

УДК 631.6.02:[582.635.12 + 582.772.2]

ЭКОЛОГО-ЛЕСОВОДСТВЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНЫХ РАБОТ ПО МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ В ЗЕЛЁНОЙ ЗОНЕ Г. АСТАНЫ**¹Кабанова С.А., ¹Борцов В.А., ²Данченко А.М., ²Данченко М.А., ²Пуджа Г.И.**¹*Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации, Щучинск, e-mail: kabanova.05@mail.ru;*²*Биологический институт, Томский государственный университет, Томск, e-mail: t-ekos@mail.ru*

Исследовательские работы в зелёной зоне г. Астаны проводились на участках с почвами различной степени лесопригодности (ограниченно, условно и нелесопригодных почвах). На трех экспериментальных участках осенью 2013 г. был внесен фосфогипс с минимальной (15 т/га), максимальной (30 т/га) и средней (20 т/га) дозой внесения. Выявлено, что на контрольных участках без внесения фосфогипса содержание токсичных солей было нестабильным по годам и сумма солей в среднем изменялась от 0,206 (2013 г.) до 0,073 % (2016 г.). При изучении динамики изменения количества токсичных солей в почве до и после внесения фосфогипса выявлено, что содержание их значительно увеличилось на следующий год после внесения мелиоранта по всем вариантам опытов. Со времени внесения мелиоранта количество солей постепенно уменьшается. На основании проведенных наблюдений выявлено, что без промывки почвы в первый год после проведенных мелиоративных мероприятий содержание солей увеличивается практически в два раза, особенно это касается сульфатов. Через 4 года при внесении фосфогипса 15 т/га количество легкорастворимых солей уменьшается и достигает первоначального уровня. Лучшую приживаемость и более высокий рост имели саженцы вяза перистоветвистого (*Ulmus pinnato-ramosa*), обработанные активатором почвы ЭридГроу (соответственно 70,7% и 44,3 см), для клена ясенелистного (*Acer negundo*) применение указанных компонентов не оказало никакого позитивного влияния. На контрольных участках клен прижился и рос лучше, чем на участках с внесением стимуляторов.

Ключевые слова: фосфогипс, лесные культуры, токсичные соли, сульфаты, приживаемость, мелиорация**ECOLOGICAL AND FORESTRY RESULTS OF EXPERIMENTAL WORKS ON MELIORATION OF SOILS IN THE GREEN ZONE OF ASTANA****¹Kabanova S.A., ¹Bortsov V.A., ²Danchenko A.M., ²Danchenko M.A., ²Pudza G.I.**¹*Kazakh research Institute of forestry and agroforestry, Schuchinsk, e-mail: kabanova.05@mail.ru;*²*National Research Tomsk State University, Tomsk, e-mail: t-ekos@mail.ru*

The research work in the green zone of the city of Astana was carried out on the plots with the soils of different degree of suitability for forest (limited, relative, soils unsuitable for forest). On three experimental plots in autumn 2013 there was applied phosphogypsum with the minimal (15 t/ha), maximal (30t/ha) and average (20 t/ha) rates of application. It is revealed that on control plots without application of phosphogypsum the content of toxic salts was unstable by the years and the amount of salts varied on average from 0,206% (the year 2013) to 0,073% (the year 2016). When studying the dynamics of changes of the amount of toxic salts in the soil before and after application of phosphogypsum it was revealed that their content increased noticeably the following year after application of meliorant by all the variants of tests. Since the time of application of the meliorant the amount of salts has been decreasing gradually. On the basis of carried out studies it has been revealed that without washing of the soil in the first year after the conducted reclamation work the content of salts increases practically in two times, particularly it concerns sulphates. In four years after application of phosphogypsum 15 t/ha the amount of freely soluble salts decreases and reaches the initial level. The best survivability and higher growth were elm seedlings (*Ulmus pinnato-ramosa*), treated with soil activator EridGrow (70,7% and 44,3 cm, respectively), and the use of these components did not have any positive effect for the maple tree (*Acer negundo*). On the control plots box elder took roots and grew better than on the plots with application of the stimulants.

Keywords: phosphogypsum, forest cultures, toxic salts, sulphates, survival, melioration

Одна из важнейших проблем столицы Казахстана – улучшение окружающей среды, эстетического облика, организация здоровых и благоприятных условий жизни для населения. Суровые почвенно-климатические условия зачастую становятся значительным препятствием в решении этих вопросов. Для условий г. Астаны выращивание зелёных насаждений осложняется многими факторами [1–3], особенно на сохранность и рост растений влияет засоление почв. Только 18,5% обследованных почв являются лесопригодными, остальные

относятся к ограниченно-лесопригодным (13,4%), условно-лесопригодным (36,7%) и нелесопригодным (41,4%) категориям [4]. Поэтому при лесоразведении большое внимание должно уделяться мелиорации и повышению плодородия почв для создания производительных, устойчивых зелёных насаждений. Одним из способов мелиорации является внесение фосфогипса [5–7].

Материалы и методы исследования

Целью исследований являлась разработка мероприятий по мелиорации с вне-

сением мелиорантов на ограниченно-, условно- и нелесопригодных землях. Объектами исследований являлись лесокультурные площади с почвами различных категорий лесопригодности в зелёной зоне г. Астаны. Исследовательские работы проводились в Кызылжарском лесничестве РГП «Жасыл Аймак» в 8 квартале (ограниченно-лесопригодные почвы), 10 квартале (условно-лесопригодные почвы) и 13 квартале (нелесопригодные почвы).

На трех экспериментальных участках осенью 2013 г. был внесен фосфогипс с минимальной (15 т/га), максимальной (30 т/га) и средней (20 т/га) дозой внесения. Контрольными считались участки без внесения фосфогипса. Мелиорант на экспериментальных участках разбрасывался МВУ-6. После внесения фосфогипса была проведена перепашка пара и культивация. Промывка почвы не проводилась. Химический анализ почвы выполнялся по общепринятым методикам [8, 9]. Определялось содержание легкорастворимых солей, фиксировались изменения в составе после применения мелиоранта. Осенью 2014 г. и весной 2015 г. на участках были высажены сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), вяз перистоветвистый (*Ulmus pinnato-ramosa*) и клен ясенелистный (*Acer negundo*). Замеры высоты растений выполнялись линейками с точностью до 1 см, приживаемость определялась как отношение живых и 50% сомнительных растений к числу фактических посадочных мест [10]. Математические вычисления выполнялись в соответствии с общепринятыми методами [11].

Результаты исследования и их обсуждение

До внесения фосфогипса наибольшее количество легкорастворимых солей SO_4^{2-} имелось на нелесопригодных почвах (3,42 мг-экв на 100 г почвы), но присутствие Cl и Na минимально по сравнению с другими экспериментальными участками (соответственно 0,25 и 0,28 мг-экв). Ограниченно-лесопригодные почвы отличаются более низким содержанием солей по сравнению с другими участками, а почвенные условия экспериментального участка более оптимальны для произрастания древесных и кустарниковых растений.

После внесения фосфогипса в почву на протяжении 4 лет на опытных участках проводилось определение химических свойств почвы для изучения изменения степени засоления. Выявлено, что на контрольных участках без внесения фосфогипса содер-

жание токсичных солей было нестабильным по годам и сумма солей в среднем изменялась от 0,206 (2013 г.) до 0,073% (2016 г.). На рис. 1 видно, что содержание Cl на контрольных участках без внесения фосфогипса было нестабильным по годам, наибольшее количество его было в 2015 г. Аналогичные результаты получены по содержанию SO_4^{2-} в почве контрольных участков. При изучении динамики изменения количества SO_4^{2-} в почве до и после внесения фосфогипса выявлено, что содержание сульфатов значительно увеличилось на следующий год после внесения мелиоранта по всем вариантам опытов (на условно-лесопригодных почвах с 0,143 до 0,447%) (рис. 2). Со времени внесения мелиоранта количество сульфатов постепенно уменьшается. Аналогичная картина наблюдается по динамике содержания Cl в почве на экспериментальных участках. Количество Cl снижается, но все же содержание данной соли в почве больше, чем на контрольных участках без внесения фосфогипса.

В табл. 1 приведены усредненные данные по результатам почвенного анализа по вариантам опыта за 2016 г. Проведенные исследования анализа содержания токсичных солей в почве на экспериментальных участках с внесением фосфогипса в качестве мелиоранта показали, что на ограниченно-лесопригодных почвах наименьшее количество легкорастворимых токсичных солей наблюдалось на контрольном участке (0,06%) и на участке с максимальным внесением фосфогипса (0,09%). На вариантах опыта с минимальной и средней дозой внесения мелиоранта сумма токсичных солей составила соответственно 0,215 и 0,579%. Наибольшее количество сульфатов наблюдалось при средней дозе внесения фосфогипса (0,357%), несколько меньше – при минимальной дозе (0,107%). Проведенные исследования анализа содержания токсичных солей в почве на экспериментальных участках с внесением фосфогипса в качестве мелиоранта показали, что на ограниченно-лесопригодных почвах наименьшее количество легкорастворимых токсичных солей наблюдалось на контрольном участке (0,06%) и на участке с максимальным внесением фосфогипса (0,09%). На вариантах опыта с минимальной и средней дозой внесения мелиоранта сумма токсичных солей составила соответственно 0,215 и 0,579%. Наибольшее количество сульфатов наблюдалось при средней дозе внесения фосфогипса (0,357%), несколько меньше – при минимальной дозе (0,107%).

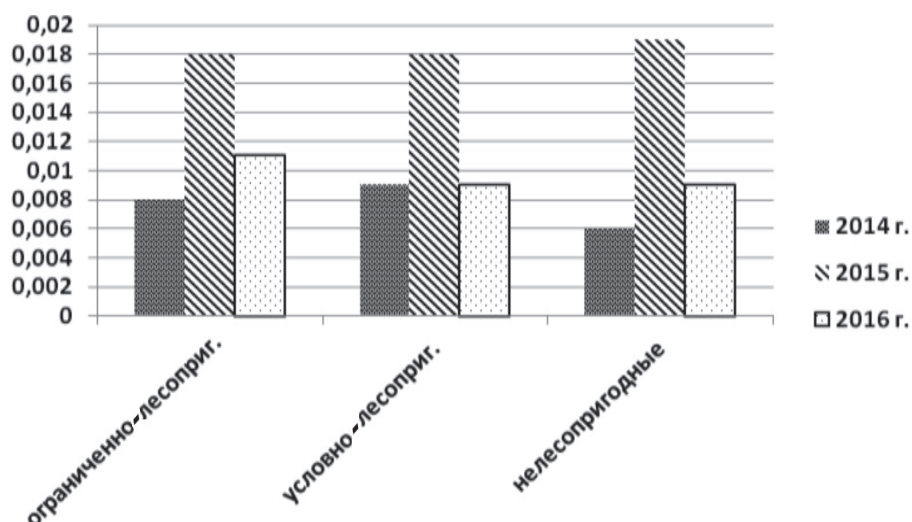


Рис. 1. Динамика содержания Cl (%) на контрольных участках

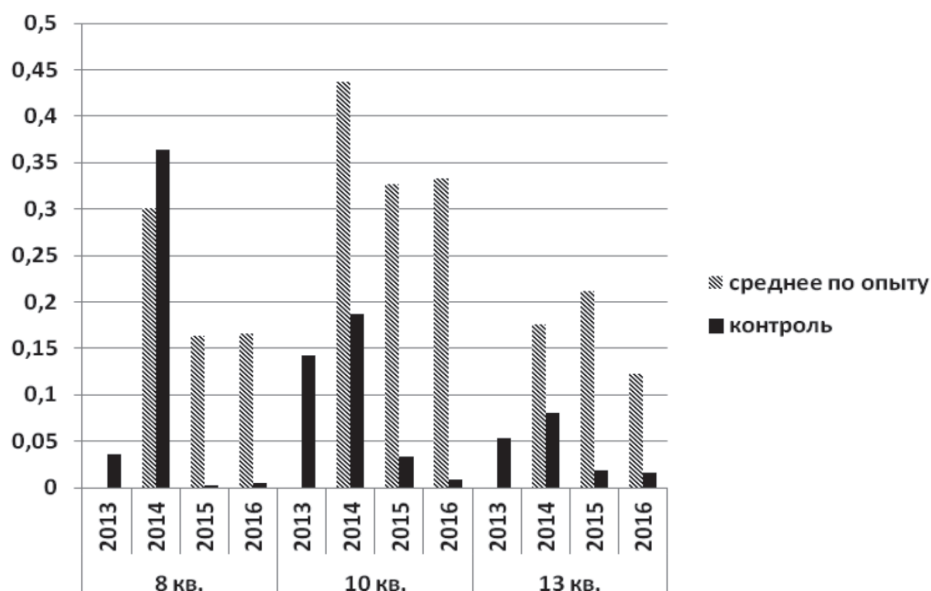


Рис. 2. Динамика содержания SO_4^{2-} (%) в почве на экспериментальных участках. Примечание: 8 кв. – ограниченно-лесопригодные; 10 кв. – условно-лесопригодные; 13 кв. – нелесопригодные

На условно-лесопригодных почвах сумма солей при внесении минимальной дозы фосфогипса составила 0,27%. Варианты с максимальным и средним внесением мелиоранта отличались высоким содержанием токсичных солей – 0,80 и 0,73%. Если при минимальном внесении фосфогипса содержание хлора и сульфатов было примерно одинаковым, то на других вариантах, со средним и максимальным количеством фосфогипса, преобладали сульфаты. Причем с увеличением глубины почвенной прикопки увеличивалось количество легко-

растворимых солей. На нелесопригодных почвах при минимальной дозе внесения фосфогипса и на контрольных участках содержание токсичных солей было наименьшим, причем эти два варианта практически не различались между собой по количеству всех изученных солей, а сумма солей была меньше на опытном участке (0,06%). При средней и максимальной дозе внесения мелиоранта наблюдалось большое количество сульфатов (соответственно 0,41 и 0,16%), а также магния (0,015 и 0,012%) по сравнению с контролем.

Таблица 1

Средние показатели содержания легкорастворимых токсичных солей по вариантам опыта на экспериментальных участках в Кызылжарском лесничестве РГП «Жасыл Аймак» (2016 г.)

Лесопригодность почв	Доза внесения фосфогипса	Показатели, %				
		Cl	SO ₄ ²⁻	Mg	Na	сумма солей
ограниченно	минимальная	0,0200	0,1070	0,0180	0,0070	0,2150
	средняя	0,0290	0,3570	0,0250	0,0080	0,5760
	максимальная	0,0060	0,0340	0,0080	0,0030	0,0900
	контроль	0,0110	0,0050	0,0020	0,0060	0,0600
условно	минимальная	0,0790	0,0947	0,0150	0,0070	0,2743
	средняя	0,0883	0,4073	0,0417	0,0130	0,7300
	максимальная	0,0540	0,4960	0,0413	0,0100	0,8003
	контроль	0,0090	0,0093	0,0043	0,0030	0,0677
нелесопригодные	минимальная	0,0093	0,0153	0,0040	0,0013	0,0617
	средняя	0,0090	0,2617	0,0150	0,0017	0,4120
	максимальная	0,0080	0,0893	0,0123	0,0020	0,1647
	контроль	0,0087	0,0167	0,0047	0,0013	0,0730

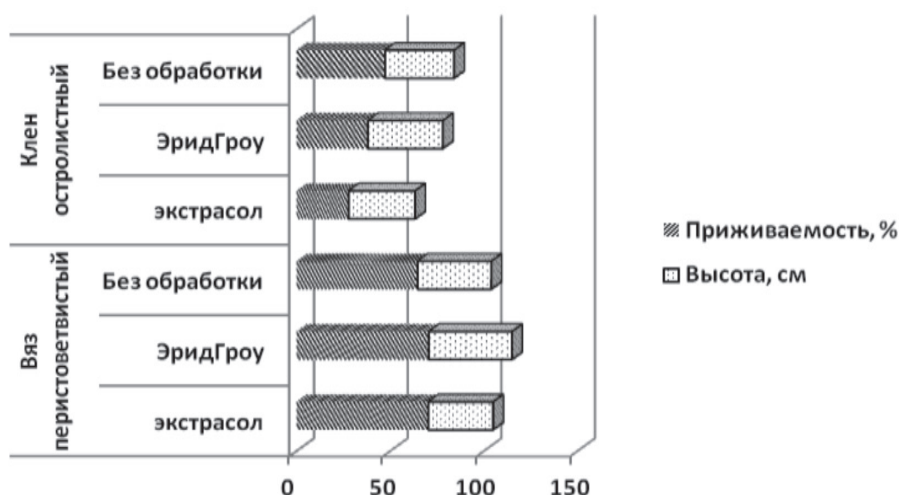


Рис. 3. Показатели роста и приживаемости саженцев древесных пород в зависимости от применяемых стимуляторов роста и почвоулучшающих компонентов

На условно-лесопригодных почвах в 2014 г. была проведена осенняя посадка двухлетними сеянцами сосны обыкновенной и однолетними сеянцами вяза перистоветвистого. Весной 2015 г. выявлено, что сосна обыкновенная погибла полностью, приживаемость вяза составила 34,2%. Весной 2015 г. опыт по посадке был продолжен, были посажены те же породы и клен ясенелистный. Был проведен полив

саженцев экстрасолом и восстановителем почвы ЭридГроу. Инвентаризация показала, что сосна обыкновенная погибла практически полностью. Остались единичные экземпляры, состояние которых оценивалось как сомнительное. Приживаемость растений на участках в среднем составила 58,1%. Средняя приживаемость вяза перистоветвистого была 66,3%, клена ясенелистного – 37,8%.

Таблица 2

Высота и приживаемость двухлетних лесных культур на экспериментальных участках

Категория лесопригодности	Порода	Высота, см			приживаемость, %
		среднее, $X \pm m$	вариация, v	ср. откл., σ	
ограниченно	Вяз перистоветвистый	41,4 ± 0,9	34,7	14,4	74,3
условно	Клён ясенелистный	35,9 ± 1,5	35,1	12,6	12,8
	Вяз перистоветвистый	37,8 ± 1,3	44,5	16,8	28,5
нелесопригодные	Клён остролистный	36,8 ± 1,1	30,4	11,2	16,2
	Вяз перистоветвистый	37,9 ± 0,9	39,1	14,8	51,5

Изучена приживаемость и рост саженцев в зависимости от применяемых стимуляторов роста и почвоулучшающих компонентов (рис. 3). Видно, что лучшую приживаемость и более высокий рост имели саженцы вяза перистоветвистого, обработанные активатором почвы ЭридГроу (соответственно 70,7% и 44,3 см), на клен ясенелистный применение указанных компонентов не оказало никакого позитивного влияния. На контрольных участках клен прижился и рос лучше, чем на участках с внесением стимуляторов.

Следует отметить, что количество внесенного фосфогипса (минимальное, среднее и максимальное) достоверно не влияло на приживаемость и рост растений ($p < 0,05$), поэтому наблюдения выполнены без разделения на варианты опыта.

Проведенные в 2016 г. наблюдения за ростом опытных посадок на почвах различной лесопригодности с внесенным фосфогипсом показали, что вяз перистоветвистый на ограниченно-лесопригодных почвах имел наибольшую высоту (41,4 см), на условно-лесопригодных и нелесопригодных почвах высота была несколько меньше (соответственно 37,8 и 37,9 см). Высота саженцев сильно различалась по всем вариантам опыта, коэффициент вариации характеризовался значительным размахом – от 30,4 до 44,5% (табл. 2).

Растения на всех участках угнетенные, имеются повреждения животными, большинство растений начинают свой рост от поросли. Индекс жизненного состояния растений составил 52,3%, что говорит об ослабленности насаждения.

Выводы

На основании проведенных наблюдений за изменением состава почвы при внесении фосфогипса в различной дозе выявлено, что без промывки почвы в первый год после

проведенных мелиоративных мероприятий содержание солей увеличивается практически в два раза, особенно это касается сульфатов. Через 4 года при внесении фосфогипса 15 т/га количество легкорастворимых солей уменьшается и достигает первоначального уровня. Возможно, в дальнейшем будет происходить рассоление почвы, но это можно будет утверждать после более длительных наблюдений.

Внесение фосфогипса улучшает агрохимические свойства почвы, играя большую почвозащитную роль, препятствуя развитию деградационных процессов. Применение минеральных удобрений при создании лесных культур позволяет в значительной степени обеспечить их приживаемость и улучшить плодородие почвы, так как для Казахстана характерны неблагоприятные почвенные условия. Все вышесказанное подчеркивает важность и своевременность проведенных исследований, поскольку главной задачей лесного хозяйства является проведение мероприятий по осуществлению расширенного воспроизводства лесных ресурсов, при условии непрерывного и неистощительного лесопользования, повышению средоохранной и средообразующей роли лесов, что достигается путем интенсификации лесного хозяйства, в том числе применением различных удобрений.

Список литературы

1. Муқанов Б.М. Научное обеспечение создания зелёной зоны вокруг г. Астаны // Технологии создания защитных насаждений в пригородной зоне г. Астаны: матер. междунар. науч.-практ. совещания (г. Астана, 8 июля 2012 г.). – Астана, 2012. – С. 21–23.
2. Обезинская Э.В. Озеленительные насаждения на условно-лесопригодных почвах зелёной зоны г. Астаны / Э.В. Обезинская, А.А. Рахимжанов, А.А. Бектемиров // Технологии создания защитных насаждений в пригородной зоне г. Астаны: матер. междунар. науч.-практ. совещания (г. Астана, 8 июля 2012 г.). – Астана, 2012. – С. 54–56.
3. Кабанова С.А. Создание зелёной зоны г. Астаны: история, современное состояние и перспективы / С.А. Каба-

нова, А.Н. Рахимжанов, М.А. Данченко // Лесотехнический журнал. – 2016. – Т. 6, № 2 (22). – С. 16–22.

4. Руководство по ведению хозяйства в насаждениях государственных защитных лесных полос в Российской Федерации: Утв. Федер. службой лесного хоз-ва России 21.03.96. – М.: Всерос. науч.-исслед. и информ. центр по лесным ресурсам, 1996. – 48 с.

5. Марс А.М. Приемы повышения плодородия солонцеватых почв и солонцов: Автореф. канд. с-х. наук. – Пенза, 2011. – 269 с.

6. Копытков, В.В. Новые композиционные полимерные составы для лесовыращивания в природно-климатических условиях Беларуси и Казахстана / В.В. Копытков, В.С. Каверин, А.В. Боровков, В.Вл. Копытков, Ю.А. Таирбергенев; под ред. В.В. Копыткова. – Минск: РУП «Издательский дом «Белорусская наука», 2014. – 509 с.

7. Березин Л.В. Влияние мелиорации солонцов фосфогипсом на загрязнение почв / Л.В. Березин, А.В. Токарева, З.Н. Кахнович // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – М., 1988. – Вып. 42. – С. 30–34.

8. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: МГУ, 1971. – 487 с.

9. Рассел Э. Почвенные условия и рост растений / Э. Рассел. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1955. – 623 с.

10. Огиевский В.В. Обследование и исследование лесных культур / В.В. Огиевский. – Л., 1967. – 15 с.

11. Черных В.Л. Математические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве [Электронный ресурс] / В.Л. Черных, Н.А. Власова, Н.Г. Киселева, Д.М. Воржцов. – Электрон. дан. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2011. – 80 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/39601>.