

СОЗДАНИЕ ГОРОДСКИХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ НА НАРУШЕННЫХ ЗЕМЛЯХ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

С. Н. Сорокин¹, О. Б. Вайшля², И. С. Недбаев³

^{1,3} Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Санкт-Петербург, Россия

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

¹ ssn1007@mail.ru, ² plantaplus@list.ru

Аннотация. Освещается вопрос рекультивации нарушенных земель в городских условиях, максимально быстрого формирования новых биогеоценозов на урбоземах, решение основных проблем создания жизнеспособных зеленых насаждений на примере районов новостроек Санкт-Петербурга. Обозначаются два основных фактора влияния: «административный» – слабый профессионализм современных управленцев разных уровней, низкий образовательный и профессиональный уровень работников компаний-проектировщиков и садово-парковых компаний и, как следствие, нарушение агротехники выращивания почвопокровных и древесно-кустарниковых растений, отсутствие должного контроля за результатами их деятельности; «почвенно-биологический» – труднопредсказуемый по составу и крайне низкий по плодородию вновь создаваемый техногрунт с маломощным гумусовым горизонтом. Предложены варианты решения: создание и использование стандартизированных составов органо-минеральных композиций на основе осадков коммунальных сточных вод с целью получения достаточного количества материала для формирования плодородного слоя почвы на нарушенных землях, создание региональных унифицированных составов травосмесей, тщательный подбор древесных пород для разных условий произрастания, применение недорогих и надежных биопрепаратов для запуска естественного механизма повышения плодородия формирующейся почвы, применение органо-минеральных, взамен химических, удобрений в процессе выращивания растений. В качестве примера исследовано воздействие биологического препарата «Биовайс» и органо-минерального удобрения «Турмакс», показана эффективность их применения на процессы роста саженцев, развитие генеративной системы ели колючей *Picea pungens* Engelm. Актуальность работы подтверждается спросом на эффективные меры содействия созданию устойчивых зеленых насаждений, ускоренному формированию биогеоценозов в крупных городских агломерациях (мегаполисах).

Ключевые слова: восстановление нарушенных земель, урбоземы, зеленые насаждения, Санкт-Петербург, биопрепараты, ель колючая

Для цитирования: Сорокин С. Н., Вайшля О. Б., Недбаев И. С. Создание городских биогеоценозов на нарушенных землях: проблемы и пути решения // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2023. Vol. 8 (2). <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2023-2-5>

CREATION OF URBAN BIOGEOCENOSES ON DISTURBED LANDS: PROBLEMS AND SOLUTIONS

S.N. Sorokin¹, O.B. Vaishlya², I.S. Nedbaev³

^{1,3} St. Petersburg Research Institute of Forestry, St. Petersburg, Russia

² National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

¹ ssn1007@mail.ru, ² plantaplus@list.ru

Abstract. This work is devoted to the issue of reclaiming disturbed lands in urban conditions, forming new biogeocenoses on urban areas as rapidly as possible, solving the problems of creating viable green spaces based on the example of new building areas in St. Petersburg. Two main factors of influence are identified: "administrative" – low professionalism of modern managers at various levels, low educational and professional level of employees of design companies and landscape gardening companies, and, as a result, a violation of agricultural practices for growing ground cover and tree-shrub plants and a lack of proper control over the results of their activities and "soil-biological" – a newly created techno-soil with a thin humus horizon, the composition of which is difficult to predict and which has extremely low fertility. The following solutions are proposed: creating and using standardized formulation of organo-mineral compositions based on municipal sewage sludge in order to obtain a sufficient amount

of material for the formation of a fertile soil layer on disturbed lands, creating regional unified compositions of grass mixtures, carefully selecting tree species for different growing conditions, applying inexpensive and reliable bio-preparations to launch the natural mechanism of increasing the fertility of the emerging soil, using organo-mineral, instead of chemical, fertilizers in the process of growing plants. As an example, the effect of the biological preparation "Bioways" and the organo-mineral fertilizer "Turmaks" was studied, the effectiveness of using them in the growth processes of seedlings and developing the generative system of prickly spruce *Picea pungens* Engelm was shown. The relevance of the work is confirmed by the demand for effective measures to promote the creation of sustainable green spaces, the accelerated formation of biogeocenoses in large urban agglomerations (megacities).

Keywords: restoration of disturbed lands, urban soil, green spaces, St. Petersburg, biological preparations, prickly spruce

For citation: Sorokin S.N., Vaishlya O.B., Nedbaev I.S. Creation of urban biogeocenoses on disturbed lands: problems and solutions. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2023;8(2). (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2023-2-5>

Введение

Человечество в своем безудержном стремлении к наращиванию «потребления» и связанными с ним процессами промышленного «завоевания природы» с большим успехом осваивает еще не вовлеченные в хозяйственный оборот лесные, сельхозугодья, водные пространства, оставляя за собой огромные пустоши антропогенных ландшафтов, именуемые *нарушенными землями* [1–4]. Значительную долю в уничтожении природных ландшафтов составляет расширение площадей мегаполисов и менее крупных городов, промышленных предприятий и всевозможных полигонов, различных развлекательных сооружений, транспортных артерий и пр., где помимо возведения капитальных строений для улучшения качества окружающей

среды и санитарно-гигиенического состояния разбиваются цветники, устраиваются газоны, высаживаются деревья и даже небольшие парки. Наблюдая за формированием вновь создаваемых ценозов, пусть в начальном состоянии, *очень часто* приходится признавать, что несмотря на значительные усилия (финансовые и трудовые), эффективность мероприятий остается довольно низкой: газоны после посева травосмесей клочками заселяются рудеральными видами – «растениями-пионерами» – и редкие слаборазвитые дернинки уцелевшей овсяницы и райграса не радуют глаз (рис. 1); старательно посаженные древесные и кустарниковые растения (ДКР) «сидят» без видимых приростов или тихо вымирают, а на их место с не меньшим усердием сажают новые растения (рис. 2).



Рис. 1. Газон с «проплешинами»

Fig. 1. Lawn with bare spots



Рис. 2. Ясень обыкновенный с посадкой «не на месте»
Fig. 2. Common ash (*Fraxinus excelsior*) planted out of place

Каковы же причины неудач? Что можно сделать, чтобы повысить эффективность работ по озеленению, созданию новых природных ландшафтов? Ведь роль зеленых насаждений и травяных газонов на упомянутых территориях действительно велика: защита от пыли и грязи, связывание углерода и азота из воздушной среды, улучшение ее санитарного состояния вследствие выделения фитонцидов, создания новых – «урбанизированных» – биогеоценозов, здоровой среды обитания для человека. Причин неудач несколько: слабый профессионализм современных управленцев разных уровней, низкий

образовательный и профессиональный уровни работников компаний-проектировщиков и садово-парковых компаний, работающих, чаще всего, на подряде и, как следствие, использование не всегда правильно подобранного по видовому составу газонных трав или по породному составу ДКР; применение зачастую некачественного посадочного материала (рис. 3); нарушение агротехники сроков посевов, посадки, состава и количества уходов и т.д. [5]; отсутствие должного контроля результатов деятельности работников. Рассмотрим подобные нарушения на примере районов новостроек Санкт-Петербурга.



Рис. 3. Газон с неубранной скошенной травой, низкокачественный посадочный материал
Fig. 3. Lawn with not cleared cut grass, low-quality planting material

Состав урбоземов

Главным фактором, определяющим эффективность создания зеленых насаждений или газонов, является фактор качества созданных новых эдафических условий на нарушенных землях, их способность к обеспечению оптимальных условий произрастания растений, развития микробиоты и пр. в системах городских биогеоценозов [6]. Что из себя представляет создаваемый антропогенный – ныне часто именуемый и труднопроизносимый урбиквазитехнозем, а по существу – техногенный грунт, технозем или, если обозначить его городскую локацию – урбозем? На стадии первичного почвообразования, когда урбоземы еще не являются в классическом смысле этого понятия почвами [7, 8], поскольку в них еще не сформировались генетические (в особенности гумусовый) горизонты, физико-химические свойства подстилающей его грунтовой толщи [9], не установлен режим влажности, гидрологический режим, в том числе с учетом химизма вод, не созданы живой напочвенный покров, структура (и численность) микроорганизмов, мезофауны, когда в первые десятилетия после создания еще происходит структурирование множества переходных форм и стадий почвообразования [10], постепенное нивелирование «мозаичности» участков [11]. Применительно к *практике озеленения* делить это понятие на более «тонкие» составляющие, наверное, еще рано, хотя, с научной точки зрения, это интересно и информативно [12]. Поэтому,

если участки территорий не относятся к химически-, биологически- или радиационно-загрязненным [13] (часто именуемые «хемоземы», где должны применяться особые методы очистки и рекультивации), представляется, что рекультивация земель в городских условиях в плане озеленения требует с учетом гетерогенности экологической среды (например засоление противогололедными солями участков земли вдоль дорог, высокой щелочности или содержания соединений фосфора, тяжелых металлов в грунте) некой унификации для рекультивируемых участков в пределах конкретного населенного пункта или даже региона.

В новых районах массовой застройки Санкт-Петербурга формирование урбоземов отдано «на откуп» строительным компаниям и этот процесс практически бесконтролен, вследствие чего грунт после стройки (почвой его назвать трудно) представляет непредсказуемую смесь из подстилающей породы (на Северо-Западе, обычно, это перемешанные слои моренных и озерно-ледниковых отложений разного механического состава – от песков до глин, местами завалуненные [14, 15]: соотношение фракций напрямую зависит от глубины изъятия материала при выкопке котлованов под здания и сооружения или корыт под строительство дорог) и остатков строительного мусора (пластик, куски бетона и арматуры, стекло, обрывки проводов и пр.) (рис. 4): в таких условиях трудно установить границы между слоями почвообразующей и подстилающей породы.



Рис. 4. Урбозем

Fig. 4. Urban soil

Подобные урбоземы отличаются крайне низким содержанием питательных веществ, доступных для растений; если к этому добавляются осушительные мероприятия (прокладка открытых или закрытых канав или дренажных труб для отвода ливневых вод, устройство ливневой канализации и пр.), то при основе, состоящей преимущественно из песков и легких суглинков (с мусором), условия произрастания зачастую приближаются к аридным. При создании газонов грунт экономично присыпается либо снятым плодородным слоем с соседнего участка (лучший вариант), либо верховым или переходным торфом (худший вариант, так как дальнейшая судьба газона сильно зависит от брошенного незатушенного окурка

в сухую погоду) слоем не более 1–3 см. Это общая картина, бывают исключения, в первую очередь, у административных зданий или на придомовых территориях, где активные жильцы самостоятельно принимают меры по улучшению плодородия почвы.

Вопрос доступного и дешевого субстрата для создания достаточной мощности верхнего плодородного слоя остается пока открытым. Где взять такой объем плодородной почвы? Снятого при строительстве природного плодородного слоя всегда не хватает, а торф в чистом виде или плохо составленной торфосмеси не хорош по многим причинам (высокая горимость, кислая среда, низкий уровень NPK и микроэлементов, дороговизна) [16] (рис. 5).



Рис. 5. Газон 4 года с ПСП из смеси торфа

Fig. 5. 4-year lawn with a fertile soil layer from a mixture of peat

Вариантов в городе, казалось бы, достаточно [17–24], интернет множится предложениями, однако рекламируемые компосты, торфо- и почвосмеси от коммерческих структур грешат непредсказуемостью состава и высокой ценой. Оптимальным смотрится вариант применения осадков сточных вод (ОСВ), доработанных до определенного состава органо-минеральных композиций (ОМК) – они являют собой доступный, богатый минеральными веществами продукт, применение которого решает не только проблему получения в необходимых количествах плодородного слоя почвы (ПСП) для выкладки на нарушенных землях, но и экологическую проблему утилизации ОСВ мало-мальски крупных населенных пунктов взамен затратной консервативной технологии сжигания ОСВ с вторичной проблемой утилизации зольных

остатков от сжигания. Проблема не нова, хорошо известна, как и пути ее решения [1, 6, 22, 25, 26], требуется только профессиональный подход ответственных организаций, чего пока не наблюдается: министерства коммунального хозяйства и природных ресурсов проявляют стойкое равнодушие к комплексному решению этой задачи. Итак, что же делать, чтобы газоны были зелеными, а деревья с кустарниками не вымирали, и все они активно задерживали городскую пыль и поглощали избыток CO_x и NO_x ?

Травяной покров (газоны)

Формирование достаточно развитого, даже на бедных городских почвах, газона вполне возможно за 5–8 лет при выполнении самых простых приемов [5]: правильный подбор состава

травосмесей и своевременный агротехнический уход, который включает в себя полив в длительный безосадочный период, оставление на корню травостоя в первый год-два для развития самосева, уборку скошенной травы сразу после проведенных работ, не оставлять ее надолго по травостою или в кучах (рис. 3), чтобы под ними не образовывались «проплешины» и т.д. (рис. 1). Сразу возникает вопрос: каким должен быть и где взять правильный состав травосмесей для городских газонов, способных произрастать в неблагоприятных условиях, и везде ли он должен быть одинаков? Закон и порядок велят осуществлять закупки для государственных нужд на аукционе и наиболее дешевое из того, что присутствует на рынке. Что же предлагает рынок? Интернет «пестрит» фактически однотипными предложениями травосмесей: *Festuca rubra* или *F. pratensis* в составе, чаще всего с *Lolium perenne*, *Phleum pratense*, *Poa pratensis*, реже с *Bromus inermis*, *Elitrigia repens*, *Dactylis glomerata*, *Agrostis capillaris*, либо с фестулолиумом (гибрид овсяницы и райграса), либо без состава трав, но с указанием «низкотравный» или «разнотравный» газон и т.п. и является тяжким наследием многолетнего импорта. Частник со своим приусадебным участком может согласиться с такими предложениями: почва достаточно плодородна, полив и стрижка газона осуществляются регулярно и нередко вносятся

удобрения – это соответствует западному подходу к уходу за травостоем и весьма успешно даже при разнице в климатических условиях, например, с Данией или Германией. Однако в наших условиях для создания городских газонов набор трав смотрится неудачным по целому ряду причин: перечисленные виды предпочитают достаточно свежие и плодородные почвы, плохо переносят кислую среду и даже слабое засоление, и в условиях низкого общего плодородия почв, а по режиму влажности зачастую приближенных к суходолам, находятся в угнетенном состоянии или выпадают из травостоя; одни из них отличаются короткими корневищами, другие – относительно небольшими дерновинками, и требуется повышенный расход семян для формирования плотной дернины, отсутствие которой плохо сказывается на задержке поверхностного стока, смывается и без того тонкий слой гумуса (рис. 6); трава на общественных газонах, кроме отдельных случаев, стрижется нечасто и первый «укос» приходится ко времени формирования колоса, поэтому крупная торчащая из земли соломина имеет неприглядный вид стерни после снятия основного урожая, а пространство между небольшими дернинками остается голо, либо заселяется невыразительными «пионерами»; в хороших условиях, но при отсутствии стрижки, злаки вырастают до 1,5 м высотой, что также смотрится неэстетично.



Рис. 6. Газон 4 года с ПСП из торфогрунта

Fig. 6. 4-year lawn with a fertile soil layer from soil mixed with peat

Другое дело, если оставляются заранее запланированные участки с нескосываемым травостоем как элемент сохранения флористического

разнообразия на территории города, а также жизнедеятельности различных почвенных организмов (вокруг растения возникают консорции,

состоящие из различных бактерий, водорослей, грибов, протозоа и до полутора десятков видов насекомых фитофагов и «хищников») [27], для поддержания кормовой базы птиц, в первую очередь, воробьиных. Для вновь создаваемых газонов, особенно в местах массовой жилой застройки, вдоль дорог, с определенным лимитом денежных средств и трудовых ресурсов в службах озеленения, не забывая о российском менталитете, когда не всем по «вкусу» зеленые «квадратики» стриженных газонов, требуется определенная унификация составов травосмесей с относительно небольшим количеством видов и с достаточно высокой устойчивостью к различным видам антропогенного воздействия (к остаткам нефтепродуктов, химическому загрязнению, тяжелым металлам в почвах, к вытаптыванию), минимизацией затрат на агротехнические уходы, в том числе на стрижку травы и сопряженные с ней работы. Научных статей, посвященных классификации городских фитоценозов, составам травосмесей, довольно много [28–30]. Понятно, что травяные смеси по видовому составу должны быть районированы с предпочтением на многолетние, низкорослые и быстроукореняющиеся сорта. Например, для Северо-Запада (Ленинградская, Вологодская, Новгородская, Псковская области) состав травосмесей может быть: № 1 «элитный газон» (урбоземы с плодородным верхним слоем не менее 8–10 см, регулярный полив и стрижка газона не реже 2 раз в месяц) – *Festucolium* (40 %), *Agrostis capillaris* (30 %), *Poa pratensis* (30 %); № 2 «стандарт» (урбоземы с верхним плодородным слоем не менее 3–5 см, стрижка газона 3–4 раза в сезон) – *Elitrigia repens* (25 %), *Agrostis stolonifera* (25 %), *Festuca ovina* (25 %), *Puccinellia distans* (25 %); № 3 «суходолы» (урбоземы с верхним плодородным слоем не менее 2 см, стрижка газона 1 раз в конце сезона) – *Trifolium repens* (40 %), *Agrostis stolonifera* (20 %), *Anthoxanthum odoratum* (20 %), *Poa supina* (20 %); № 4 «видовой» (урбоземы с верхним плодородным слоем не менее 2 см, суходольные, стрижке не подлежат) – *Trifolium repens* (40 %), *Oxytropis pilosa*/*Polygonum aviculare* (10 %), *Anthoxanthum odoratum* (20 %), *Poa supina* (20 %), *Cichorium intybus* (5 %) и декоративный неофит *Hordeum jubatum* (5 %); № 5 «на торфогрунте» (урбоземы со слабокислым бедным плодородным слоем не менее 2 см из торфосмеси, стрижка газона 2–3 раза в сезон) – *Trifolium repens* (40 %), *Puccinellia distans* (30 %), *Nardus stricta* (30 %); № 6 «экологический» (урбоземы с плодородным слоем не менее 10–15 см, свежие/увлажненные, стрижке не подлежат) – *Phleum pratense*/*Alo-*

pecurus pratensis, *Dactylis glomerata*/*Cinna latifolia*, *Bromus inermis*/*Festuca arundinacea*, *Helictotrichon pratense*/*Helictotrichon pubescens* [31]. Естественным путем в процессе зарастания появятся и другие виды, в первую очередь, из *Asteraceae*, но основа будет заложена. Это пример, но «прокрустово ложе» утвержденных сборов для городских (не частных или придомовых) газонов общего пользования необходимо в настоящее время как для исполнителей всех уровней, так и для контролирующих органов и будет являться конкретным посылом бизнесу: семена каких видов трав необходимо выращивать для того или иного региона.

Древесные и кустарниковые растения

Если проблема создания верхнего (плодородного) слоя урбоземов с точки зрения создания условий развития травяного покрова относительно понятна, то с той частью слоя грунта, где должна развиваться корневая система ДКР и обеспечивать им получение влаги и минерального питания [8, 25, 33], до конца не решена. Заставить строительные компании тщательно убирать мусор, не закапывать его и формировать состав потенциально плодородных почв (ППП) на толщину хотя бы 1–1,5 м – в настоящее время невозможно по целому ряду причин, как и добиться увеличения выкладки ПСП толщиной 10 см на будущих газонах без ДКР и 30–50 см, где планируется посадка ДКР. Ответ есть: опыт внесения биопрепаратов – симбиотов в форме микоризы, а также почвенных микроорганизмов (бактерий) в почвосмеси для успешного роста растений – известен достаточно давно. Грибы и почвенные микроорганизмы являются основными деструкторами не только органических веществ, но и различных минералов, метаморфических, осадочных пород и при благоприятных условиях процессы минерализации проходят достаточно интенсивно [11, 32, 34]. Высокая эффективность симбиоза растений с грибами доказана многолетними испытаниями широко освещена в литературе [33, 35–37]. Данные о растительно-микробных взаимодействиях не утратили своей актуальности и в настоящее время, в том числе в вопросах участия в формировании плодородия почвы: биологической фиксации азота (микробные ассоциации, состоящие из двух-трех видов грамположительных и грамотрицательных бактерий, обнаружены в клубеньках, где осуществляется азотфиксация у большой группы травянистых растений: злаковых, осоковых, лютиковых и др. [38], а также у некоторых древесных растений, например,

у *Alnus incana*), фосфора, продуцированием биологически активных веществ (БАВ – стимуляторов роста, антибиотиков и пр.) как основы биологических методов борьбы с заболеваниями растений, их устойчивости к стрессам, неблагоприятным условиям среды [11, 33, 39–46].

К слову, часть посадочного материала ДКР, привозимая из-за границы в СПб в 2000-х гг., особенно хвойники, имела микоризу, что заметно проявлялось, иногда плодовыми телами грибов рода *Thelephora* на поверхности торфяных «горшочков» саженцев (не исключено, что применялись и другие виды грибов) и, надо

понимать, именно они были достаточно успешны в приживаемости и последующем росте (неплохо приживаются дикоросы, взятые с комом земли из естественной среды, где присутствовала микробиота). Однако с лиственными породами дела обстояли и обстоят довольно неважно и вид 2–4-метровых с разреженной кроной или неумолимо гибнущих «деревьев-иностранцев» (рис. 7) кроме сожаления ничего не вызывает. Очевидно, их факультативная микотрофность в питомниках воспринималась «факультативно» в вопросе инокуляции саженцев.



Рис. 7. Рядовая посадка лип «иностранцев», 25 лет

Fig. 7. Ordinary planting of "foreign" lindens, 25 years

Но, вероятно, настал момент, когда можно покончить с порочной практикой повальной закупки саженцев из-за границы и выращивать собственный посадочный материал, с чем прекрасно справлялись местные питомники в советские времена: придется немного «потерпеть», ведь потребуется 2–6 лет, чтобы восстановить производство. Параллельно придется решать и другую проблему: обильное заполнение торфяных горшочков минеральными удобрениями «под школу» в питомниках дает хороший эффект на начальном этапе выращивания саженцев, но не имеет пролонгированного действия и быстро теряется при высаживании растений в натуру в городских условиях на нарушенных землях и без естественно-продолгованной помощи в минеральном питании (или регулярном

внесении химических удобрений) ДКР с каждым годом будут постепенно переходить в категорию угнетенных или фауа. Необходимо на самых ранних этапах вносить биопрепараты: мицелий и/или бактерии. Вопрос: где брать надежные биопрепараты? Ответ, казалось бы, понятен – на биостанциях (которых практически не осталось, но «база» – основа – сохранилась и в ряде университетов, в исследовательских институтах: академических и научно-практических), которых катастрофически не хватает, с учетом огромных накопленных площадей нарушенных земель в пределах всей страны, либо покупать в коммерческих структурах, доказавших стабильное качество своей продукции. Но что делать с уже выращенными саженцами ДКР или высаженными в натуру, внешний вид

которых однозначно говорит, что растение голодает? Ответ – вносить биопрепараты (в первую очередь, бактериальные) непосредственно при посадке, а для высаженных ранее – корневой подкормкой и таким образом помочь запустить механизм естественного почвенного питания растений на бедных грунтах без применения химических удобрений. Для проверки вышесказанного было принято решение пройти «по всей цепочке»: от поиска производителя надежных биопрепаратов, до подбора участка с нарушенными землями с высаженными и «голодающими» деревьями.

Материалы и методы

Место: урбозем, представленный насыпной бесплодной сине-зеленой глиной (кембрийского периода, взятой с глубины около 60 м) на месте частично засыпанного озера Долгое в Приморском районе Санкт-Петербурга.

Почвенные условия: насыпной ПСП (неизвестного происхождения, толщина слоя, варьирует в разных местах от 3 до 8 см) на глине мощностью от одного до нескольких метров. Внешне искусственный гумусовый горизонт имеет вид некоего достаточно разложившегося компоста, однако качество нанесенного ПСП (например фитотоксичность, изначальная рН и пр.) – остается открытым.

Напочвенный покров: представлен, в основном, *Plantago major*, *Taraxacum officinale*, *Leontodon autumnalis*, *Poa annua*, *Agrostis tenuis*,

Festuca rubra, *Potentilla anserina*, реже встречается *Trifolium repens* и *T. hybridum*, *Phleum pratense* (до 10–15 см высотой), местами – остатками растений-пионеров: *Artemisia vulgaris*, *Tussilago farfara*; проективное покрытие – около 70 %. Следует отметить следующий факт: несмотря на, казалось бы, достаточный слой ПСП для успешного роста посеянных злаковых травосмесей, становление устойчивого травяного покрова затянулось более чем на 10 лет и к настоящему времени газон имеет невзрачный вид с пестрым видовым составом почвопокровных.

Объекты исследования: саженцы ели колючей посадки – 2016 г. (2–2,5 м крупномер с достаточно большим комом земли) и 2018 г. (1,5 м саженцы с небольшим комом земли) с поздними подсадками на замену выбывших; уход за саженцами с момента посадки до 2021 г. включительно не проводился.

Биопрепарат: из доступных на рынке и проверенных по качеству биопрепаратов выбрали микробиологические удобрения «Биовайс», производимые ООО «ПлантаПлюс» (Томск), в основе которых азот-, фосфор- и силикобактеры. Дозировка – 4 г препарата на 100 л воды.

Состояние деревьев к весне 2022 г.

Крупномер (C_k) от 2,5 и выше (39 шт.): состояние практически у всех удовлетворительное, приросты главного побега от 3 см до 15 см в разные годы (рис. 8).



Рис. 8. Ель C_m (передний план) и C_k (задний план) апрель 2022 г.

Fig. 8. Spruce C_m (foreground) and C_k (background) in April 2022

Саженьцы (C_M) от 1,5–1,8 м (31 шт.): ежегодные терминальные приросты не более 0,5–2 см: верхние 10–20 см ствола представляют собой «шапку» из скученных боковых побегов; приросты на боковых ветвях – от 2 до 5 см (рис. 8). Часть саженьцев имеет желтый цвет хвои, 2 деревца погибли (свежий отпад), еще одно усыхает, другое – суховершинит.

Что сделано: выбрано 19 шт. (11+8) опытных и 12 шт. контрольных (C_M), а также 6 шт. опытных (C_K) елей, остальные 32 шт. (C_K) – контроль. 4 апреля 2022 г. был произведен полив под корни 11 шт. (C_M) и 6 шт. (C_K) опытных саженьцев бактериальным препаратом «Биовайс» в объеме 5 л/деревце; 20 апреля процедуру повторили (после первого внесения в апреле прошли ночные заморозки и было опасение, что биопрепарат погибнет; под 8 шт. опытных саженьцев C_M биопрепарат вообще не вносился); одновременно со вторым внесением «Биовайса» была произведена корневая подкормка препаратом «Турмакс» (10 мл концентрата на 5 л воды) в количестве 5 л под каждое дерево, в том числе под 8 шт. (C_M), под которые биопрепарат не вносился. 16 мая все опытные экземпляры елей были повторно подкормлены водным раствором

«Турмакс» в количестве 5 л/деревце: C_M – внекорневой подкормкой, C_K – под корни. Наметили срок исследований – 2–3 года, когда ожидалось увидеть (или не увидеть) эффект от применения биопрепаратов и минеральной подкормки.

Результаты и обсуждения

Уже в первый сезон (весна-лето 2022 г.) появились хорошо видимые результаты, начало фиксации которых начали с 16 июня, когда стала очевидной необратимость начавшихся ростовых процессов.

Образование и развитие мегастробилов

(C_M): у всех 11 экз. елей с внесенными биопрепаратами и 2 подкормками «Турмакс» развились впервые мегастробилы ярко-малинового цвета от 3 шт. до 15 шт. на одно деревце; к концу сезона они имели вид хорошо сформировавшихся шишек (рис. 9). У 8 экз. опытных деревьев (без биопрепаратов) шишки не развились, как и у всех контрольных деревьев, хотя у некоторых зачатки мегастробилов видны, но они задохли (№ 18, 19, 41) (рис. 10).



Рис. 9. Появление мегастробилов на контрольных елях C_M и C_K

Fig. 9. Appearance of megastrobiles (carpellate cones) on control spruces C_M and C_K



Рис. 10. Неразвившиеся мегастробилы на контрольной ели C_m .

Fig. 10. Undeveloped megastrobiles (carpellate cones) on the control spruce C_m .

(C_k): у всех опытных 6 экз. елей с внесенными биопрепаратами и двумя подкормками «Турмакс» развились впервые мегастробилы ярко-малинового и желтого цвета в количестве 5–10 шт. на одно деревце; к концу сезона они имели вид хорошо сформировавшихся шишек (рис. 9). У 4 контрольных экземпляров (№ 46, 56, 60, 66) также появились и стали развиваться мегастробилы, у остальных 29 экз. елей мегастробилы не развились.

17 июля была сделана предварительная оценка приростов у всех елей, а к моменту окончания формирования верхушечной почки (2 сентября) – окончательные замеры.

Терминальные приросты

(C_m): все контрольные деревья в этом году, как и в предыдущие годы, показали минимальный прирост терминальных побегов: 0,5–2 см (рис. 11); усыхающее дерево (№ 21), соответственно, осталось без прироста. 8 экз. елей только с подкормкой «Турмаксом» показали неплохие приросты на основном стволе 3 экз. по 5–6 см (№ 17, 27, 53), остальные – от 8 см до 13 см (рис. 12). 11 экз. с полной обработкой показали разную успешность: 5 экз. остались практически без прироста (1–2 см); 4 экз. дали приросты 4–7 см, но у 1 экз. (№ 54) верхушечный побег достиг 16 см длины.



Рис. 11. Июль 2022 контрольные ели C_m

Fig. 11. Control spruce C_m in July 2022



Рис. 12. Июль 2022 опыт C_M с подкормкой «Турмакс»

Fig. 12. Experience of spruce C_M with the organo-mineral fertilizer "Turmaks" in July 2022

(C_K): у контрольных 14 экз. прирост составил от 4 см до 10 см, у 16 экз. – от 11 см до 25 см; однако у 3 экз. (№ 1, 12, 24) отмечено постепенное уменьшение прироста в течение последних 3 лет и в 2022 г. он составил всего 1 см. Все опытные 6 экз. оказались с приростами: у 2 экз. – 3 и 4 см, у 1 экз. – 8 см, у 3 экз. – 15, 16 и 20 см.

Сам факт появления мегастробиллов у ели колючей в 2022 г. не вызывает удивления: в разреженных посадках ель образует стробиллы уже начиная с пятнадцатилетнего возраста и урожай шишки у этого вида отмечен в городе повсеместно. Но примечателен другой факт: все без исключения ели, под которые были внесены бактерии (которые быстро проникают к корням растений и начинают активно размножаться и менять состав среды), дружно откликнулись на улучшение корневого питания развитием мегастробиллов. Все контрольные и 8 шт. опытных (C_M) елей, под которые бактериальные препараты не вносились, шишек не развили. Та же картина наблюдается у практически всех контрольных (C_K) елей, кроме 4 экз., у которых шишки развились до полноценных размеров.

Стоит отметить, что все деревья с момента посадки испытывали острый недостаток минерального питания и внесение бактериальных препаратов и комплексного удобрения не позволило *всем* опытным экземплярам (C_M) дать заметный верхушечный прирост, но стимулировало рост мегастробиллов; тем не менее, из 11 шт.

опытных (C_M) елей с полной обработкой более половины (6 шт.) дали не плохой прирост терминальных побегов, как и все опытные 6 экз. (C_K). Интересно, что 8 экз. (C_M), которые получили только минеральную подкормку и не развили мегастробиллов, дали хорошие терминальные приросты (рис. 12). Это позволяет сделать предположение, что весеннее внесение именно бактериальных препаратов индуцировало развитие мегастробиллов.

Заключение

1. В городских условиях (Санкт-Петербурга) антропогенно нарушенные земли представляют собой низкоплодородный грунт непредсказуемо смешанного состава (урбозем) с маломощным гумусовым горизонтом разного происхождения.

2. Не всегда верно подобранный состав травосмесей и ДКР, нарушение агротехники выращивания значительно замедляют процесс формирования полноценных травостоев на газонах и зеленых насаждений, нормальной структуры и плодородия почвы, формирования городского биогеоценоза в короткие сроки.

3. Высаженные хвойные и лиственные породы с закрытой корневой системой достаточно быстро исчерпывают запас питательных веществ и в условиях созданных урбоземов испытывают острый дефицит минерального питания и зачастую влаги, что приводит к угнетенному состоянию и высокому отпаду ДКР, к лишним

бюджетным затратам на покупку посадочного материала и производство повторных работ по озеленению.

4. Применение недорогих биопрепаратов (на примере «Биовайса») при посадке в урбоземы ДКР запускает естественный механизм повышения плодородия формирующейся почвы, значительно улучшает возможности минерального питания растений без применения химических удобрений.

5. При агротехническом уходе за уже посаженными ДКР в случае их угнетенного состояния дополнительный положительный эффект достигается внесением одновременно с биопрепаратами природных органо-минеральных комплексных удобрений (например «Турмакса») – корневой или внекорневой подкормкой [44].

6. Наличие в коме субстрата саженцев биопрепаратов грибов и/или бактерий (в зависимости от видов растений) должно быть обязательным требованием к посадочному материалу ДКР, закупаемому для нужд озеленения. Наряду с санацией почвенной смеси активными штаммами *Trichoderma* sp. и *Bacillus* sp. для гарантированной приживаемости на проблемных почвах древесных культур в состав субстрата следует вводить долгохранящуюся форму живого мицелия видов макромицетов, образующих эктомикоризные ассоциации на корнях деревьев. Например, для дуба – *Amanita battarae*, *Boletus edulis*, *Cenococcum geophilum*, *Scleroderma citrinum*, *Xerocomus subtomentosus*; для ели – *Cortinarius*

sp., *Laccaria laccata*, *Laccaria bicolor*, *Paxillus involutus*, *Suillus variegatus*; для сосны – *Amanita muscaria*, *Boletus edulis*, *Cortinarius* sp., *Laccaria* sp., *Suillus bovinus*, *Suillus granulatus*; для липы – к макромицетам *Boletus edulis*, *Laccaria* sp., *Scleroderma areolatum* добавлять активные штаммы грибов, образующие и эндомикоризу – такие, как *Rhizophagus* sp. разработаны и на рынке присутствуют специальные марки биопрепаратов для ели, пихты, сосны, кедра, лиственницы, туи, можжевельника, березы и др. [33, 39, 47]. Активные микробоценозы формируют также путем внесения в посадочный субстрат трех-четырех видов бактерий: азотфиксаторов, фосфатмобилизаторов, силикатных бактерий, продуцентов БАВ [34]. В отдельных случаях, например, при рекультивации бывших промышленных площадок автоколонн, хранилищ нефтепродуктов и создании на них зеленых насаждений или газонов, следует применять дополнительные меры биологической очистки. Как правило, вносят группы микроорганизмов, способные адаптироваться в подобных условиях среды обитания и противостоять токсичному воздействию загрязнителей – бактерии *Pseudomonas* sp., *Rhodococcus* sp., *Bacillus* sp. и др. [11, 48, 49].

7. Необходимо, наконец, решить вопрос разработки стандартизированных составов ОМК из ОСВ с целью получения достаточного количества материала для создания ПСП на нарушенных землях, в том числе в городских условиях.

Список литературы

1. Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель : Материалы Международной научной конференции, Екатеринбург, 2002. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2003.
2. Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель : Материалы Международной научной конференции, Екатеринбург, 04–08 июня 2007 года. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2007. 928 с.
3. Герасимова М. И., Строганова М. Н., Можарова Н. В., Прокофьева Т. В. Антропогенные почвы (генезис, география, рекультивация) / под ред. Г. В. Добровольского. Смоленск : Ойкумена, 2003. 268 с.
4. Голушов П. В. Самоорганизация и экологическая реабилитация антропогенно нарушенных геосистем в районах интенсивного использования земель : дис. ... д-ра географ. наук. Белгород, 2012. 447 с.
5. Фролов А. К. Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем. СПб. : Наука, 1998. 328 с.
6. Исаева Л. Г., Лукина Н. В. Восстановление растительности на техногенных пустошах вокруг комбинатов медно-никелевого производства // Инновации и технологии в лесном хозяйстве–2013 : материалы III Международ. науч.-практ. конф. (г. Санкт-Петербург, 22–24 мая 2013 г.). СПб. : СПбНИИЛХ, 2013.
7. Ремезов Н. П. Химия и генезис почв. М. : Наука, 1989. 268 с.
8. Тюрин И. В. Органическое вещество почв и его роль в плодородии. М. : Наука, 1965. 320 с.
9. Самофалова М. А. Химический состав почвообразующих пород : учеб. пособие. Пермь : Пермская ГСХА, 2009. 132 с.
10. Бурькин А. М. Темпы почвообразования в техногенных ландшафтах в связи с их рекультивацией // Почвоведение. 1985. № 2. С. 81–93.
11. Звягинцев Д. Г. Почва и микроорганизмы. М. : Изд-во МГУ, 1987. 256 с.
12. Прокофьева Т. В., Герасимова М. И., Безуглова О. С. [и др.]. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1155–1164.
13. СанПиН 2.1.3684-21 Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воз-

духу, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий : взамен СанПиН 2.1.7.1287-03 : дата введ. 01.03.2021 / утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 г. № 3.

14. Апарин Б. Ф. Русаков А. В. Почвы и почвенный покров зоны восточного полукольца кольцевой автодороги (КАД) вокруг Санкт-Петербурга // *Biological Communications*. 2003. № 2. С. 103–116.
15. ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация : взамен ГОСТ 25100-95 : дата введ. 01.01.2013 / разработ. НОИЗ, НИИОСП им. Н.М. Герсеванова, Институтом геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН и др. М. : Стандартинформ, 2011.
16. Царева Р. И. Химизм торфяной почвы. Минск : Наука и техника, 1976. 192 с.
17. Березовский В. А. Опыт использования коркового перегноя из отвала ЦБК при выращивании семян хвойных пород. Петрозаводск : КНЦ АН СССР, 1990. С. 26–33.
18. Зайцева М. И., Посудневский А. Ю. Использование измельченных порубочных остатков в лесном хозяйстве // *Resources and Technology*. 2016. № 4. С. 45–50.
19. Копытков В. В. Технология получения органоминеральных компостов на основе отходов лесного и сельскохозяйственного производства // *Проблемы лесоведения и лесоводства*. 2020. № 80. С. 45–48.
20. Мухортов Д. И., Романов Е. М. Утилизация органических отходов при искусственном лесовосстановлении // *Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование*. 2013. № 3. 44 с.
21. Применение отходов ЦБП в лесных питомниках : сб. ст. Петрозаводск : Карел. науч. центр АН СССР, 1990. 86 с.
22. Романов Е. М., Мухортов Д. И., Гордеева С. С., Мичеева Э. В. Применение биоактивизирующих добавок при переработке органических отходов в нетрадиционные удобрения // *Вестник Поволжского ГТУ*. 2012. № 1. С. 74–83.
23. Тебенькова Д. Н., Лукина Н. В., Воробьев Р. А. [и др.]. Всхожесть семян и биометрические параметры семян на субстратах из твердых отходов целлюлозно-бумажной промышленности // *Лесоведение*. 2014. № 6. С. 31–40.
24. Якимов Н. И., Круг Н. К., Юренин А. В. Особенности агротехники выращивания семян березы повислой в лесных питомниках // *Труды БГТУ (Лесное хозяйство)*. 2013. № 1. С. 196–199.
25. Битюцкий Н. П. Минеральное питание растений. СПб. : Изд-во СПбГУ, 2014. 540 с.
26. Брындина Л. В., Бакланова О. В. Влияние биологически очищенного осадка сточных вод на рост и развитие декоративных растений // *Лесотехнический журнал*. 2019. № 1. С. 23–31.
27. Мишустин Е. Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов. М. : Наука, 1975. 107 с.
28. Ишбирдина Л. М., Ишбирдин А. Р. Динамика растительного покрова города Уфы за 60–80 лет // *Ботанический журнал*. 1995. № 7. С. 40–49.
29. Пузырев А. Н. О классификации антропогенных растений // *Растительный покров антропогенных местообитаний*. 1988. С. 95–102.
30. Сахапов М. Т., Миркин Б. М., Ишбирдина Л. М. Урбафитоценология: изучение спонтанной растительности городов // *Успехи современной биологии*. 1990. № 3. С. 453–466.
31. Цвелев Н. Н. Злаки СССР. Л. : Наука, 1976. 788 с.
32. Современная микология в России : Материалы 2-го Съезда микологов России, Москва, 16–18 октября 2008 года / под ред. Ю. Т. Дьяков. Москва : Общероссийская общественная организация «Общественная национальная академия микологии», 2008. 548 с.
33. Красавин А. П., Катаева И. В. Микробиологические приемы детоксикации техногенных грунтов // *Экология промышленного производства*. 2000. С. 75–81.
34. Эглите А. К., Якобсоне Н. Труднорастворимые минералы и органические вещества в качестве источника питания микоризных грибов и деревьев // *Труды Института л.х. проблем АН ЛатвССР*. 1958. № 14.
35. Брындина Л. В., Арнаут Ю. И., Алыкова О. И. Микоризообразующие грибы в формировании биогеоценозов: аналитический обзор // *Лесотехнический журнал*. 2022. № 1. С. 4–15.
36. Шубин В. И. Микотрофность древесных пород, ее значение при разведении леса в таежной зоне. Л. : Наука, 1973. 264 с.
37. Эглите А. К. Роль микоризы и агротехники при облесении малоплодородных почв // *Труды Института л.х. проблем АН ЛатвССР*. 1956. № 2.
38. Родынюк И. С. Симбиотическая фиксация азота травянистыми растениями Сибири // *Проблемы Сибирского почвоведения*. 1977. С. 200–213.
39. Vaishlya O. V., Amyago D. M., Guseva N. V. Role of *Bacillus Mucilaginosus* at Silicon Biogeochemical Cycle in a System «Soil – Plant» // *Mineralogical Magazine*. 2013. № 77. С. 2383.
40. Куличева Н. Н., Лысак Л. В., Кожевин П.А. [и др.]. Бактерии в почве, опаде и филоплане городской экосистемы // *Микробиология*. 1996. № 3. С. 416–420.
41. Масленникова С. Н., Шургин А. И., Чеботарь В. К. [и др.]. Биоразнообразие ризосферных микроорганизмов древесных пород // *Вестник Казанского ТУ*. 2014. № 4. С. 193–197.
42. Петров В. Б., Чеботарь В. К. Микробиологические препараты – базовый элемент современных интенсивных агротехнологий растениеводства // *Достижения науки и техники АПК*. 2011. № 8. С. 11–15.

43. Феоктистова Н. В., Марданова А. М., Хадиева Г. Ф. [и др.]. Ризосферные бактерии // Ученые записки Казанского Университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 2. С. 207–224.
44. Чеботарь В. К., Щербаков А. В. [и др.]. Эндوفитные бактерии древесных растений как основа комплексных микробных препаратов для сельского и лесного хозяйства // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 4. С. 40–44.
45. Чеботарь В. К., Завалин А. А., Ариткин А. Г. Применение биомодифицированных минеральных удобрений. М. : ВНИИА, 2014. 142 с.
46. Шапошников А. И., Белимов А. А., Кравченко Л. В. [и др.]. Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: механизмы образования и факторы эффективности ассоциативных симбиозов (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 3. С. 16–22.
47. Ecosreda. 2022. URL: www.ecosreda.pro (дата обращения: 02.08.2022).
48. Belogolova G. A., Gordeeva O. N., Sokolova M. G. [et al.]. Transformation of lead compounds in the soil-plant system under the influence of *Bacillus* and *Azotobacter* rhizobacteria // *Chemistry and Ecology*. 2020. № 3. С. 220–235.
49. Курицын А. В., Курицына Т. В., Катаева И. В. Биоремедиация нефтезагрязненных грунтов на технологических площадках // Известия Самарского центра РАН. 2011. № 1. С. 1271–1273.

References

1. *Biologicheskaya rekul'tivatsiya i monitoring narushennykh zemel': materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (Ekaterinburg, 2002)* = Biological reclamation and monitoring of disturbed lands: Proceedings of the International Scientific Conference (Yekaterinburg, 2002). Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2003. (In Russ.)
2. *Biologicheskaya rekul'tivatsiya i monitoring narushennykh zemel': materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (g. Ekaterinburg, 04–08 iyunya 2007 g.)* = Biological reclamation and monitoring of disturbed lands: Proceedings of the International Scientific Conference (Yekaterinburg, 04–08 June 2007). Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2007:928. (In Russ.)
3. Gerasimova M.I., Stroganova M.N., Mozharova N.V., Prokof'eva T.V. *Antropogennye pochvy (genezis, geografiya, rekul'tivatsiya)* = Anthropogenic soils (genesis, geography, reclamation). Smolensk: Oykumena, 2003:268. (In Russ.)
4. Goleusov P.V. Self-organization and ecological rehabilitation of anthropogenically disturbed geosystems in areas of intensive land use. DSc dissertation. Belgorod, 2012:447. (In Russ.)
5. Frolov A.K. *Okruzhayushchaya sreda krupnogo goroda i zhizn' rasteniy v nem* = Environment of a large city and plant life in it. Saint Petersburg: Nauka, 1998:328. (In Russ.)
6. Isaeva L.G., Lukina N.V. Restoration of vegetation on technogenic wastelands around copper-nickel production plants. *Innovatsii i tekhnologii v lesnom khozyaystve–2013: materialy III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Sankt-Peterburg, 22–24 maya 2013 g.)* = Innovations and Technologies in Forestry 2013: Proceedings of the 3rd International Scientific Practical Conference (St. Petersburg, 22–24 May 2013). Saint Petersburg: SPbNIIKKh, 2013. (In Russ.)
7. Remezov N.P. *Khimiya i genezis pochv* = Chemistry and genesis of soils. Moscow: Nauka, 1989:268. (In Russ.)
8. Tyurin I.V. *Organicheskoe veshchestvo pochv i ego rol' v plodorodii* = Soil organic matter and its role in fertility. Moscow: Nauka, 1965:320. (In Russ.)
9. Samofalova M.A. *Khimicheskij sostav pochvoobrazuyushchikh porod: ucheb. posobie* = Chemical composition of soil-forming rocks: textbook. Perm: Permskaya GSKhA, 2009:132. (In Russ.)
10. Burykin A.M. Rates of soil formation in technogenic landscapes in connection with their reclamation. *Pochvovedenie* = Soil Studies. 1985;(2):81–93. (In Russ.)
11. Zvyagintsev D.G. *Pochva i mikroorganizmy* = Soil and microorganisms. Moscow: Izd-vo MGU, 1987:256. (In Russ.)
12. Prokof'eva T.V., Gerasimova M.I., Bezuglova O.S. et al. Introduction of soils and soil-like formations in urban areas into the classification of Russian soils. *Pochvovedenie* = Soil Studies. 2014;(10):1155–1164. (In Russ.)
13. *SanPiN 2.1.3684-21 Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k sodержaniyu territoriy gorodskikh i sel'skikh poseleniy, k vodnym ob'ektam, pit'evoy vode i pit'evomu vodosnabzheniyu, atmosfernomu vozdukhу, pochvam, zhi-lym pomeshcheniyam, ekspluatatsii proizvodstvennykh, obshchestvennykh pomeshcheniy, organizatsii i provedeniyu sanitarno-protivoepidemicheskikh (profilakticheskikh) meropriyatiy: vzamen SanPiN 2.1.7.1287-03: data vved. 01.03.2021. Utv. Postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sani-tarnogo vracha Rossiyskoy Federatsii ot 28 yanvarya 2021 g. № 3.* = SanPiN 2.1.3684-21 Sanitary and epidemiological requirements for maintenance of urban areas and rural settlements, water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soils, residential premises, operation of industrial and public facilities, organization and implementation of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures: instead of SanPiN 2.1.7.1287-03: enforced on 01.03.2021, approved by the Decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated 28 January 2021 No. 3. (In Russ.)
14. Aparin B.F., Rusakov A.V. Soils and soil cover in the zone of the eastern semicircle of the ring road (KAD) around St. Petersburg. *Biological Communications*. 2003;(2):103–116. (In Russ.)

15. GOST 25100–2011. *Grunty. Klassifikatsiya: vzamen GOST 25100-95: data vved. 01.01.2013. Razrab. NOIZ, NIISP im. N.M. Gersevanova, Institutom geoekologii im. E.M. Sergeeva RAN i dr.* = GOST 25100–2011. Soils. Classification: instead of GOST 25100-95: enforced on 01.01.2013, developed by National Association of Surveyors, N.M. Gersevanov Research, Survey and Technology Institute, E.M. Sergeev Institute of Geoecology of the RAS and others. Moscow: Standartinform, 2011. (In Russ.)
16. Tsareva R. I. *Khimizm torfyanoy pochvy* = Chemistry of peat soil. Minsk: Nauka i tekhnika, 1976:192. (In Russ.)
17. Berezovskiy V.A. *Opyt ispol'zovaniya korkovogo peregnoya iz otvala TsBK pri vyrashchivanii seyantsev khvoynykh porod* = Practices of using cortical humus from the dump of the pulp and paper mill in the cultivation of seedlings of coniferous breeds. Petrozavodsk: KNTs AN SSSR, 1990:26–33. (In Russ.)
18. Zaytseva M.I., Posudnevskiy A.Yu. Use of crushed logging residues in forestry. *Resources and Technology*. 2016;(4):45–50. (In Russ.)
19. Kopytkov V.V. Technology of obtaining organo-mineral composts based on waste products of forestry and agricultural production. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva* = Problems of Forest Science and Forestry. 2020;(80):45–48. (In Russ.)
20. Mukhortov D.I., Romanov E.M. Disposal of organic waste during artificial reforestation. *Vestnik PGTU. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* = Bulletin of Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature Management. 2013;(3):44. (In Russ.)
21. *Primenenie otkhodov TsBP v lesnykh pitomnikakh: sb. st.* = Using pulp and paper waste in forest nurseries: Collection of Articles. Petrozavodsk: Karel. nauch. tsentr AN SSSR, 1990:86. (In Russ.)
22. Romanov E.M., Mukhortov D.I., Gordeeva S.S., Micheeva E.V. Using bioactivating additives in processing of organic waste into non-traditional fertilizers. *Vestnik Povolzhskogo GTU* = Bulletin of Volga State Technical University. 2012;(1):74–83. (In Russ.)
23. Teben'kova D.N., Lukina N.V., Vorob'ev R.A. et al. Germination of seeds and biometric parameters of seedlings on substrates from solid waste of the pulp and paper industry. *Lesovedenie* = Forestry. 2014;(6):31–40. (In Russ.)
24. Yakimov N.I., Krug N.K., Yurenaya A.V. Features of agricultural technology for growing seedlings of silver birch in forest nurseries. *Trudy BGTU (Lesnoe khozyaystvo)* = Proceedings of Belarusian State Technological University (Forestry). 2013;(1):196–199. (In Russ.)
25. Bityutskiy N.P. *Mineral'noe pitanie rasteniy* = Mineral nutrition of plants. Saint Petersburg: Izd-vo SPbGU, 2014:540. (In Russ.)
26. Bryndina L.V., Baklanova O.V. Influence of biologically treated sewage sludge on the growth and development of ornamental plants. *Lesotekhnicheskii zhurnal* = Forestry Journal. 2019;(1):23–31. (In Russ.)
27. Mishustin E.N. *Assotsiatsii pochvennykh mikroorganizmov* = Associations of soil microorganisms. Moscow: Nauka, 1975:107. (In Russ.)
28. Ishbirdina L.M., Ishbirdin A.R. Dynamics of the vegetation cover in the city of Ufa for 60–80 years. *Botanicheskiy zhurnal* = Botanical Journal. 1995;(7):40–49. (In Russ.)
29. Puzyrev A.N. On the classification of anthropogenic plants. *Rastitel'nyy pokrov antropogennykh mestoobitaniy* = Vegetation Cover of Anthropogenic Habitats. 1988:95–102. (In Russ.)
30. Sakhapov M.T., Mirkin B.M., Ishbirdina L.M. Urbaphytocenology: study of spontaneous vegetation in cities. *Uspekhi sovremennoy biologii* = Advances in Modern Biology. 1990;(3):453–466. (In Russ.)
31. Tsvetov N.N. *Zlaki SSSR* = Cereals in the USSR. Leningrad: Nauka, 1976:788. (In Russ.)
32. *Sovremennaya mikologiya v Rossii: materialy 2-go S'ezda mikologov Rossii (g. Moskva, 16–18 oktyabrya 2008 g.)* = Modern mycology in Russia: Proceedings of the 2nd Congress of Russian Mycologists (Moscow, 16–18 October 2008). Moscow: Obshcherossiyskaya obshchestvennaya organizatsiya «Obshchestvennaya natsional'naya akademiya mikologii», 2008:548. (In Russ.)
33. Krasavin A.P., Kataeva I.V. Microbiological methods for detoxification of technogenic soils. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva* = Ecology of Industrial Production. 2000:75–81. (In Russ.)
34. Eglite A.K., Yakobson N. Sparingly soluble minerals and organic substances as a source of nutrition for mycorrhizal fungi and trees. *Trudy Instituta l.kh. problem AN LatvSSR* = Proceedings of the Institute of Forestry Problems of the Academy of Sciences of the Latvian SSR. 1958;(14). (In Russ.)
35. Bryndina L.V., Arnaut Yu.I., Alykova O.I. Mycorrhizal fungi in the formation of biogeocenoses: analytical review. *Lesotekhnicheskii zhurnal* = Forestry Journal. 2022;(1):4–15. (In Russ.)
36. Shubin V.I. *Mikotrofnost' drevesnykh porod, ee znachenie pri razvedenii lesa v taizhnoy zone* = Mycotrophy of tree species, its significance in the cultivation of forests in the taiga zone. Leningrad: Nauka, 1973:264. (In Russ.)
37. Eglite A.K. Role of mycorrhiza and agricultural technology in afforestation of marginal soils. *Trudy Instituta l.kh. problem AN LatvSSR* = Proceedings of the Institute of Forestry Problems of the Academy of Sciences of the Latvian SSR. 1956;(2). (In Russ.)
38. Rodnyuk I.S. Symbiotic nitrogen fixation by Siberian herbaceous plants. *Problemy Sibirskogo pochvovedeniya* = Problems of Siberian Soil Science. 1977:200–213. (In Russ.)
39. Vaishlya O.B., Amyago D.M., Guseva N.V. Role of Bacillus Mucilaginosus at Silicon Biogeochemical Cycle in a System «Soil – Plant». *Mineralogical Magazine*. 2013;(77):2383.
40. Kulicheva N.N., Lysak L.V., Kozhevina P.A. et al. Bacteria in soil, litter and filoplane of the urban ecosystem. *Mikrobiologiya* = Microbiology. 1996;(3):416–420. (In Russ.)

41. Maslennikova S.N., Shurgin A.I., Chebotar' V.K. et al. Biodiversity of rhizospheric microorganisms of tree species. *Vestnik Kazanskogo TU* = Bulletin of Kazan Technical University. 2014;(4):193–197. (In Russ.)
42. Petrov V.B., Chebotar' V.K. Microbiological preparations as a basic element of modern intensive agrotechnologies of crop production. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2011;(8):11–15. (In Russ.)
43. Feoktistova N.V., Mardanova A.M., Khadieva G.F. et al. Rhizospheric bacteria. *Uchenye zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya: Estestvennye nauki* = Scientific Notes of Kazan University. Series: Natural Sciences. 2016;(2):207–224. (In Russ.)
44. Chebotar' V.K., Sheherbakov A.V. et al. Endophytic bacteria of woody plants as a basis of complex microbial preparations for agriculture and forestry. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka* = Russian Agricultural Science. 2016;(4):40–44. (In Russ.)
45. Chebotar' V.K., Zavalin A.A., Aritkin A.G. *Primenenie biomodifitsirovannykh mineral'nykh udobreniy* = Application of biomodified mineral fertilizers. Moscow: VNIIA, 2014:142. (In Russ.)
46. Shaposhnikov A.I., Belimov A.A., Kravchenko L.V. et al. Interaction of rhizospheric bacteria with plants: formation mechanisms and efficiency factors of associative symbioses (review). *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2011;(3):16–22. (In Russ.)
47. *Ecosreda*. 2022. Available at: www.ecosreda.pro (accessed 02.08.2022).
48. Belogolova G.A., Gordeeva O.N., Sokolova M.G. et al. Transformation of lead compounds in the soil-plant system under the influence of Bacillus and Azotobacter rhizobacteria. *Chemistry and Ecology*. 2020;(3):220–235.
49. Kuritsyn A.V., Kuritsyna T.V., Kataeva I.V. Bioremediation of oil-contaminated soils at technological sites. *Izvestiya Samarskogo tsentra RAN* = Proceedings of Samara Center of the RAS. 2011;(1):1271–1273. (In Russ.)