

*А.Р. Никулина*<sup>1</sup>, *Е.Д. Сачкова*<sup>2</sup>, *Л.В. Бубнова*<sup>2</sup>

*1 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия*

*2 Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение г. Иркутска средняя общеобразовательная школа №19, Иркутск, Россия*

## **Биодиагностика и корреляционный анализ параметров, отражающих экологическое состояние почв с различной степенью антропогенной нагрузки**

**Аннотация.** *Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме изменения различных свойств почв в пределах городских территорий под действием антропогенной нагрузки. Получены сведения о корреляции электропроводности почв, содержания ионов химических веществ, концентрации гумуса и ферментативной активности почв городских территорий. Информация, собранная в ходе биодиагностики почв в пределах территорий с различной степенью антропогенной нагрузки может быть использована для характеристики экологического состояния почвенного покрова, оценки антропогенного воздействия на окружающую среду и разработки методов восстановления почв в пределах урбанизированных территорий.*

**Ключевые слова:** *электропроводность почвы; гумус; ферментативная активность почв; почвы городских территорий.*

*A. R. Nikulina*<sup>1</sup>, *E. D. Sachkova*<sup>2</sup>, *L. V. Bubnova*<sup>2</sup>

*1 Federal state budgetary educational institution of higher education "Saint Petersburg state University", Saint Petersburg, Russia*

*2 Municipal budgetary educational institution of Irkutsk secondary school No. 19, Irkutsk, Russia*

## **Bio-diagnostics and correlation analysis of parameters reflecting the ecological state of soils with various anthropogenic impact**

**Abstract.** *The article is devoted to the current problem of changing various soil properties within urban areas. Data on the correlation of soil electrical conductivity, chemical ion content, humus concentration and enzymatic activity of urban soils were obtained. Information collected during soil bio-diagnostics within territories with varying degrees of anthropogenic load can be used to characterize the ecological state of the soil cover, assess the anthropogenic impact on the environment, and develop methods for soil restoration within urbanized territories.*

**Keywords:** *electrical conductivity of the soil; humus; enzymatic activity of soils; soils of urban areas.*

### **Введение**

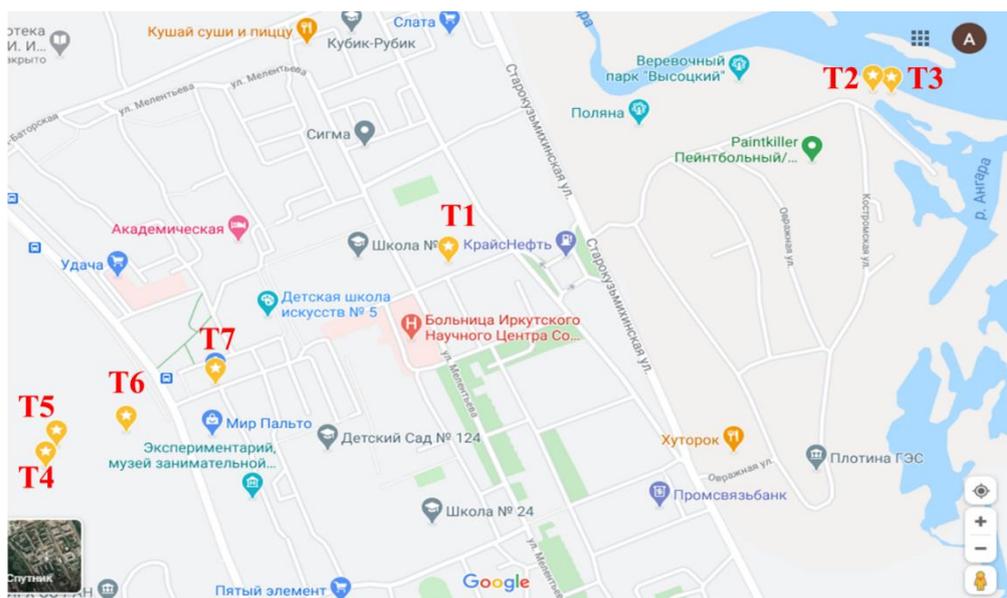
Почвенный покров является индикатором общего экологического состояния территории. Почва – планетарный узел экологических связей с многочисленными глобальными функциями, деградация которых чревата для цивилизации самыми тяжелыми последствиями [1]. В настоящее время особую актуальность приобретает изучение почв урбанизированных территорий в аспекте мониторинга и прогноза состояния окружающей среды, а также разработки методов предупреждения деградации почв и их восстановления, если имели место процессы трансформации.

Городские почвы значительно отличаются от почв внегородских территорий по морфогенетическим признакам и физико-химическим свойствам. Изменение структуры и функций

отдельных компонентов почвы под влиянием факторов среды вызывает перестройку в режимах функционирования всей урбоэкосистемы [2].

**Цель данного исследования:** с использованием методов биодиагностики установить корреляцию между физико-химическими и биологическими параметрами почв для оценки экологического состояния территорий с различной степенью антропогенной нагрузки.

Для исследований были отобраны пробы почвы с 7 точек, расположенных в районе Академгородка г. Иркутска (рис. 1). Это территории, расположенные в жилом массиве (точки 1 и 7), на реке Ангара (точка 3 и точка 2 – Тёплые озёра), в лесном массиве (точки 4, 5, 6). Все точки расположены на территориях, в различной степени подверженных антропогенной нагрузке. В качестве контроля (фонового образца) использовали почву, отобранную в лесном массиве за городом.



**Рисунок 1. Точки отбора образцов исследуемых почв**

Для оценки экологического состояния почв были определены физические (электропроводность), химические (концентрация ионов и различных веществ) и биологические (содержание гумуса, ферментативная активность почвы – ФАП) параметры.

Значения электрической проводимости связаны с показателями ёмкости катионного обмена (ЕКО), пористостью почвы, её гранулометрическим составом [3]. По литературным данным известно, что высокие значения электропроводности соответствуют высокому плодородию почвы. Также имеются сведения, что величина электропроводности почвы в большей мере коррелирует с урожайностью культур, чем содержание в ней отдельных элементов питания (K, P, N, S), т.к. каждый из них вносит свой вклад в электропроводность [4].

Электропроводность исследуемых образцов почвы определяли с помощью датчика электрической проводимости «Vernier» (в дСм/м).

Наибольшие значения электропроводности наблюдались в точке 7 (5-10 см), точке 1 (5-10 см), точке 1 (10-15 см). Наименьшие показатели электропроводности были зафиксированы в точках 3 (оба образца), 6 (5-10 см) и в точке 2 (оба образца).

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что наибольшим запасом питательных элементов и плодородием обладают точки 1 и 7, наименьшим – 2, 3, 6. Это связано с расположением точек, рельефом, растительным покровом: точки 2 и 3 находятся на берегу реки, на склоне и сложены речным аллювием; точки 1 и 7 расположены на ровной поверхности, защищены древесной растительностью, испытывают косвенное антропогенное влияние.

Поскольку концентрации аммония, хлора, калия, фосфатов и нитратов влияют на жизнедеятельность растений и характеризуют экологическое состояние почв, далее определяли содержание ионов данных элементов/соединений.

Азот является одним из важнейших элементов питания растений. Он входит в состав белков и нуклеиновых кислот – рибонуклеиновой (РНК) и дезоксирибонуклеиновой (ДНК). Содержится также в хлорофилле, фосфатидах, алкалоидах, ферментах и других органических веществах растительных клеток. Эффективность использования различных форм азота зависит от реакции среды: в нейтральной реакции лучше поглощается аммонийный азот, при кислой — нитратный [5]. Предельно допустимая концентрация нитратов в почве составляет 130 мг/кг [6].

Хлор в соединении со щелочными и щелочноземельными металлами концентрируется в вакуолях и способствует регулированию осмотических процессов в растениях и живых организмах, способствует увеличению в объёме протоплазмы клеток и положительно влияет на обводненность тканей, стимулирует деятельность ферментов у растений. Дефицит хлора вызывает хлороз листьев, уменьшение корневой системы, появление крапчатости на листьях и их увядание. Высокий уровень хлора также способен оказывать негативное воздействие на развитие растений: он вызывает слабый рост культур и их плохое укоренение [5].

Калий усиливает осмотическое давление клеточного сока, тем самым повышая холодоустойчивость и морозостойкость растений. Калий участвует в синтезе белков. Недостаток калия приводит к снижению ферментативной активности, нарушению углеводного и белкового обмена, увеличению расхода углеводов на дыхание [7].

Фосфаты способствуют повышению устойчивости растений к засухам и болезням, улучшению углеводного обмена, процессам образования завязей, формированию и созреванию плодов. Избыток фосфора приводит к преждевременному развитию и раннему плодоношению, снижению урожайности растений. Недостаток фосфора вызывает замедление роста и развития растений, снижается синтез белка и сахаров, листья формируются мелкие и узкие, задерживаются цветение и созревание плодов [8].

Концентрацию ионов аммония, хлора, калия в образцах почвы определяли с помощью специального датчика «Vernier», который погружали в водную вытяжку из почвы. Содержание фосфатов и нитратов в почве определяли экспресс-методом, для этого использовали методику «Water monitoring» (SEED) и соответствующие препараты.

### Определение концентрации химических элементов в отобранных образцах

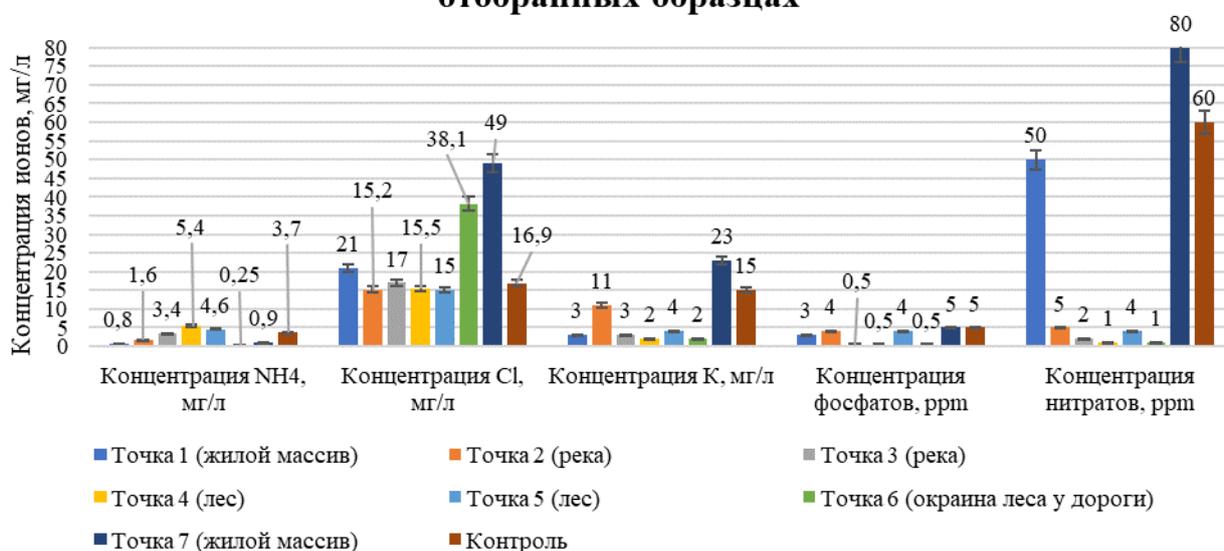


Рисунок 2. Концентрация химических элементов в отобранных образцах почв

По результатам эксперимента (рис. 2) было установлено, что самые высокие значения концентрации аммония – в точках 4 и 5, которые расположены в глубине леса; наименьшие значения концентрации  $\text{NH}_4$  соответствуют точкам, находящимся вблизи автодорог и испытывающим высокую антропогенную нагрузку (образцы 6, 1, 7, 2). Таким образом, лучшие условия для питания и произрастания растений наблюдаются в точках, наименее подверженных антропогенной деятельности.

Самые высокие значения концентрации хлора – в точке 7 – 49,0 мг/л, самые низкие показатели содержания хлора наблюдаются в точках 2, 4, 5, удаленных от мест с высокой антропогенной нагрузкой.

Содержание калия варьирует. В среднем концентрация  $\text{K}^+$  составляет 2,0-4,0 мг/л. Исключения составляют точки 2 (11,0 мг/л) и точка 7 (23,0 мг/л). Высокие концентрация калия в точке 7 объясняются возможным внесением удобрений, поскольку точка расположена в черте жилого массива. В точке 2 особенности рельефа и малое количество растительности способствуют сохранению высоких концентраций калия.

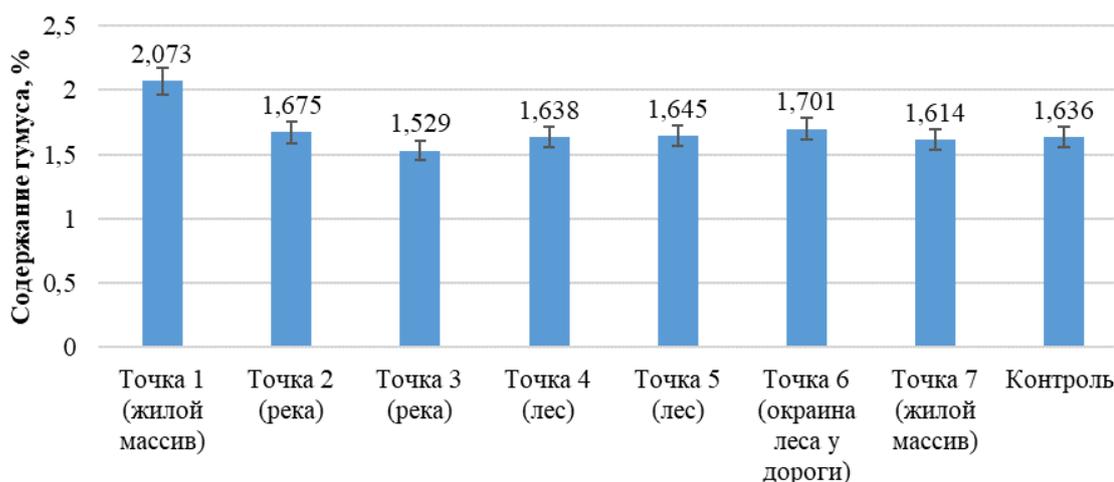
Наибольшее количество фосфатов и нитратов было зафиксировано в точках 7, 1 и в контрольном образце. Наименьшее содержание фосфатов было отмечено в точках 3, 4 и 6, а нитратов в точках 4,6. В точках контроля процессы круговорота веществ проходят более активно, так как они расположены в лесном массиве. В точках 7 и 1 вероятнее всего происходило дополнительное внесение органических веществ, поскольку точки находятся в жилом массиве. Точка 6 расположена вблизи дороги и испытывает антропогенное влияние. Точка 3 расположена на берегу реки, сложена речным аллювием, бедна растительностью, не испытывает интенсивной антропогенной нагрузки, а потому здесь наблюдаются низкие показатели содержания фосфатов и нитратов.

Гумус играет важную роль в формировании профиля почвы и в процессах почвообразования, влияет на физические и химические свойства почв. Почвы, богатые гумусом, характеризуются большей поглотительной способностью, лучшими водными и физическими свойствами. Обеспеченность почв гумусом связана со степенью биологической активности почвы. В гумусе содержатся основные элементы питания растений [1].

Для определения содержания гумуса использовали спектрофотометрический метод Орлова-Гринделя [9].

Для этого 5 минут кипятили 20 мл 0,4 н. (по бихромату калия) окислительную смесь с добавлением 0,3 г почвы, после чего охлаждали смесь, переносили в мерный цилиндр, доводя объем дистиллированной водой до 100 мл. Цилиндр закрывали пробкой и оставляли при комнатной температуре на ночь. На следующий день измеряли оптическую плотность отстоявшегося раствора на спектрофотометре «Vernier» при длине волны 590 нм. Полученные результаты сравнивали со значениями оптической плотности раствора бихромата калия ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) концентрации 1:4. Устанавливали «нуль» приборов по холостому раствору бихромата калия. Содержание углерода в процентах рассчитывали по формуле:  $\text{C, \%} = 0,86\text{D}/\text{m}$ ; где D – оптическая плотность; m – вес навески почвы в г. Далее рассчитывали процентное содержание гумуса в почве. Для этого полученные значения процентного содержания углерода умножали на коэффициент Вольфа, равный 1,724.

### Содержание гумуса, %, длина волны 590 нм



**Рисунок 3. Определение содержания гумуса в исследуемых образцах, %**

По результатам исследований (рис. 3) наибольшее содержание гумуса было зарегистрировано в точке 1, расположенной в жилом массиве Академгородка, приуроченной к еловой растительности. Наименьшее содержание гумуса – в точке 3, которая находится на берегу р. Ангары и сложена речным аллювием.

Важным аспектом мониторинговых исследований является оценка биологических показателей почв, в том числе, ферментативной активности. Нами экспериментально получены сведения об уреазной, протеазной и целлюлозной активности почв исследуемых территорий.

Целлюлозолитическая активность (ЦА) позволяет оценить плодородие почвы и степень активности целлюлозолитиков [10]. Определение целлюлозолитической активности почвы производили аппликационным методом [11].

Высокая активность целлюлазы наблюдалась в точках, почвы которых богаты азотом (точки 4 и 7), подвижными формами калия (точки 2 и 7) и фосфора (точки 2 и 7). В почвах, содержащих незначительное количество органического вещества, азота и других питательных элементов, образцы ткани имели наименьший процент разрушения (точки 3 (5-10 см), 4 (10-15 см), 6 (5-10 см) и 6 (10-15 см)).

Протеаза активизирует динамику азота при последовательном расщеплении белковых веществ [12]. Метод определения протеазной активности основан на микробиологическом расщеплении желатины, имеющейся в эмульсионном слое фотобумаги [13].

Наибольшая протеазная активность зарегистрирована в точках 2, 5, 7 и контроле, вероятно активность микробоценоза в данных почвах достаточно высока. Низкая активность протеазы – у образцов 4 и 6 (рис. 4).

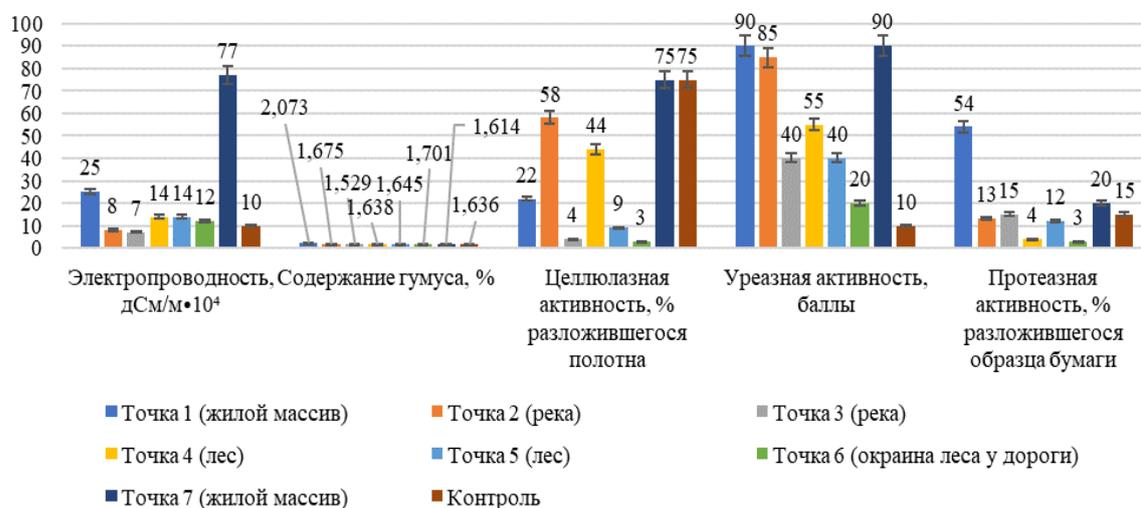
Важным показателем биологической активности почвы является уреазная активность. Известна корреляция между ростом уреазной активности и увеличением количества аммонифицирующих микроорганизмов. Активность уреазы отражает способность почв к самовосстановлению [11].

Для определения уреазной активности почвы использовали экспресс-метод Т.В. Аристовской, М.В. Чугуновой [14].

Высокая уреазная активность (УА) зарегистрирована в точках 1 и 7, что соотносится с высокой электропроводностью и большим по сравнению с другими точками содержанием гумуса. Также высокие показатели УА отмечены в образцах 2 и 4. Значительное влияние на активность уреазы оказывает содержание в почве различных ионов:  $Cl^-$ ,  $K^+$ , фосфаты и нитраты обуславливают высокую УА в точке 7;  $Cl^-$  и нитраты стимулируют активность микробиоты в точке 1; на точку 2 влияют повышенные концентрации калия и фосфатов; на точку 4 – аммония.

Низкие показатели уреазной активности наблюдались в точках с невысокими значениями электропроводности, малым количеством гумуса и элементов минерального питания.

### Корреляция между электропроводностью и биологическими показателями почв



**Рисунок 4. Корреляция между электропроводностью и биологическими показателями почв**

#### Заключение

Таким образом, между физическими, химическими и биологическими показателями экологического состояния почв существует корреляция. Наименее благоприятное состояние почв отмечено в точке 6, расположенной вблизи автомагистрали, невысокое содержание гумуса и элементов минерального питания растений наблюдалось в точках, расположенных на берегу реки, 2 и 3. Лучшие условия для произрастания растений, богатство элементами минерального питания зарегистрированы в точках 4 и 5 (лесной массив). На территориях, расположенных в жилом массиве (1 и 7) отмечены высокая ферментативная активность и высокое содержание различных химических веществ, что связано с антропогенной деятельностью, привнесением удобрений и небольших доз нефтепродуктов, стимулирующих активное функционирование микробиоты.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Добровольский Г.В. Экология почв / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: Изд-во МГУ, 2012. – 413 с.
2. Макаров А.А. Опыт оценки риска химического загрязнения городских почв Московского региона // Москва 2017, – С.104-108.
3. Марчик Т.П., Ефремов А.Л. Общие физические и физико-механические свойства почвы // Общее почвоведение – 2006. – 5 с.
4. Методика отбора почвенных проб по элементарным участкам поля в целях дифференцированного применения удобрений / В.Г. Сычев, Р.А. Афанасьев, Г.И. Личман, М.Н. Марченко. М.: ВНИА, 2007. – 36 с.
5. Беляев А.Б. Элементы минерального питания в почвах: учебно-методическое пособие для вузов / А.Б. Беляев. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского ГУ, 2012. – 29 с.
6. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: МУ 2.1.7.730-99. Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 7 февраля 1999

7. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия / Под ред. Б.А. Ягодина. — М.: Колос, 2002. — 584 с.: ил.
8. Агрохимия. Учебник/В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Г.П. Гамзиков и др.; под ред. В.Г. Минеева. — М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. — 854 с.
9. Орлов Д.С. Химия почв: Учебник / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И. Суханова. - М.: Высш.шк., 2015.-558с.: ил.
10. Хазиев, Ф.Х. Влияние нефтяного загрязнения на некоторые компоненты агросистемы / Ф.Х. Хазиев, Е.И. Тишкина, Н.А. Киреев [и др.]// Агрохимия. - 1998. – № 2. - С. 56-61. – ISSN 0002-1881.
11. Забелина О.Н. Оценка экологического состояния почвы городских рекреационных территорий на основании показателей биологической активности (на примере г. Владимира): диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. – Владимир, 2014. – 147 с.
12. Гельцер Ю.Г. Показатели биологической активности в почвенных исследованиях / Ю.Г. Гельцер // Почвоведение. - 1990. – № 9. - С. 47 – 60. - ISSN 0032-180X.
13. Мирчинк Т.Г. Почвенная микробиология. М.: МГУ, 1988. – 220 с.
14. Аристовская Т.В., Чугунова М.В. Экспресс-метод определения биологической активности почв // Почвоведение. – 1989. – № 11. – С. 142-147.

## REFERENCES

1. Dobrovolsky G. V. soil Ecology / G. V. Dobrovolsky, E. D. Nikitin. - Moscow: MSU publishing House, 2012. - 413 p.
2. Makarov A. A. Experience in assessing the risk of chemical contamination of urban soils in the Moscow region // Moscow 2017, - P. 104-108.
3. Marchik T. P., Efremov A. L. General physical and physical-mechanical properties of the soil // General soil science-2006. - 5 p.
4. Methods sampling on the elementary parts of the field in order for a differentiated application of fertilizers / V. G. Sychev, R. A. Afanasiev, G. I. Leach Mans, M. N. Marchenko. M: UNIA, 2007. – 36 p.
5. Belyaev A. B. mineral nutrition Elements in soil in: textbook for universities / A. B. Belyaev. - Voronezh: Publishing and printing center of the Voro-nezhsky state University, 2012. - 29 p.
6. Hygienic assessment of soil quality in populated areas: MU 2.1.7.730-99. Approved. Chief state sanitary doctor of the Russian Federation February 7, 1999
7. Yagodin B. A., Zhukov Yu. P., Kobzarenko V. I. Agrochemistry / Edited by B. A. Yagodin. - M.: Kolos, 2002. - 584 p.: Il.
8. Agrochemistry. Textbook / V. G. Mineev, V. G. Sychev, G. P. Gamzиков, etc.; edited by V. G. Mineev. - Moscow: Publishing house of the VNIIA named after D. N. Pryanishnikov, 2017. - 854 p.
9. Orlov D. S. soil Chemistry: Textbook / D. S. Orlov, L. K. Sadovnikova, N. And. Sukhanova. - M.: Higher.wk., 2015.-558с.: Il.
10. Khaziev, F. Kh., the Influence of oil pollution on some components of the agrosystems / Khaziev F. H., E. I. tychkina, N. And. Kireev [et al.]// Agrochemistry. - 1998. - No. 2. - Pp. 56-61. - ISSN 0002-1881.
11. Zabelina O. N. Assessment of the ecological state of the soil of urban recreational territories based on indicators of biological activity (on the example of Vladimir): the dissertation on competition of a scientific degree of candidate of biological Sciences. - Vladimir, 2014. - 147 p.
12. Geltser, Y. G. Indicators of biological activity in the soil studies / Yu. G. geltzer // soil science. - 1990. - No. 9. - P. 47-60. - ISSN 0032-180X.
13. Mirchink T. G. Soil Microbiology, Moscow: MSU, 1988, 220 p.
14. Hristovska T. V., Chugunov M. V.

## Информация об авторах

*Никулина Анна Романовна* — студентка 2-го курса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», 199406, Санкт-Петербург, ул. Шевченко 25, e-mail: anna.2001-nik@mail.ru.

*Сачкова Елизавета Дмитриевна* — ученица 10-го класса, Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение г. Иркутска средняя общеобразовательная школа №19, 664011, г. Иркутск, ул. Лермонтова 273, e-mail: elizametriya@mail.ru.

*Бубнова Людмила Валентиновна* — учитель географии, Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение г. Иркутска средняя общеобразовательная школа №19, 664074, г. Иркутск, ул. Флюкова 45, e-mail: lukosol@mail.ru.

## Authors

*Nikulina Anna Romanovna* - 2nd year student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State University", 199406, St. Petersburg, st. Shevchenko 25, e-mail: anna.2001-nik@mail.ru.

*Sachkova Elizaveta Dmitrievna* — 10th grade student, Municipal budgetary educational institution of Irkutsk secondary school No. 19, 664011, Irkutsk, 273 Lermontov street, e-mail: elizametriya@mail.ru

*Bubnova Lyudmila Valentinovna* — geography teacher, municipal budgetary General education institution of Irkutsk secondary General education school No. 19, 664074, Irkutsk, flukova str. 45, e-mail: [lukosol@mail.ru](mailto:lukosol@mail.ru).

## Для цитирования

Никулина А. Р., Сачкова Е. Д., Бубнова Л. В. Биодиагностика и корреляционный анализ параметров, отражающих экологическое состояние почв с различной степенью антропогенной нагрузки / Никулина А. Р., Сачкова Е. Д., Бубнова Л. В. // Global And Regional Research. — 2020. — Т. 27, № X. — С. 00–00. — DOI : 10.17150/2500-2759.2017.27.

## For citation

Nikulina A. R., Sachkova E. D., Bubnova L. V. Determination of biological activity of soils in territories with different degrees of anthropogenic load / Nikulina A. R., Sachkova E. D., Bubnova L. V. // Proceedings of the Baikal state University. - 2020. — Vol. 27, No. X. — P. 00-00. — DOI : 10.17150/2500-2759.2017.27