

УДК 551.4 (571.5)
DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-1-106-117

Фитотоксичность городских почв Иркутска и Ангарска

Лопатина Д.Н.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
Россия, 664033, Иркутск, Улан-Баторская, 1
E-mail: daryaneu@mail.ru

Аннотация. В 2022–2023 гг. исследованы некоторые свойства городских почв Иркутска и Ангарска. Для этого проведены полевые исследования на данных территориях. Выполнено морфологическое описание полевых почвенных профилей. Отобраны образцы почв, пород и растительности для выполнения физико-химических анализов и определения свойств почв на исследуемых территориях. Проведена пробоподготовка почв по различным методикам, проведен анализ фитотоксичности почв, согласно ГОСТ Р ИСО 22030-2009 «Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений». Выполнена обработка полученных результатов: выявлен процент проросших семян редьки масличной (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg.) в верхних горизонтах почв ключевых участков городов Иркутск и Ангарск, определена длина отростков и длина корней в почвах исследуемых образцов. В статье приводятся морфологические описания полевых почвенных профилей ключевых участков. Согласно полученным данным, в городе Иркутске самыми чистыми являются берега рек Иркут и Ушаковка, а самым загрязненным участком оказывается берег озера (Ново-Ленинские болота). Почвы лесополос и парков в Ангарске оказались наименее загрязненными, о чем можно судить по высокому проценту проросших семян редьки масличной. Загрязнены почвы проезжих улиц и дворов. В среднем, согласно полученным результатам и методике, почвы города Иркутска и пригорода оказались менее токсичными, чем почвы города Ангарска. Исходя из полученных средних значений длины отростков и корней редьки в образцах, почвы города Иркутска и его пригородов оказались в целом несколько менее фитотоксичны по сравнению с почвами города Ангарска. Однако необходимо отметить, что в условиях города сохраняются естественные ландшафты с помощью различных средообразующих и средосохраняющих объектов – парки, рожи, лесопосадки и т. д., почвы этих участков оказались наименее токсичными.

Ключевые слова: городские почвы, урбанозем, фитотоксичность почв, биоиндикация, загрязнение почв, Иркутск, Ангарск

Благодарности: Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации темы AAAA-A21-121012190055-7 (№ FWEM-2021-0002).

Для цитирования: Лопатина Д.Н. 2024. Фитотоксичность городских почв Иркутска и Ангарска. Региональные геосистемы, 48(1): 106–117 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-1-106-117

Phytotoxicity of Irkutsk and Angarsk Urban Soils

Daria N. Lopatina

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS,
1 Ulan-Batorskaya str., Irkutsk 664033, Russia
E-mail: daryaneu@mail.ru

Abstract. In 2022–2023 some properties of urban soils of Irkutsk and Angarsk were studied. To do this, field studies were carried out in these territories. Morphological description of field soil profiles was performed. Samples of soils, rocks and vegetation were taken for physical and chemical analyses and determination of soil properties in studied areas. Soil sample preparation was carried out according to various methods, soil phytotoxicity analysis was carried out in accordance with GOST R ISO 22030-2009

“Soil Quality. Biological methods. Chronic phytotoxicity to higher plants”. The obtained results were processed: the percentage of germinated oilseed radish seeds (*Raphanus Sativus*) in the upper soil horizons of key areas of the cities of Irkutsk and Angarsk was detected, the length of the processes and the length of the roots in the soils of the studied samples were determined. The article provides morphological descriptions of field soil profiles of key areas. According to the data received, in the city of Irkutsk, the banks of the Irkut and Ushakovka rivers are the cleanest, and the most polluted area is the shore of the lake (Novo-Leninsky swamps). The soils of forest belts and parks in Angarsk were the least polluted, as can be judged by the high percentage of sprouted seeds of oilseed radish. The soils of passing streets and courtyards are polluted. On average, according to the results and methodology obtained, the soils of the city of Irkutsk and the suburbs turned out to be less toxic than the soils of the city of Angarsk. The average length of shoots and radish roots in soil samples of the city of Irkutsk and its suburbs turned out to be an order of magnitude higher than the values in the city of Angarsk. However, it should be noted that in the conditions of the city natural landscapes are preserved with the help of various environmental-forming and medium-protecting objects – parks, groves, forest plantations, etc., the soils of these areas turned out to be the most non-toxic.

Key words: urban soils, urbanozem, soil phytotoxicity, bioindication, soil pollution, Irkutsk, Angarsk

Acknowledgements: The study was carried out at the expense of a state assignment (No. State Registration of Topic AAAA-A21-121012190055-7 (No. FWEM-2021-0002).

For citation: Lopatina D.N. 2024. Phytotoxicity of Irkutsk and Angarsk Urban Soils. Regional Geosystems, 48(1): 106–117. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-1-106-117

Введение

На фоне растущего антропогенного воздействия на природу и тем более городскую среду, изучение загрязнения и токсичности городских почв приобретает острую актуальность. Для данной работы целью было описание типов почв, представленных на исследуемых территориях, а также изучение некоторых свойств городских почв Иркутска и Ангарска. Для этого были проведены следующие этапы:

1. Прделаны полевые исследования почв городов Ангарск и Иркутск, выполнены описания полевых почвенных профилей.
2. Взяты образцы почв, пород и растительности.
3. По общепринятым методикам проведена подготовка образцов и сделан анализ на фитотоксичность почв.
4. Выполнена систематика и диагностика почв на исследуемой территории.
5. Изучены некоторые свойства почв, проведена сравнительная характеристика двух городских территорий исследования.

Иркутск

Город Иркутск – старинный сибирский город, который в настоящее время является крупным промышленным, торговым и культурно-образовательным центром Иркутской области. Он расположился по берегам реки Ангары и на прилегающих к ее долине возвышенностях, в местах впадения рек Иркут и Ушаковка в Ангару, в 65 км от озера Байкал.

По степени загрязненности Иркутск отнесен к сильно загрязненным городам, что объясняется расположением промышленных объектов в пределах Иркутска, а также климатическими особенностями (для Иркутска характерны безветренная погода и температурные инверсии) [Бояркин, Бояркин, 2007].

Ангарск

Ангарск – это город нефтехимиков, который находится в междуречье Ангары и Китоа на плоской равнине. Через город Ангарск проходит Транссибирская железная дорога. Хорошо развито транспортное сообщение как внутри города, так и с соседними регионами.



Появление и интенсивное строительство города связано с появлением Ангарского нефтехимического комбината, который в настоящее время носит название «Ангарская нефтехимическая компания». Хорошо развита городская инфраструктура.

Ангарск является масштабным промышленным центром. Здесь находится «Ангарская нефтехимическая компания», включающая 19 подразделений, в числе которых многие заводы, такие как: нефтеперерабатывающий, химический, коксогазовый, ремонтно-механический, полимеров и оргсинтеза, бытовой химии, автотранспортное предприятие, ремонтно-строительный трест и другие предприятия. Нефтеперерабатывающий завод перерабатывает до 22–23 млн т нефти в год.

Город Ангарск – это конечный пункт нефтепровода в Западную Сибирь.

Также в Ангарске представлены машиностроение, металлообработка, лесопереработка, производство цемента, строительная индустрия, Ангарская швейная фабрика по пошиву верхней одежды, мясокомбинат, хлебозавод, молокозавод, птицефабрика и другие.

Ангарск входит в число самых загрязненных городов России, но в то же время он считается наиболее благоустроенным городом. Ангарск – достаточно зеленый город, с большим количеством парков, лесонасаждений и рощ [Бояркин, Бояркин, 2007].

Физико-географическая характеристика городов Иркутск и Ангарск

Иркутская область расположена на стыке южной части Сибирской платформы и Байкальской рифтовой зоны, что определяет и разнообразие геологических пород, и различные физико-географические явления и процессы, характер рельефа и специфику формирования природных ландшафтных комплексов.

Геоморфологическая характеристика

Территория городов Иркутск и Ангарск и их окрестностей располагается в зоне перехода от платформы к Байкальской рифтовой зоне, сложенной юрскими и четвертичными отложениями.

Значительная часть города Иркутска находится в пределах высокой поймы Ангары и террас Иркутта, Ушаковки, Каи, Топки и других рек на аллювиальных отложениях совместно со склоновыми образованиями. Для склонов речных долин города Иркутска характерна пологость, обычно уклоны – не более 12°.

По геологическому строению город Иркутск относится к Иркутской антиклинали, сложенной породами присаянской, прикудинской и черемховской свит. На нижнекембрийских отложениях ангарской свиты (доломиты, карбонатные и кремнистые брекчии) встречаются нижнеюрские аргиллиты, песчаники. Далее залегают различные четвертичные отложения: аллювиальные, делювиальные, пролювиальные, элювиальные и другие). Современные породы представлены аллювиальными отложениями в поймах, делювиальными на склонах, пролювиальными в понижениях и конусах выноса, элювиальными – на водоразделах. В надпойменных террасах можно встретить лессовидные отложения.

В городах Иркутск и Ангарск местами преобладают техногенные отложения – свалки, отсыпки, шлаки, бессистемно накапливающиеся культурные слои.

Для данных территорий характерны флювиальные и сезонно-мерзлотные процессы, которые активизируются с перепадами водно-температурного режима, землетрясениями, техногенными влияниями [Геоэкологическая..., 1990; Атлас..., 2004].

Климат

В городских условиях юга Восточной Сибири важнейшей метеорологической характеристикой является ветер, так как он влияет на нижние слои атмосферы – их застой или перемешивание и т. д., а сплошная застройка городов увеличивает неровность поверхности, что, в свою очередь, уменьшает скорости ветра в приземном слое атмосферы в городах. Микроклимат городов Иркутск и Ангарск связан со строением долин рек и пере-

носом воздушных масс. Зимы характеризуются умеренными, иногда сильными, морозами, лето – в основном жаркое, зимой и весной дуют ветры [Геоэкологическая..., 1990].

Растительность

Зеленые насаждения города Иркутска: парки, сады, скверы, бульвары, насаждения в жилых микрорайонах и кварталах, при учебных и школьных заведениях, при клубах, дворцах культуры, на участках промышленных предприятий, учреждений здравоохранения и др., а также насаждения на улицах, в санитарно-защитных зонах, на кладбищах, а также питомники и цветочные хозяйства.

Рощи, сады и парки – самые крупные озелененные территории общего пользования.

Основные свойства зеленой зоны города Иркутска – это образование благоприятной окружающей среды и сохранение ландшафтов. В городских условиях и на пригородных территориях зеленые растения и деревья призваны выступать важным условием стабилизации экологической ситуации. Типичными деревьями для зеленой зоны городов Иркутск и Ангарск являются тополь бальзамический, клен ясенелистный, также для озеленения высаживаются сосны и лиственницы [Геоэкологическая..., 1990].

Несмотря на то, что Ангарск является промышленным городом, на его территории большое количество зелени: парков, лесопосадок, рощ. Ангарск создает впечатление очень зеленого города. Большое количество хвойных парков и рощ помогает очищать воздух, сохранять ландшафт, создавать условия для прогулок горожан на свежем воздухе.

Объекты и методы исследования

Отбор образцов в полевых условиях, пробоподготовка и выполнение анализов почв и растительности осуществлялись по общепринятым методикам [Аринушкина, 1970; Агрохимические..., 1975; Теория и практика..., 2006].

Выкопаны почвенные разрезы, и из каждого горизонта почвы был взят образец. Для анализа на фитотоксичность почвы использовались только верхние слои почвы (на глубине 0–10 см), а также погребенный гумусовый горизонт.

Точки отбора (рис. 1) были выбраны с целью охватить различные типы городских территорий (жилые дворы, улицы, парки, лесопосадки). Также взяты образцы в наиболее загрязненных пригородах города Иркутска, таких как рабочий поселок Маркова и поселок Смоленщина (находятся в непосредственной близости от Иркутской ТЭЦ, имеются котельные и т. д.).

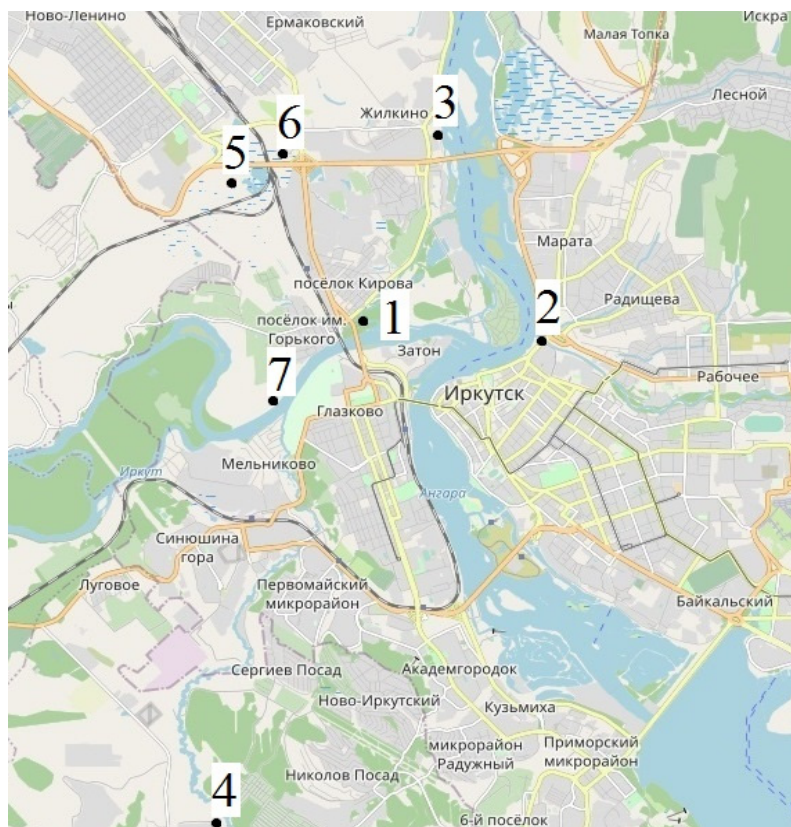
Диагностика почв проведена при помощи «Классификации и диагностики почв России» [Шишов и др., 2004], а также с использованием других литературных источников [Milne, 1935; Thorp, Baldwin, 1938; Bushnell, 1942; Speidel, Agnew, 1982; Miller, Schaeztl, 1993; Doerr et al., 2000; Воробьева, 2009; Воробьева, 2010; Brevik et al., 2016,].

Проведен анализ фитотоксичности почв, согласно ГОСТ Р ИСО 22030-2009 [2009]. Тестируемыми растениями (рис. 2) при выполнении лабораторного опыта были выбраны семена редьки масличной, поскольку редька – культура, которая чувствительна к условиям произрастания и к воздействию тяжелых металлов.

Взятые навески почвы, весом 40 г, помещены в стеклянные чашки Петри. Почва увлажнена дистиллированной водой и смешана до однородной массы. Предварительно увлажненные семена редьки уложены пинцетом на поверхность каждого образца и слегка вдавлены в почву.

В каждую чашку, согласно методике, помещено 10 семян, в том числе в контрольную чашку (холостой опыт, без почвы). Работа проводилась в двух повторностях. Результаты представлены в виде средних значений двух повторностей.

Выполнен подсчет процента взошедших семян, а также измерены длины отростков и корней растений.



А



Б

Рис. 1. Схема размещения ключевых площадок на изучаемых территориях:

А – город Иркутск; Б – город Ангарск

Fig. 1. Scheme of key sites in the territories under study: А – Irkutsk city; Б – the city of Angarsk



Рис.2. Проведение анализа фитотоксичности почв при помощи высаживания семян редьки
Fig. 2. Analysis of soil phytotoxicity by planting radish seeds

Результаты и их обсуждение

В полевых исследованиях описаны городские почвы Иркутска и Ангарска, проведены морфологические описания почвенных профилей (рис. 3), выполнена систематика и диагностика почв ключевых участков. Здесь представлены почвы различных типов, от торфяно-глеевых до темногомусовых типичных.



Рис. 3. Почвенные профили некоторых ключевых участков города Ангарска:
А – урбо-абразем аккумулятивно-карбонатный; Б – дерново-подзолистая типичная почва;
Б – темногомусовая типичная почва

Fig. 3. Soil profiles of some key areas of the city of Angarsk: A – urbo-abrasem accumulative-carbonate;
Б – sod-podzolic typical soil; B – dark-humus typical soil

Однако, несмотря на городские условия, часто сохраняются участки естественных ландшафтов, на которых распространены естественные типы почв: в парках, в рощах и на болотах, где отмечается минимум антропогенного воздействия, даже несмотря на высокую, в среднем, степень загрязненности городских территорий.

Ниже приведены описания почвенных профилей некоторых ключевых участков (см. рис. 3) здесь представлены: 1 – Типичная городская почва, которую по современной классификации почв на сайте «Классификация почв России» можно назвать урбо-абразем аккумулятивно-карбонатный. Это почва с отсутствующим гумусовым горизонтом, вместо которого находится насыпь антропогенного песка, а внизу профиля – карбонатная порода; 2 – Естественная дерново-подзолистая типичная почва в Парке Строителей, здесь полностью сохранены естественные генетические горизонты почвы; 3 – Естественная темногумусовая почва во дворе жилого дома в городе Ангарске, на карбонатной породе и под остепненной растительностью.

Описание почвенных профилей некоторых ключевых участков

А

Площадка 1

Местоположение: въезд в г. Ангарск. 10 м до автомобильной дороги.

Растительность: преобладает сорная, встречается разнотравье.

Порода: карбонатная супесь.

Тип почвы: урбо-абразем аккумулятивно-карбонатный.

Ствол: постлитогенного почвообразования.

Отдел: абраземы.

Морфологическое описание почв:

0–2 см – АУ – дернина, не вскипает от 10 % HCl.

2–12 см – ВСА – светло-коричневый, рыхлый, не вскипает от 10 % HCl, песок.

12–16 см – ВССА – светло-коричневый, слабоуплотненный, не вскипает, песок.

С 16 см – ССА – серо-бежевый, уплотненный, вскипает, супесь.

Б

Площадка 4

Местоположение: г. Ангарск, Парк Строителей.

Растительность: сосновый лес, лесное разнотравье.

Порода: бескарбонатная супесь.

Тип почвы: дерново-подзолистая типичная.

Ствол: постлитогенного почвообразования.

Отдел: текстурно-дифференцированные почвы.

Морфологическое описание почв:

0–3 см – АУ – дерновый горизонт, не вскипает от 10 % HCl.

3–11 см – АУ – темный, рыхлый, структура мелкозернистая, не вскипает от 10 % HCl, супесь, переход постепенный.

11–14 см – АЕL – коричневый, слабоуплотненный, не вскипает, супесь, структура мелкозернистая, переход постепенный.

15–25 см – ВЕL – светло-коричневый, уплотненный, не вскипает, супесь.

С 25 см – светло-рыжий, плотный, супесь, не вскипает.

В

Площадка 6

Местоположение: г. Ангарск. Двор жилого дома на другой стороне дороги от Сквера семьи.

Растительность: насаждения. 1 ряд – лиственницы, 2 ряд – березы. Клевер, разнотравье. Трава разреженная, сухая, похожая на остепненную.

Порода: карбонатная супесь.

Тип почвы: темногумусовая типичная.

Ствол: постлитогенного почвообразования.

Отдел: органо-аккумулятивные почвы.

Морфологическое описание почв:

0–3 см – АУ – дерновый горизонт, сухой, пыльный, слабое кипение от 10 % HCl.

3–8 см – АУ – темный, рыхлый, сухой, пыльный, структура мелкозернистая, умеренное вскипание от 10 % HCl, супесь, включения камней.

8–11 см – АУВ – коричневый, сухой, пыльный, слабоуплотненный, вскипает, супесь, включения камней.

11–18 см – В – коричневый, сухой, пыльный, уплотненный, сильное вскипание, супесь, включения камней.

С 18 см С – светло-рыжий, сухой, пыльный, очень плотный, супесь, бурное вскипание, с 24 по 25 см – полоска извести, включения камней.

Фитотоксичность почв

Почва становится токсичной, когда в ней накапливаются тяжелые металлы, токсичные вещества [Красильников, 1958]. Известно, что почвы Иркутской области загрязнены тяжелыми металлами [Геохимия..., 2008; Potential accumulation..., 2023], а значит, могут обладать токсическими свойствами. Эти свойства проявляются в подавлении развития растений и микроорганизмов в токсичной почве. Выявлено, что в таких почвах содержится также большое число токсичных микроорганизмов различных систематических групп.

Когда уровень загрязнения почв повышен, видовая структура растений становится проще, потому что уменьшается количество редких видов, но на таких территориях могут формироваться новые виды, которые имеют высокую стойкость к фитотоксичности почв.

Далее представлены результаты анализа на фитотоксичность почвы (процент проросших семян редьки в почвах городов Иркутск и Ангарск) (табл., рис. 4).

Процент проросших семян редьки в почвах городов Иркутск и Ангарск
Percentage of sprouted radish seeds in the soils of the cities of Irkutsk and Angarsk

Иркутск			Ангарск		
№ образца	Местоположение	Процент проросших семян	№ образца	Местоположение	Процент проросших семян
1	Берег р. Иркут, 300 м до Иркутского моста	100	1А	Въезд в г. Ангарск, 10 м до автомобильной трассы	55
2	Берег р. Ушаковки, 10 м до впадения в р. Ангару	100	2А	Двор административного здания, сосновый лесок	60
3	Берег р. Ангары, п. Жилкино	80	3А	Пригород на ул. Карла Маркса, 5 метров до автомобильной дороги	22
4	рп. Маркова, 10 метров до р. Кая, 20 метров от автомобильной дороги	70	4А	Пригород на ул. Карла Маркса, 5 метров до автомобильной дороги (погребенный гумусовый горизонт)	65
5	Ново-Ленинские болота, 300 м до автомобильной дороги	80	5А	Парк Строителей, сосновый лес	80
6	Озера по пути в мкр. Ново-Ленино, овраг, 20 м до автомобильной дороги	40	6А	Ул. Чайковского, сосновый парк	85
7	Под Кайской горой, дачное садоводство, 100 м до берега р. Иркут	77	7А	Двор жилого дома на другой стороне дороги от Сквера семьи	55
Холостая проба 1		100	Холостая проба 2		100

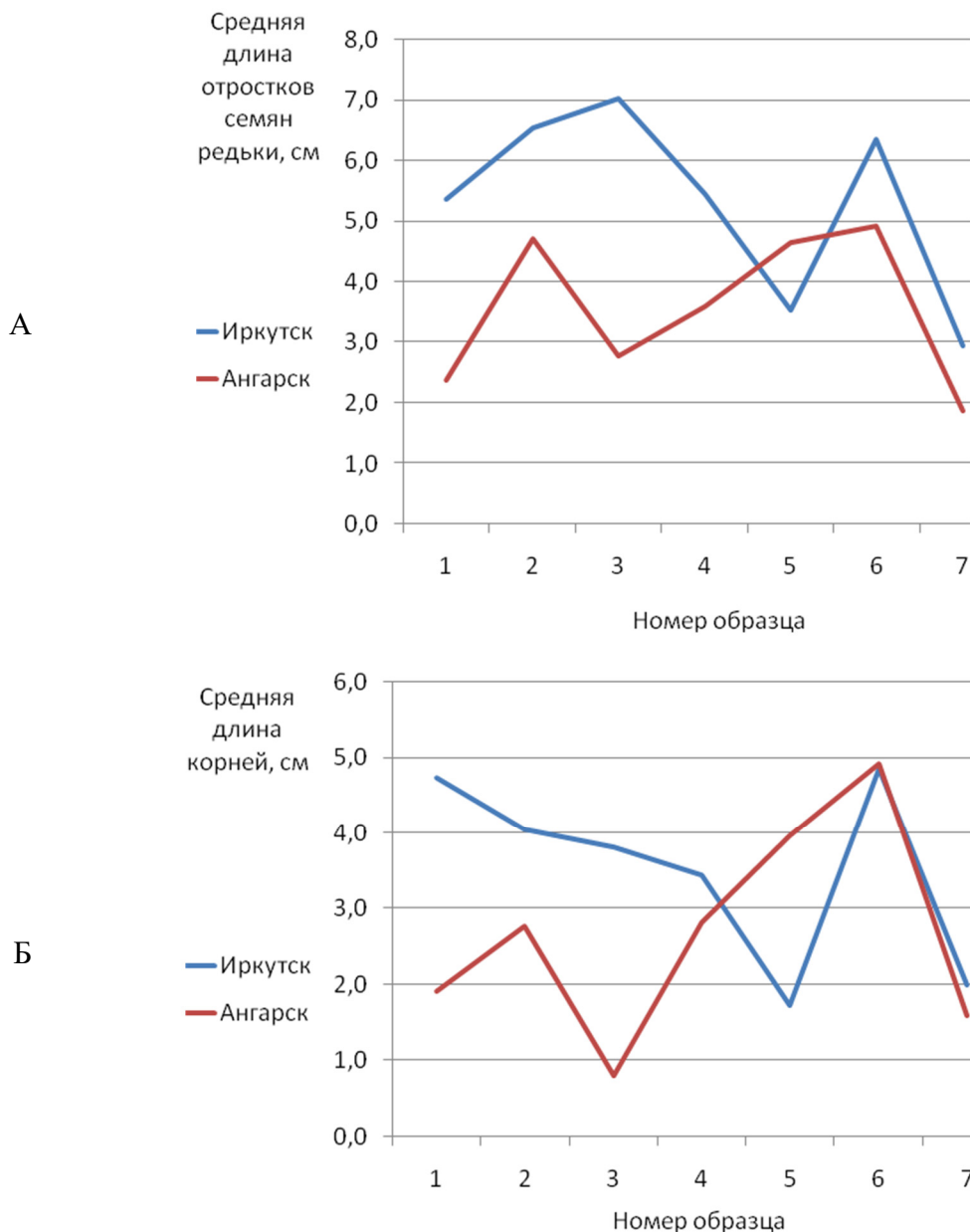


Рис. 4. Средняя длина отростков (А) и корней (Б) редьки в почвах городов Иркутск и Ангарск
Fig. 4. Average length of processes and radish roots in the soils of the cities of Irkutsk and Angarsk

Из результатов (см. табл.) следует, что для некоторых образцов города Иркутска характерна наибольшая всхожесть семян редьки (100 %) – это площадки на берегах рр. Иркут и Ушаковка (образцы 1, 2), наименьшая для берега озера вблизи мкр. Ново-Ленино (образец 6). Почвы других ключевых площадок характеризуются хорошей всхожестью семян (более 60 %).

Для образцов почв парков и лесопосадок города Ангарска характерен высокий процент пророста семян редьки. Наименьший процент всхожести семян – в образцах почв улиц и жилых дворов (образцы 1А, 3А, 7А). В почве с погребенным гумусовым горизонтом на пригорке на улице Карла Маркса в городе Ангарске наблюдается крайне низкий процент проросших семян в верхнем гумусовом горизонте (образец 3А), а в погребенном горизонте, наоборот, наблюдается вполне удовлетворительный (65 %) процент проросших семян (образец 4А).

Важным показателем при изучении всхожести семян в городских почвах является длина самих отростков, а также длина корней (см. рис. 4).

Выявлено, что средние значения длин отростков и корней редьки в образцах почв города Иркутска и его пригородов оказались в целом несколько выше по сравнению со средними значениями длин отростков и корней редьки в почвах города Ангарска.

Средняя длина отростков по городу Иркутску составляет 5,3 см с доверительным интервалом 0,87 см. По городу Ангарску средняя длина отростков – 3,6 см с доверительным интервалом 0,60 см. Средняя длина корней по городу Иркутску – 3,5 см с доверительным интервалом 0,7 см, а по городу Ангарску средняя длина корней составила 2,7 см с доверительным интервалом 0,79 см.

Средняя сумма длин отростков и корней по городу Иркутску составила 8,8 см с доверительным интервалом 1,0 см, а по городу Ангарску – 6,3 см с доверительным интервалом 0,95 см.

Исходя из полученных средних значений длин отростков и корней редьки в образцах, почвы города Иркутска и его пригородов оказались в целом несколько менее фитотоксичны по сравнению с почвами города Ангарска.

Заключение

Согласно полученным результатам, в городе Иркутске наиболее загрязненным участком оказался берег озера по пути в мкр. Ново-Ленино, относительно чистыми являются берега рек Иркут и Ушаковка, а почвы других ключевых площадок характеризуются хорошей всхожестью семян (более 65 %). Почвы пригорода Иркутска (рп. Маркова) показали удовлетворительный процент всхожести семян и, согласно методике, являются нефитотоксичными.

В городе Ангарске наиболее загрязненными оказались почвы улиц и жилых дворов. В почве с погребенным гумусовым горизонтом на пригорке по оживленной улице Карла Маркса в городе Ангарске замечен очень низкий процент проросших семян в верхнем гумусовом горизонте, а в погребенном горизонте семена редьки взошли в удовлетворительном количестве (65 %). Почвы парков и лесопосадок города Ангарска являются наиболее чистыми – об этом свидетельствует высокий процент пророста семян редьки. Если исходить из полученных средних значений длины отростков и корней редьки в образцах, почвы города Иркутска и его пригородов оказались в целом несколько менее фитотоксичны по сравнению с почвами города Ангарска.

Однако необходимо отметить, что в условиях города бывают сохранены естественные ландшафты с помощью различных средообразующих и средосохраняющих объектов – парки, рощи, лесопосадки и т. д., почвы этих участков оказались наиболее чистыми.

Список источников

- Аринушкина Е.В. 1970. Руководство по химическому анализу почв. М., Издательство Московского университета, 487 с.
- Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. 2004. М., Иркутск, 90 с.
- Бояркин В.М., Бояркин И.В. 2007. География Иркутской области (природа, население, хозяйство, экология). Иркутск, ИД «Сарма», 256 с.
- Воробьева Г.А. 2009. Почвы Иркутской области: вопросы классификации, номенклатуры и корреляции. Иркутск, Издательство Иркутского государственного университета, 149 с.
- ГОСТ Р ИСО 22030-2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. 2009. М., Изд-во стандартов, 20 с.
- Potential accumulation of toxic trace elements in soils during enhanced rock weathering. Electronic resource. URL: www/bsssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ejss.13343 (Date Views 27.12.2023).

Список литературы

- Агрохимические методы исследования почв. 1975. М., Наука, 656 с.
- Воробьева Г.А. 2010. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск, Издательство Иркутского государственного университета, 205 с.
- Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический полигон). 2008. Под ред. В.И. Гребенщикова. Новосибирск, Гео, 234 с.
- Геоэкологическая характеристика городов Сибири. 1990. Под ред. А.Н. Антипова. Иркутск, Издательство Института географии СО АН СССР, 224 с.
- Красильников Н.А. 1958. Микроорганизмы почвы и высшие растения. М., Издательство АН СССР, 463 с.
- Теория и практика химического анализа почв. 2006. Под ред. Л.А. Воробьевой. М., ГЕОС, 400 с.
- Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. 2004. Классификация и диагностика почв России. Смоленск, Ойкумена, 341 с.
- Brevik E.C., Miller B.A., Pereira P., Kabala C., Baumgarten A., Jordan A. 2016. Soil Mapping, Classification, and Pedologic Modeling: History and Future Directions. *Geoderma*, 264: 256–274. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.05.017>.
- Bushnell T.M. 1942. Some Aspects of the Soil Catena Concept. *Soil Science Society of America Journal*, 7: 466–476. <https://doi.org/10.2136/sssaj1943.036159950007000C0079x>.
- Doerr S.H., Shakesby R.A., Walsh R.D. 2000. Soil Water Repellency: Its Causes, Characteristics and Hydro-Geomorphological Significance. *Earth-Sciences Reviews*, 51(1–4): 33–65. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(00\)00011-8](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(00)00011-8).
- Miller B.A., Schaetzl R.J. 1993. History of Soil Geography in the Context of Scale. *Geoderma*, 264: 284–300. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.041>.
- Milne G. 1935. Composite Units for the Mapping of Complex Soil Association. *Transactions of the Third International congress of Soil Science*, 1: 345–347.
- Speidel D.H., Agnew A.F. 1982. *The Natural Geochemistry of Our Environment*. Boulder, CO, Westview, 214 p.
- Thorp J., Baldwin M. 1938. Nomenclature of the Higher Categories of Soil Classification as Used in the Department of Agriculture. *Soil Science Society of America Journal*, 3: 260–271.

References

- Agrohimicheskie metody issledovaniya pochv [Agrochemical Methods of Soil Research]. 1975. Moscow, Publ. Nauka, 656 p.
- Vorob'eva G.A. 2010. Pochva kak letopis' prirodnyh sobytij Pribajkal'ja: problemy jevoljucii i klassifikacii pochv [Soil as a Chronicle of Natural Events of the Baikal Region: Problems of Evolution and Classification of Soils]. Irkutsk, Publ. Izdatel'stvo Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta, 205 p.
- Geochemistry of Baikal Environment. Baikal Geoecological Polygon. 2008. Ed. by V.I. Grebenshnikov. Novosibirsk, Publ. Geo, 234 p. (in Russian).
- Geojekologicheskaja harakteristika gorodov Sibiri [Geoecological Characteristics of Siberian Cities]. 1990. Ed. by A.N. Antipov. Irkutsk, Publ. Instituta geografii SO AN SSSR, 224 p.
- Krasilnikov N.A. 1958. Mikroorganizmy pochvy i vysshie rastenija [Soil Microorganisms and Higher Plants]. Moscow, Publ. AN SSSR, 463 p.
- Theory and Practice of Chemical Analysis of Soils. 2006. Ed. by L.A. Vorobeve. Moscow, Publ. GEOS, 400 p. (in Russian).
- Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. 2004. Klassifikacija i diagnostika pochv Rossii [Classification and Diagnostics of Soils in Russia]. Smolensk, Publ. Ojkumena, 341 p.
- Brevik E.C., Miller B.A., Pereira P., Kabala C., Baumgarten A., Jordan A. 2016. Soil Mapping, Classification, and Pedologic Modeling: History and Future Directions. *Geoderma*, 264: 256–274. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.05.017>.
- Bushnell T.M. 1942. Some Aspects of the Soil Catena Concept. *Soil Science Society of America Journal*, 7: 466–476. <https://doi.org/10.2136/sssaj1943.036159950007000C0079x>.

- Doerr S.H., Shakesby R.A., Walsh R.D. 2000. Soil Water Repellency: Its Causes, Characteristics and Hydro-Geomorphological Significance. *Earth-Sciences Reviews*, 51(1–4): 33–65. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(00\)00011-8](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(00)00011-8).
- Miller B.A., Schaetzl R.J. 1993. History of Soil Geography in the Context of Scale. *Geoderma*, 264: 284–300. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.041>.
- Milne G. 1935. Composite Units for the Mapping of Complex Soil Association. *Transactions of the Third International congress of Soil Science*, 1: 345–347.
- Speidel D.H., Agnew A.F. 1982. *The Natural Geochemistry of Our Environment*. Boulder, CO, Westview, 214 p.
- Thorp J., Baldwin M. 1938. Nomenclature of the Higher Categories of Soil Classification as Used in the Department of Agriculture. *Soil Science Society of America Journal*, 3: 260–271.

*Поступила в редакцию 21.09.2023;
поступила после рецензирования 28.12.2023;
принята к публикации 25.01.2024*

*Received September 21, 2023;
Revised December 28, 2023;
Accepted January 25, 2024*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Лопатина Дарья Николаевна, кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории геохимии ландшафтов и географии почв, Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Daria N. Lopatina, Candidate of Geographical Sciences, Researcher of the Laboratory of Landscape Geochemistry and Soil Geography, Institute of Geography V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia