

ДИНАМИКА РОСТА И СОХРАННОСТИ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ В УСЛОВИЯХ ПРУДА-НАКОПИТЕЛЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Якимов Н. И., Юреня А. В., Юреня Е. Г.

Белорусский государственный технологический университет
(г. Минск, Беларусь)

Лесная рекультивация территории иловых прудов-накопителей предусматривает улучшение санитарно-гигиенического состояния окружающей среды и защиту населенных пунктов от неприятных запахов и газообразных примесей. После внесения на поверхность илового пруда песка из песколовков слоем около 1 м в апреле 2019 г были посажены опытные культуры из древесных и кустарниковых пород. Использование песка из песколовков обеспечивает увеличение твердости осадков сточных вод и соответствует требованиям, предъявляемым к материалам для рекультивации. На четвертый год роста опытных посадок наблюдалось снижение сохранности практически у всех пород, также прирост по высоте был незначительный. Снижение сохранности было небольшим у липы крупнолистной, березы повислой, пузыреплодника калинолистного. По сравнению с другими древесными видами, лучшими показателями линейного роста в высоту обладали береза повислая и клен остролистный. Поэтому для лесной рекультивации иловых прудов можно применять березу повислую, клен остролистный, липу крупнолистную, а из кустарников пузыреплодник калинолистный.

Ключевые слова: рекультивация; сохранность; культуры опытные; осадки сточных вод; древесные породы; кустарниковые породы; прирост по высоте.

DYNAMICS OF GROWTH AND PRESERVATION OF WOOD SPECIES IN CONDITIONS OF A SEWAGE SLUDGE POND

Yakimov N. I., Yurenja A. V., Yurenja E. G.

Forest reclamation of the territory of sludge storage ponds provides for improving the sanitary and hygienic condition of the environment and protecting settlements from unpleasant odors and gaseous impurities. After adding sand from sand traps to the surface of the sludge pond in a layer of about 1 m in April 2019, experimental crops of tree and shrub species were planted. The use of sand from sand traps increases the hardness of wastewater sludge and meets the requirements for reclamation materials. In the fourth year of growth of experimental plantings, a decrease in survival was observed in almost all species, and the increase in height was also insignificant. The decrease in survival was small for large-leaved linden, silver birch, and viburnum-leaved bladder senna. Compared to other tree species, silver birch and Norway maple had the best linear growth rates in height. Therefore, for forest

reclamation of sludge ponds, you can use silver birch, Norway maple, large-leaved linden, and, from shrubs, viburnum-leaved bladder-senna.

Keywords: reclamation; preservation; experimental crops; sewage sludge; tree species; shrub species; height increase.

ВВЕДЕНИЕ

В результате очистки городских сточных вод образуется осадок, что является неблагоприятным антропогенным влиянием на окружающую среду. Существует много методов утилизации отходов. Одним из наиболее приемлемых по экономическим и экологическим соображениям методом утилизации отходов является использование их в качестве удобрений при выращивании посадочного материала в лесных питомниках [1–6]. Осадки сточных вод содержат значительные количества вредных веществ. В связи с этим осадки промышленных городов, сточные воды которых содержат тяжелые металлы, не могут использоваться в качестве удобрений и подлежат термической сушке и сжиганию [7–8].

В Республике Беларусь осадки сточных вод хранят в иловых прудах, которые имеют неприятный запах и могут быть загрязнены различными химическими веществами, относящимися по токсичности к веществам различных классов опасности. Задачей рекультивации территории иловых прудов-накопителей является улучшение санитарно-гигиенического состояния окружающей среды и защита населенных пунктов от неприятных запахов и газообразных примесей и пылегазовых смесей (аэрозолей). Одним из возможных способов, является лесная мелиорация посадками древесных растений после технической рекультивации иловых прудов минеральным осадком песком из песколовков [9–11].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Закладка опытных посадок с целью лесной рекультивации древесно-кустарниковой растительностью для улучшения экологии окружающей местности была проведена на иловом пруду-накопителе в апреле 2019 г. Предварительно на поверхность пруда-накопителя для создания твердого основания был внесен минеральный остаток песка из песколовков слоем до 1 м. Доля песка из песколовков в смеси не превышала 30 % по массе. В результате исследований установлено, что внесение песка из песковых площадок обеспечивает увеличение твердости почвогрунта в верхнем слое с 10 до 25 кг/см².

Для изучения роста и развития древесных растений на территории илового пруда-накопителя было выбрано 14 древесных и кустарниковых пород. В качестве исследуемых древесных пород были выбраны древесные виды, применяемые для создания лесных культур, а также для декоративных посадок в зеленом строительстве. Для посадки использовали крупный посадоч-

ный материал возрастом 4–5 лет. Посадка производилась под лопату с размещением посадочных мест 3×1 м.

Исследование проб минерального остатка песка из песколовок приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Исследования отхода (песка из песколовок – минеральный осадок)

Наименование показателя	Ед. измерения	Требование ТУ ВУ 100236027.001-2020	Фактические показатели
Доля сухого вещества	%	не менее 80	81,46
Доля золы (минерального остатка)	%, на сухое вещество	не менее 70	92,02
Водородный показатель солевой вытяжки	РН	5,0-8,5	7,10
Содержание частиц с размерами больше 5 мм	%	не более 5	4,40
Содержание частиц с размерами больше 20 мм	%	не более 2	1,30
Хром	мг/кг сухого вещества	не более 500	28,0
Никель	мг/кг сухого вещества	не более 300	12,90
Свинец	мг/кг сухого вещества	не более 250	7,70
Кадмий	мг/кг сухого вещества	не более 30	0,21
Медь	мг/кг сухого вещества	не более 1000	16,0
Цинк	мг/кг сухого вещества	не более 2500	264,0
Мышьяк	мг/кг сухого вещества	не более 20	14,90
Ртуть	мг/кг сухого вещества	не более 15	0,043
ХПК водной вытяжки	мгО ₂ /дм ³	не более 700	620,0
БПК водной вытяжки	мгО ₂ /дм ³	не более 500	190,0
Удельная эффективная активность радионуклидов	Бк/кг	До 1500	58,20

Анализ таблицы показывает, что доля сухого вещества составляет 81,46 %, доля золы равна 92,01 %, что соответствует нормативам. Содержание частиц размерами более 5 мм равно 4 %, размерами более 20 мм составляет 1,3 % и является допустимым. Удельная эффективная активность естественных радионуклидов равна 58,2 Бк/кг, что соответствует требованиям технических норм.

Водородный показатель (кислотность среды) равен 7,1 рН. Для выращивания большинства древесных пород такая реакция среды грунтов является повышенной, что может сказаться на приживаемости и росте древесных

растений, особенно в первые годы. Большинство древесных видов предпочитают слабокислые почвы и хорошо растут при кислотности почвы 5–6 рН.

Сравнение результатов определения содержания тяжелых металлов в исследуемых пробах с требованиями технических условий свидетельствует о том, что все пробы отвечают требованиям технических условий в части содержания тяжелых металлов. В наибольшем количестве в анализируемых пробах присутствуют цинк, хром, медь, никель. Незначительное количество в исследуемых пробах отмечено содержание свинца, кадмия, мышьяка и ртути.

Биохимическое потребление кислорода (БПК₅), которое дает оценку загрязнения воды равно 190 мгО₂/дм³, химическое потребление кислорода (ХПК_{сн}), которое показывает общий объем органических веществ в стоках, равно 620 мгО₂/дм³ и соответствует требованиям.

Таким образом, исследование отхода песка из песколовок, образованного в процессе очистки сточных вод на Минской очистной станции, показало, что он соответствует требованиям разработанных технических условий ТУ ВУ 100236027.001–2020. Использование песка из песколовок обеспечивает увеличение твердости осадков сточных вод, размещенных на иловых площадках. По содержанию тяжелых металлов и составу водного экстракта, песок песковых площадок и смеси, полученные путем его внесения на поверхность илового пруда-накопителя, соответствует требованиям, предъявляемым к материалам для биологической рекультивации. Поэтому песок из песколовок может применяться с целью создания твердого основания для лесной рекультивации древесными породами и кустарниками иловых прудов-накопителей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сохранность деревьев – важный лесокультурный показатель, характеризующий состояние лесных культур в момент формирования древостоя. Сохранность определяется отношением жизнеспособных растений в настоящее время к первоначальной густоте посадки и выражается в процентах.

При посадке древесных пород в неблагоприятных условиях для их роста может наблюдаться значительный отпад деревьев. Поэтому целью исследований являлось изучение изменения сохранности высаженных деревьев по годам.

Хвойные породы (сосна обыкновенная, ель европейская, лиственница европейская) в течение 5 лет отпали из состава опытных культур в связи с неблагоприятными условиями для их роста. Оставшиеся лиственные древесные виды обладали различной сохранностью и линейным ростом в высоту.

В таблице 2 приведена сохранность разных древесных пород за 4-летний период их роста. На третий год выращивания опытных культур такие виды как клен, боярышник, пузыреплодник, бирючина, кизильник в результате возобновления роста из спящих почек показали более высокую сохранность, чем в предыдущие годы.

Таблица 2 – Динамика сохранности древесных видов на территории илового пруда-накопителя

Древесный вид	Посажено, шт.	Сохранность, %			
		2020	2021	2022	2023
Береза повислая	605	37,7	32,7	20,0	16,5
Клен остролистный	1380	75,4	57,3	59,7	25,3
Липа крупнолистная	160	38,3	35,6	31,9	31,2
Дуб красный	120	11,6	4,2	5,0	5,0
Рябина обыкновенная	60	28,8	16,7	21,7	13,3
Сосна обыкновенная	300	0,3	0,3	0,3	–
Ель европейская	300	1,8	1,0	1,0	–
Лиственница европейская	84	1,0	–	–	–
Боярышник обыкновенный	90	41,3	36,7	56,7	45,6
Пузыреплодник калинолистный	600	34,7	21,5	24,5	18,3
Дерен белый	60	23,3	21,7	25,0	13,3
Сирень обыкновенная	110	30,7	18,2	18,2	19,1
Бирючина обыкновенная	60	5,0	3,3	1,7	5,0
Кизильник блестящий	60	7,3	1,7	6,7	3,3

Сохранность оценивалась в сентябре в зависимости от наличия листьев и жизнеспособных деревьев. Такое увеличение сохранности свидетельствует о том, что древесные растения способны приспосабливаться и возобновлять рост в неблагоприятных условиях среды.

На четвертый год роста опытных посадок наблюдалось снижение сохранности у многих пород. Значительное изменение сохранности по сравнению с 2022 г. наблюдалось у клена остролистного – на 34,4 %. У дерна белого, боярышника обыкновенного и рябины обыкновенной сохранность снизилась соответственно на 11,7 %, 11,1 % и 8,4 %. Менее значительное число деревьев сохранилось по сравнению с предыдущим годом у липы крупнолистной (на 0,7 %), березы повислой (на 3,5 %), кизильника блестящего (на 3,4 %), пузыреплодника калинолистного (на 6,2 %). Вместе с тем, за счет возобновления роста из спящих почек сохранность некоторых пород увеличилась. У бирючины обыкновенной она увеличилась на 3,3 %, у сирени обыкновенной – на 0,9 %, у дуба красного – не изменилась.

В таблице 3 приведена характеристика роста опытных лесных культур по высоте.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика роста в высоту разных древесных видов в опытных посадках на иловом пруду

Древесный вид	Возраст посадочного материала, лет	Высота при посадке см	Высота видов через 5 лет после посадки, см	Прирост за 5 лет, см
		$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$
1	2	3	4	5
Береза повислая	4	160±3,9	200±4,3	40±0,6
Клен остролистный	4	130±3,5	170±4,1	40±0,5
Липа крупнолистная	4	120±3,6	150±4,0	30±0,5

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
Дуб красный	5	110±3,1	145±3,6	35±0,5
Рябина обыкновенная	5	125±3,4	140±3,8	15±0,4
Сирень обыкновенная	5	120±3,0	140±3,3	20±0,4
Боярышник обыкновенный	5	100±3,2	130±3,7	30±0,5
Пузыреплодник калинол.	4	70±2,1	90±2,3	20±0,4
Кизильник блестящий	4	45±2,0	60±2,1	15±0,3
Дерен белый	4	65±3,0	85±3,4	20±0,4
Бирючина обыкновенная	4	55±2,1	70±2,6	15±0,3

Лучшими показателями линейного роста в высоту обладает береза повислая. Так, ее средняя высота составила 2 м. Также хороший рост в высоту показал клен остролистный, средняя высота которого через 5 лет после посадки составила 1,7 м. Средняя высота таких лиственных пород как липа крупнолистная, дуб красный, рябина обыкновенная, сирень обыкновенная, боярышник обыкновенный колебалась в пределах 1,3–1,5 м. У лиственных кустарников пузыреплодника, кизильника, дерна и бирючины высота составляла 60–90 см.

Прирост по высоте за пятилетний период у всех древесных видов был незначительным и варьировал от 15 см до 40 см. Это говорит о том, что условия для роста древесных растений в условиях илового пруда неблагоприятные. Лучший прирост по высоте был у березы и клена, который составил 40 см. У липы, дуба и боярышника он был в пределах 30–35 см. У остальных древесных видов прирост колебался от 15 см до 20 см.

Поэтому для лесной рекультивации иловых прудов можно рекомендовать березу повислую, клен остролистный, липу крупнолистную, а из кустарников пузыреплодник калинолистный. Это подтверждает мнение других исследователей, что правильный выбор древесной породы при искусственном лесоразведении даже в неблагоприятных условиях среды позволяет создать насаждения, которые улучшат экологическую обстановку для окружающей местности [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования сохранности и роста опытных посадок на иловом пруду в течение 5 лет показали, что адаптация древесных пород к сложным почвенно-грунтовым условиям происходит очень трудно. Это сказывается на сохранности и росте древесных и кустарниковых видов. Хвойные породы (сосна обыкновенная, ель европейская, лиственница европейская) в течение 5 лет отпали из состава опытных культур в связи с неблагоприятными условиями для их роста. Оставшиеся лиственные древесные виды обладали различной сохранностью и линейным ростом в высоту. Исходя из сохранности и показателей роста для лесной рекультивации иловых прудов можно использовать клен остролистный, липу крупнолистную, березу повислую, а из кустарников пузыреплодник калинолистный.

1. Кан, В. М. Повышение плодородия почв лесного питомника «Аккайын» Республики Казахстан / В. М. Кан, А. Н. Рахимжанов, С. В. Залесов // Аграрн. вестник Урала. – 2013. – № 8 (114). – С. 39–43.
2. Залесов, С. В. Эффективность внесения нетрадиционных удобрений при выращивании посадочного материала сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / С. В. Залесов, А. Г. Магасумова, Е. А. Фролова // Аграрн. вестник Урала. – 2015. – № 2 (132). – С. 45–48.
3. Кан, В. М. Мелиоративные приемы борьбы с коркообразованием на лесном питомнике «Аккайын» в Республике Казахстан / В. М. Кан, С. В. Залесов, А. Н. Рахимжанов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – Режим доступа: URL: <http://www.science-education.ru/121-17592>. – Дата доступа: 07.03.2027.
4. Залесов, С. В. Перспективы использования осадка сточных вод при выращивании посадочного материала сосны обыкновенной / С. В. Залесов, А. Г. Магасумова, Е. А. Фролова // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: IV междунар. науч. экол. конф. Краснодар: Кубан. гос. аграрн. ун-т. – 2015. – Ч. 1. – С. 151–155.
5. Фролова, Е. А. Применение нетрадиционных удобрений в лесном хозяйстве / Е. А. Фролова, С. В. Залесов // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики: матер. XI междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ. – 2017. – С. 245–246.
6. Фролова, Е. А. Использование осадков сточных вод г. Екатеринбурга в качестве нетрадиционных удобрений при выращивании посадочного материала сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / Е. А. Фролова, Н. А. Кряжевских, Е. И. Глухова // Леса России и хозяйство в них. – 2017. – № 2 (61). – С. 41–46.
7. Щербина, Е. В. Основы концепции комплексного управления обращением с иловыми осадками для обеспечения экологической безопасности в городском хозяйстве / Е. В. Щербина, А. И. Ковальская // Интернет-журнал «Науковедение». – №4. – 2012. – С. 1–8.
8. Боровков В.С., Курочкина, В.А. Миграция тяжелых металлов в растения при их выращивании с использованием сточных вод и загрязнённых илов в качестве удобрений//Экология урбанизированных территорий. 2011. № 2. стр. 51–54.
9. Юренин, А. В. Свойства грунтов для выращивания древесных растений на прудах-накопителях осадков сточных вод / А. В. Юренин [и др.] // Материалы Международной научно-практической конференции «Передовые технологии в системах водоотведения населенных мест». – Минск. – 2020. – С. 184–186.
10. Юренин, А. В. Санитарное состояние древесных посадок в иловом хозяйстве унитарного предприятия «Минскводоканал» / А. В. Юренин, Н. И. Яки-

мов // Материалы XVIII Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития лесного комплекса». – Вологда. – 2020. – С. 175–177.

11. Якимов, Н. И. Подбор древесных видов для лесной рекультивации илового пруда унитарного предприятия «Минскводоканал» / Н. И. Якимов, А. В. Юренин, Е. Г. Юренин // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. научн. трудов ИЛ НАН Беларуси. – Вып. 82. – Гомель. – 2022. – С. 93–98.

12. Кабанова, С. А. Изучение сохранности и роста лесных культур на условно лесопригодных почвах в пригородных лесах г. Астаны / С. А. Кабанова [и др.] // Лесное хозяйство и зеленое строительство в Западной Сибири: материалы VIII Международной научной интернет-конференции. Национальный исследовательский Томский государственный университет. – Томск. – 2016. С. 53–55.

Статья поступила в редколлегию 22.03.2024 г.

