of Sciences (Geography),
Associate Professor
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 66400,
Russian Federation 3
e-mail: kartograf@geogr.isu.ru

Кузеванов Виктор Яковлевич
кандидат биологических наук, доцент,
помощник ректора
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, Иркутск, ул. Маркса, 1
e-mail: victor.kuzevanov@gmail.com

Kuzevanov Victor Yakovlevich
Candidate of Sciences (Biology), Associate
Professor, Assistant to the Rector
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
e-mail: victor.kuzevanov@gmail.com

Дата поступления: 16.05.2019
Received: May, 16, 2019