



ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ НА СОСТОЯНИЕ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЗЕЛЕННОЙ ЗОНЕ АСТАНЫ

✉ Кочегаров И.С.¹, Кабанова С.А.¹, Кабанов А.Н.¹, Данченко М.А.²

¹Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации
им. А.Н. Букейхана

Акмолинская область, г. Щучинск, Республика Казахстан

²Биологический институт Томского государственного университета
Томск, Россия

✉ e-mail: Garik_0188@mail.ru

Создание и содержание зеленой зоны вокруг столицы Республики Казахстан – г. Астана – осложняется не только резко континентальным климатом, но и засоленностью почвы. В связи с этим для озеленения данных территорий выбирают растения, характеризующиеся устойчивостью к засухе, морозам и засолению почвы. Избежать или минимизировать воздействие негативных последствий при облесении засоленных участков можно, понимая суть механизмов, благодаря которым лесные деревья и кустарники способны выживать в таких условиях. Целью исследования являлось изучение содержания солей в почве под лесными культурами в зеленой зоне г. Астана и их влияния на состояние древесных растений. Объектами исследования стали искусственные насаждения вяза приземистого и клена ясенелистного 2015 года посадки. В качестве основного метода исследования использовали закладку пробных площадей в здоровых, ослабленных и погибших насаждениях. Клен ясенелистный оказался устойчивее к более высокому содержанию солей в почве, чем вяз приземистый. Установлено, что высокое содержание токсичных ионов и низкая концентрация катионов в почве связаны с состоянием культур, причем более токсичный тип засоления преобладает на участках с ослабленными и погибшими насаждениями. По результатам исследований видно, что почва здоровых участков отличается большим содержанием катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} и Na^{+} , чем почва ослабленных насаждений. Анионы HCO_3^- , Cl^- и SO_4^{2-} присутствуют в значительном количестве в почве под ослабленными культурами, а содержание ионов HCO_3^- на участках с погибшими деревьями намного выше, что может быть одной из причин сильного засоления почвы и гибели растительности. Также было определено, что сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатное засоление и магниевое-кальциевый химизм с токсичностью более 0,17 мг-экв. HCO_3^- негативно влияют на состояние растений. На здоровых участках преобладает сульфатно-хлоридный тип засоления, в ослабленных и погибших насаждениях – более токсичный сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатный тип.

Ключевые слова: содержание солей в почве, лесные культуры, вяз приземистый, клен ясенелистный, токсичные ионы, ослабленные и погибшие культуры, сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатное засоление

EFFECT OF SOIL CONDITIONS ON THE STATE OF TREE PLANTATIONS IN THE GREEN ZONE OF ASTANA

✉ Kochegarov I.S.¹, Kabanova S.A.¹, Kabanov A.N.¹, Danchenko M.A.²

¹A.N. Bukeikhan Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry
Shchuchinsk, Akmola region, Republic of Kazakhstan

²Biological Institute of Tomsk State University
Tomsk, Russia

✉ e-mail: Garik_0188@mail.ru

Creation and maintenance of a green zone around the capital of the Republic of Kazakhstan, Astana, is complicated not only by sharply continental climate, but also by soil salinity. In this regard, plants characterized by resistance to drought, frost and soil salinity are chosen for landscaping of these

areas. Avoiding or minimizing the impact of negative consequences of afforestation of saline areas can be achieved by understanding the mechanisms by which forest trees and shrubs are able to survive in such conditions. The purpose of the study was to investigate the salt content in the soil under forest crops in the green zone of the Astana city and their influence on the condition of woody plants. The objects of the study were artificial plantations of the dwarf elm and maple ash planted in 2015. The main research method used was the establishment of sample plots in healthy, weakened and dead plantations. Maple ash was found to be more tolerant to higher salt content in soil than the dwarf elm. It was found that high content of toxic ions and low concentration of cations in the soil are related to the condition of crops, with more toxic type of salinization prevailing in the areas with weakened and dead plantations. According to the research results, it can be seen that the soil of healthy plots is characterized by a higher content of Ca^{2+} , Mg^{2+} and Na^{+} cations than the soil of the weakened plantations. HCO_3^{-} , Cl^{-} and SO_4^{2-} anions are present in significant amounts in the soil under weakened crops, and the content of HCO_3^{-} ions is much higher in the areas with dead trees, which may be one of the reasons for severe soil salinization and vegetation death. It was also determined that sulfate-chloride-hydrocarbonate salinization and magnesium-calcium chemistry with toxicity greater than 0.17 mg-eq HCO_3^{-} negatively affected plant health. Sulfate-chloride type of salinization prevails on the healthy plots, in the weakened and dead plantations – the more toxic sulfate-chloride-hydrocarbonate type is found.

Keywords: soil salt content, forest crops, dwarf elm, maple ash, toxic ions, weakened and dead crops, sulfate-chloride-hydrocarbonate salinization

Для цитирования: Кочегаров И.С., Кабанова С.А., Кабанов А.Н., Данченко М.А. Влияние почвенных условий на состояние древесных насаждений в зеленой зоне Астаны // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 1. С. 20–30. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-1-3>

For citation: Kochegarov I.S., Kabanova S.A., Kabanov A.N., Danchenko M.A. Effect of soil conditions on the state of tree plantations in the green zone of Astana. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 1, pp. 20–30. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-1-3>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Исследование проведено в рамках финансирования Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан (№ BR10263776).

Acknowledgements

This research is funded by the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan (No. BR10263776).

ВВЕДЕНИЕ

Создание и содержание зеленой зоны вокруг столицы Казахстана – г. Астана – осложняется, кроме резко континентального климата, засоленностью почвы. Для минимизирования воздействия неблагоприятных почвенно-климатических факторов подбирается определенный ассортимент растений, устойчивых к засухе, морозам и засолению почвы. При этом определенное влияние на рост и состояние адаптированных древесных и кустарниковых пород оказывает присутствие в почве токсичных солей. Избежать негатив-

ных последствий при облесении засоленных участков можно, имея достаточное понимание механизмов, благодаря которым лесные культуры используемых деревьев и кустарников способны выживать в данных условиях [1].

Засоление почвы вызывает ослабление растений и увеличивает их подверженность болезням [2], является одним из наиболее значимых стрессовых факторов, неблагоприятно воздействующих на рост и развитие. Это приводит к изменениям в морфологии и биохимических характеристиках растений, нарушает азотный обмен¹. Повышенное осмо-

¹Анисова Ж.М., Сак М.М., Будкевич Т.А., Якушев Б.И. Экзогенная регуляция минерального питания хвойных и лиственных пород в условиях засоления // Механизмы устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным условиям среды: сб. материалов Годичного собрания Общества физиологов растений России, Всерос. науч. конф. с междунар. участием и школы молодых ученых. Иркутск, 2018. Ч. 2. С. 1029–1033.

тическое давление, щелочная реакция среды, токсичность легкорастворимых солей и плохие водно-физические свойства почвы также способствуют негативному воздействию на растения. В результате уменьшается доступность макро- и микроэлементов, вызывается минеральный голод, увеличивается восприимчивость к патогенам и вредителям, что, в свою очередь, приводит к снижению выживаемости растений и потенциального плодородия почвы² [3, 4]. На засоление почвы большое влияние имеет аридизация климата, способствующая активизации соленакопления [5, 6]. Кроме того, ионы, содержащиеся в засоленных почвах, могут оказывать токсическое воздействие на растения, что является еще одним негативным эффектом засоления [7, 8].

На рост и устойчивость растений, произрастающих на засоленных почвах, благоприятно воздействуют бактерии и грибы [9], но антропогенное воздействие на поверхностный гумус снижает активность почвенных микроорганизмов [10].

Общепризнано, что экологическое состояние, рост и развитие насаждений в большой мере определяются комплексом различных химических и физических свойств почвы. Взаимодействие природных и антропогенных факторов приводит к изменению поверхности почвы и образованию резких границ между горизонтами, что может негативно сказаться на состоянии деревьев и кустарников, особенно в условиях аридного климата [11, 12].

Как следует из литературных источников, не только засушливый климат влияет на засоление почвы, но и условия повышенной влажности из-за поднятия уровня грунтовых вод. В подобных условиях возможно развитие деградационных процессов, таких как вторичное засоление и осолонцевание почв [13].

Исходя из сказанного выше, можно констатировать, что в зеленой зоне г. Астана необходимы проведение химической мелиорации, внесение органических и минеральных

удобрений для улучшения ее плодородия и качества почвы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Цель исследования – определение содержания солей в почве под лесными культурами в зеленой зоне г. Астана.

Объект исследования – лесные культуры вяза приземистого (*Ulmus pumila* L.) и клена ясенелистного (*Acer negundo* L.) 2015 года посадки. Основным методом исследования являлась закладка пробных площадей на участках лесных культур. Пробные площади закладывали на участках со здоровыми, ослабленными и погибшими насаждениями, категории которых первоначально определялись визуально по состоянию деревьев, а затем подтверждались на основе методики определения жизнеспособности В.А. Алексеева³ с помощью формулы

$$H = \frac{100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 4n_4}{N}, \quad (1)$$

где H – относительное жизненное состояние древостоя, %; n_1 – число здоровых деревьев, шт.; n_2 – число ослабленных деревьев, шт.; n_3 – число сильно ослабленных деревьев, шт.; n_4 – число отмирающих деревьев, шт.; N – общее число деревьев на пробной площади, шт.

Здоровым считалось насаждение, имеющее индекс жизненного состояния от 80 до 100, ослабленным – от 50 до 79, очень ослабленным – от 20 до 49.

На каждой пробной площади выполняли почвенные прикопки на глубину корнеобитаемого слоя (до 60 см) в трехкратной повторности. Почву из прикопок отправляли для проведения водно-химического анализа в Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова. В камеральных условиях по результатам анализа водной вытяжки (1 : 5) осуществляли оценку засоленных почв, базировавшуюся на двух критериях: химизм (тип) засоления и степень засоления почв под насаждениями,

²Ingole S.P. A review on role of physicochemical properties in soil quality // Chemical science review and letters. 2015. Vol. 4. P. 57–66.

³Алексеев В.А., Чертов О.Г., Сергейчик Г.А. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. 200 с.

характеризующимися различной степенью ослабленности^{4,5}.

При определении типов химизма почв некоторые авторы используют соотношения анионов в водной вытяжке ($\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$), в то время как другие исследователи считают более удобным применять процентные соотношения анионов⁶. В название типа засоления предлагается включать только те анионы, содержание которых превышает 20,0% от суммы эквивалентного веса вещества (мг-экв.). В этом случае в названии доминирующие анионы располагаются последними.

В данном исследовании мы использовали классификацию по девяти типам засоления почв с учетом анионного состава. Если почва содержала ионы CO_3^{2-} в количестве менее 20,0% от суммы эквивалентного веса вещества анионов, но более 0,03 мг-экв./100 г почвы (порог токсичности CO_3^{2-}), то название засоления подбиралось соответственно определенному типу. При этом расчет токсичных солей производился в зависимости от наличия двууглекислой соды, превышающей порог токсичности ионов HCO_3^- (0,8 мг-экв.). Если повышенное содержание HCO_3^- было обусловлено присутствием Mg (HCO_3^-)₂, тип засоления определялся как гидрокарбонатный.

Определение химизма засоления почв по анионному составу дополняли сведениями по составу катионов. Разделение химизма засоления почв по катионному составу в рамках методики Н.И. Базилевич, Е.И. Панковой (см. сноски 4, 5) было построено на соотношениях отдельных катионов, а не их суммы ($\text{Na}^+ + \text{K}^+ \text{ к } \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$), так как все соли Mg относятся к токсичным.

Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова и другие авторы^{7,8} [14] предложили оценивать химизм и степень засоления почв по содержанию в них токсичных ионов, выраженному в процентах к массе абсолютно сухой почвы.

Содержание токсичных солей определяли по следующей формуле [14] (см. сноски 7, 8):

$$\omega = c \cdot K, \quad (2)$$

где ω – массовая доля токсичных солей, % к массе абсолютно сухой почвы; c – концентрация определяемого иона, моль (экв.)/100 г почвы; K – безразмерный коэффициент пересчета, зависящий от вида иона: $K(\text{CO}_3^{2-}) = 0,03$; $K(\text{HCO}_3^-) = 0,061$; $K(\text{Cl}^-) = 0,0355$; $K(\text{SO}_4^{2-}) = 0,048$; $K(\text{Na}^+) = 0,023$; $K(\text{Ca}^{2+}) = 0,0204$; $K(\text{Mg}^{2+}) = 0,0122$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1 наглядно видно, что при увеличении суммы солей условия произрастания становятся экстремальными и деревья погибают. Средние показатели содержания суммы солей составляют от 0,044 до 0,071% в почве под лесными культурами вяза приземистого и от 0,048 до 0,065% под лесными культурами клена ясенелистного.

Минимальные значения содержания суммы солей колеблются от 0,014 до 0,022%, максимальные – от 0,069 до 0,108%. Следовательно, величина суммы солей в почве, оказывающая влияние на состояние вяза приземистого и клена ясенелистного, является схожей. Однако клен ясенелистный выдерживает более высокое содержание суммы солей в почве, чем вяз приземистый. Также можно отметить, что на состояние растений (здоровые, ослабленные или погибшие) значительно влияет концентрация солей в почве: здоровые насаждения произрастают на почвах, характеризующихся меньшими показателями суммы солей, с их увеличением деревья слабеют и погибают.

Выявлено, что на участках, занятых лесными культурами клена ясенелистного, основным типом засоления почвы является сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатный, со-

⁴Базилевич Н.И., Панкова Е.И. Опыт классификации почв по засолению // Почвоведение. 1968. № 11. С. 316.

⁵Базилевич Н.И., Панкова Е.И. Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 1972. № 5. С. 36–42.

⁶Егоров В.В., Иванова Е.Н., Фридланд В.М. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 225 с.

⁷Панкова Е.И., Воробьева Л.А., Гаджиев И.М. Засоленные почвы России. М.: Академкнига, 2006. 854 с.

⁸Руководство по управлению засоленными почвами / Под ред. Р. Варгаса, Е.И. Панковой, С.А. Балюка, П.В. Красильникова, Г.М. Хасанхановой; Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. Рим, 2017. 153 с.

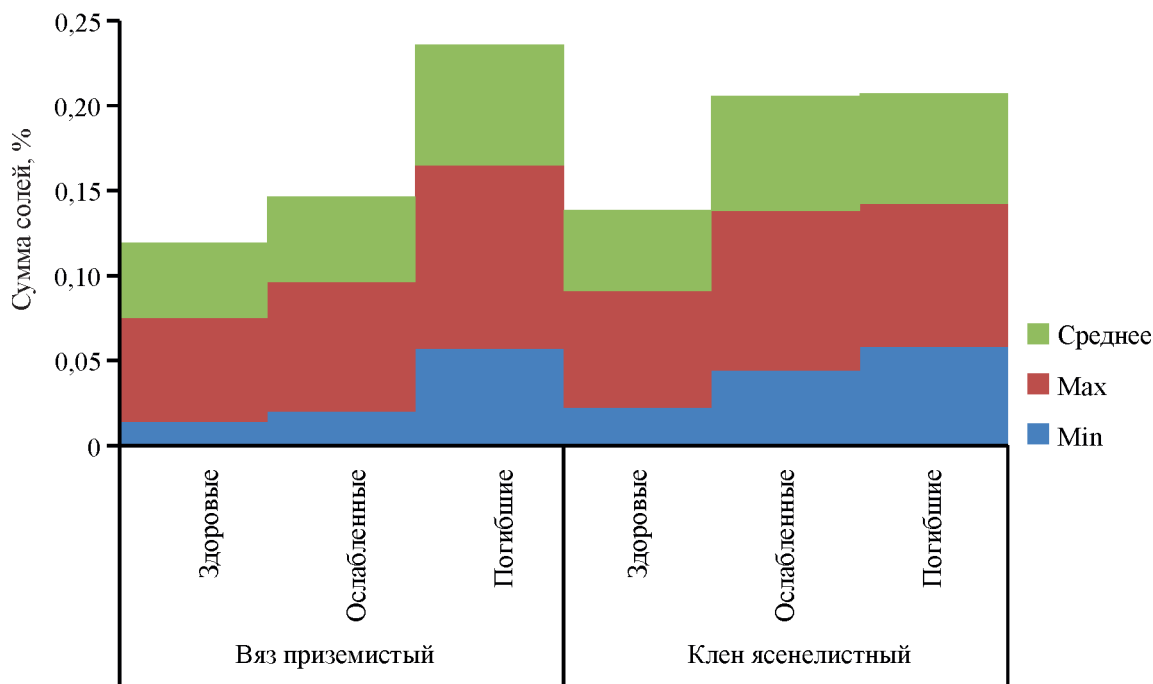


Рис. 1. Сумма солей в почве под лесными культурами *Ulmus pumila* L. и *Acer negundo* L. различного состояния

Fig. 1. The amount of salts in the soil under forest crops of *Ulmus pumila* L. and *Acer negundo* L. of various states

ставляющий 83,3% на всех пробных площадях вне зависимости от состояния насаждений. Второй тип засоления – сульфатно-содовый (10,0%). Доля сульфатного и сульфатно-хлоридного типов составляет по 3,3%. На участках со здоровыми насаждениями преобладает сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатный тип (84,6%), с ослабленными – сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатный (70,0%) и сульфатно-содовый (30,0%). На участках погибших насаждений клена наблюдается 100%-е сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатное засоление.

Установлено, что почвы под насаждениями с жизненной категорией «ослабленные» и «погибшие» отличаются высоким содержанием токсичных ионов (Na^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-}) и более низким уровнем катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+}) (см. рис. 2). В частности, категория «погибшее насаждение» имеет самые высокие уровни содержания некоторых из этих ионов в почве, что может негативно влиять на рост и здоровье растений. На участках со здоровыми деревьями в почве чаще встречается катион Ca^{2+} , под ослабленными и погибшими

насаждениями – катион Na^+ . На всех участках вне зависимости от категории состояния наиболее высоко содержание аниона HCO_3^- , под ослабленными и погибшими насаждениями – аниона Cl^- . Содержание всех указанных компонентов почвы под ослабленными и погибшими культурами выше, чем в почвах под здоровыми растениями, за исключением аниона HCO_3^- , концентрация которого на участках с погибшими культурами была меньше, чем со здоровыми.

Определено, что CO_3^{2-} встречается только на участках со здоровыми насаждениями, где он имеет концентрацию от 0,03 до 0,04 мг-экв., что свидетельствует о том, что данный анион не является значимым компонентом, ухудшающим состояние клена ясенелистного (см. табл. 1).

Следовательно, количество ионов в почве, в особенности высокое содержание некоторых из них, таких как Na^+ , HCO_3^- и SO_4^{2-} , может свидетельствовать о негативных последствиях для роста и здоровья растений. Также можно отметить, что катион Ca^{2+} наиболее распространен в почвах на здоровых

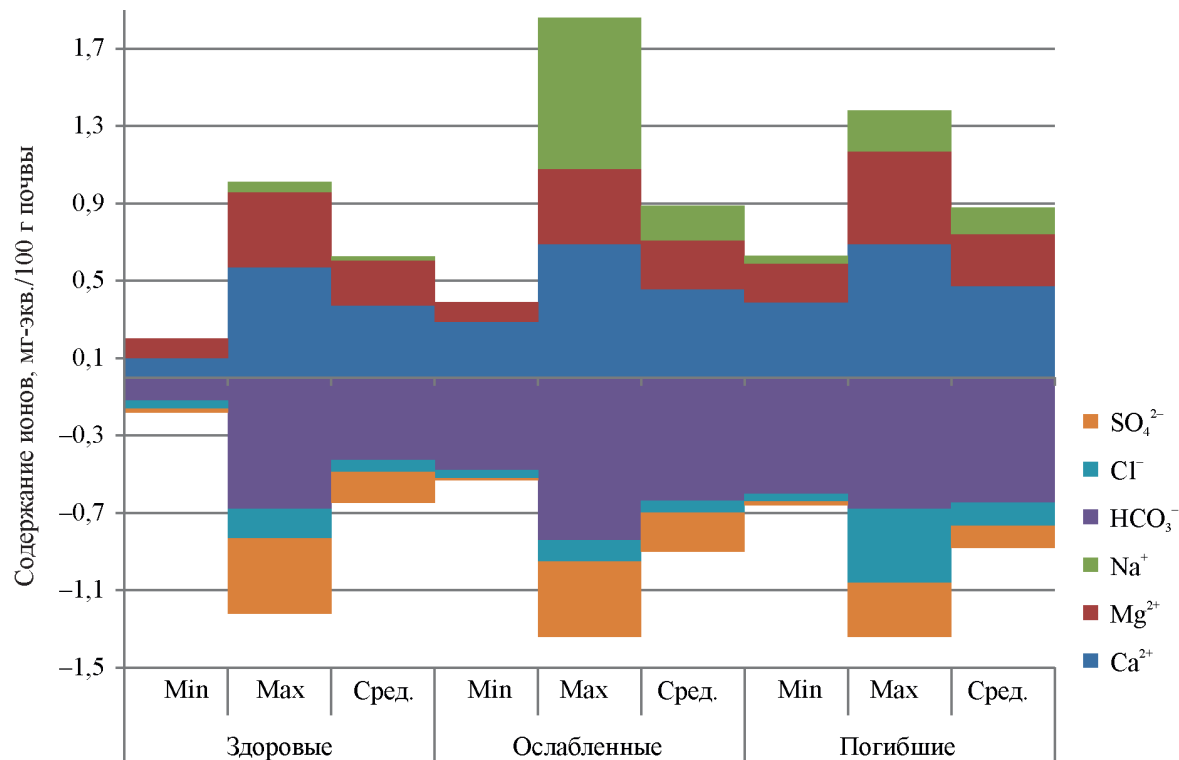


Рис. 2. Содержание легкорастворимых солей в почве под лесными культурами *Acer negundo* L. различного состояния

Fig. 2. Content of easily soluble salts in the soil under forest crops of *Acer negundo* L. of different condition

Табл. 1. Результаты анализа водной вытяжки почвы под лесными культурами *Acer negundo* L., мг-экв./100 г почвы

Table 1. Results of the analysis of soil water extract under forest crops of *Acer negundo* L., mg-eq/100 g of soil

Состояние насаждений	Количество	Химический элемент						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃
Здоровые	Min	0,100	0,100	0,000	0,120	0,040	0,020	—
	Max	0,570	0,390	0,050	0,680	0,150	0,390	0,040
	Среднее	0,373	0,232	0,022	0,428	0,061	0,159	0,003
Ослабленные	Min	0,290	0,100	0,000	0,480	0,040	0,010	—
	Max	0,690	0,390	0,780	0,840	0,110	0,390	—
	Среднее	0,458	0,253	0,176	0,636	0,062	0,203	—
Погибающие	Min	0,390	0,200	0,040	0,600	0,040	0,020	—
	Max	0,690	0,480	0,210	0,680	0,380	0,280	—
	Среднее	0,474	0,267	0,139	0,646	0,120	0,114	—

участках, в то время как на участках с ослабленными и погибшими насаждениями доминирует катион Na⁺. Отрицательный заряд наиболее высок у аниона HCO₃⁻ на участках с ослабленными и погибшими насаждениями, на здоровых участках — у аниона Cl⁻. Содержание всех компонентов в почве под ослабленными и погибшими деревьями выше, чем на здоровых участках, что может быть связано с более интенсивными химическими процессами в почвах с пониженной плодородностью. Однако содержание аниона HCO₃⁻ в почвах под погибшими растениями больше, чем в почвах под здоровыми культурами.

рами. Можно предположить, что на здоровых участках происходит интенсивное разложение органических веществ (листьев, ветвей и пр.), что приводит к уменьшению рН почвы и снижению содержания данного аниона.

Кроме того, степень засоления почв была определена по выделению токсичных ионов из общего количества солей (см. табл. 2). По результатам расчетов суммы токсичных солей определена степень засоления в зависимости от химизма засоления почвы на пробных участках клена ясенелистного. Выявлено, что в почвах под здоровыми лесными культурами содержание ионов составило 0,05 мг-экв., что свидетельствует о незасоленности почв. На пробных площадях с ослабленными и погибшими насаждениями содержание ионов HCO_3^- было выше и составило соответственно 0,18 и 0,17 мг-экв., что указывает на наличие слабого засоления.

Исходя из полученных данных, можно сделать предположение, что сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатное засоление по анионному составу и магниевый-кальциевый химизм по катионному составу с токсичностью более 0,17 мг-экв. HCO_3^- негативно влияют на состояние клена ясенелистного, вызывая его ослабление. Однако чтобы установить точную причину ухудшения состояния растений, необходимо провести дополнительные исследования с учетом других факторов, таких как физико-химические свойства почвы, климатические условия, уровень и минерализация грунтовых вод.

Из рис. 3 и табл. 3 видно, что содержание легкорастворимых солей в почве неодинаково на участках с насаждениями различного состояния. Содержание катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} и Na^+ в почве под здоровыми насаждениями больше, чем в почвах, где произрастают ослабленными деревьями.

Анионы HCO_3^- , Cl^- и SO_4^{2-} присутствуют в большем количестве в почвах под ослабленными культурами. В почвах под погибшими насаждениями содержание ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} и Cl^- значительно меньше, Na^+ , HCO_3^- и SO_4^{2-} больше, чем в почвах, в которых произрастают здоровые и ослабленные культуры. Кроме того, в почвах под погибшими деревьями содержится небольшое количество токсичного иона CO_3^{2-} , которого нет на участках со здоровыми и ослабленными растениями.

Выявлено, что на участках, занятых лесными культурами вяза приземистого, наиболее распространен сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатный тип засоления (72,2% от общего количества). На участках с ослабленными и погибшими растениями вяза процент сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатного засоления меньше, чем на здоровых участках – соответственно 75,0; 42,9 и 84,6%. В равных долях в почвах под здоровыми культурами встречается сульфатное и сульфатно-хлоридное засоление (по 7,7%). Участки с ослабленными насаждениями характеризуются распространением хлоридно-содового и сульфатно-содового (по 6,3%), а также сульфатного засоления (12,5%). На участках с погибшими растениями вяза наблюдается

Табл. 2. Степень засоления почв по содержанию токсичных солей и сумме всех солей в зависимости от химизма засоления

Table 2. The degree of salinization of soils by the content of toxic salts and by the sum of all salts depending on the chemistry of salinization

Порода дерева	Состояние насаждений	HCO_3^- (токсичный), мг-экв.	Сумма токсичных солей, %	Степень засоления почв по сумме токсичных солей
Вяз приземистый	Здоровые	0,08	0,09	Незасоленные
	Ослабленные	0,11	0,12	»
	Погибшие	0,39	0,41	Сильнозасоленные
Клен ясенелистный	Здоровые	0,05	0,07	Незасоленные
	Ослабленные	0,18	0,20	Слабозасоленные
	Погибшие	0,17	0,19	»

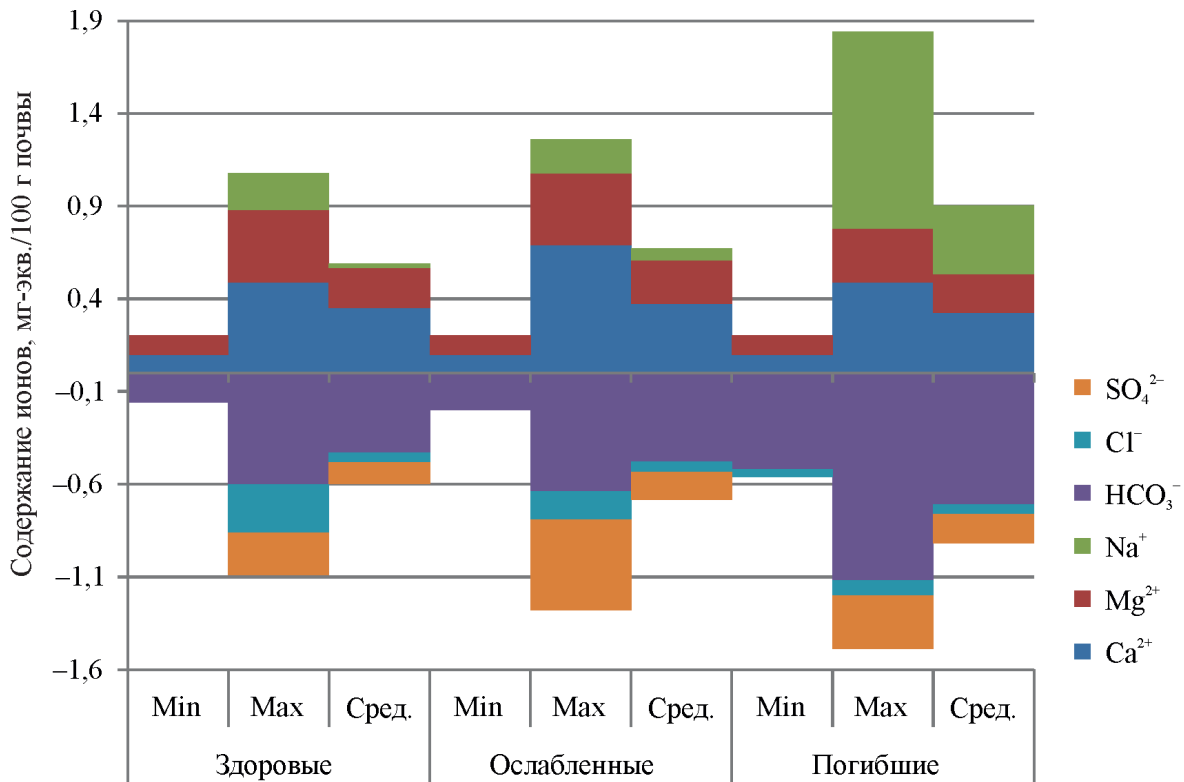


Рис. 3. Содержание токсичных солей в почве под лесными культурами *Ulmus pumila* L. различного состояния

Fig. 3. Content of toxic salts in the soil under forest crops of *Ulmus pumila* L. of different condition

Табл. 3. Результаты анализа водной вытяжки почвы под лесными культурами *Ulmus pumila* L., мг-экв./100 г почвы

Table 3. Results of the analysis of soil water extract under forest crops *Ulmus pumila* L., mg-eq/100 g of soil

Состояние насаждений	Количество	Химический элемент						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃
Здоровые	Min	0,100	0,100	0,000	0,160	0,000	0,000	—
	Max	0,490	0,390	0,200	0,600	0,260	0,230	—
	Среднее	0,349	0,218	0,023	0,431	0,052	0,116	—
Ослабленные	Min	0,100	0,100	0,000	0,200	0,000	0,000	—
	Max	0,690	0,390	0,180	0,640	0,150	0,490	—
	Среднее	0,371	0,238	0,063	0,480	0,055	0,148	—
Погибающие	Min	0,100	0,100	0,000	0,520	0,040	0,000	—
	Max	0,490	0,290	1,060	1,120	0,080	0,290	0,080
	Среднее	0,323	0,211	0,367	0,709	0,051	0,157	0,017

сульфатно-содовое (42,9%) и хлоридно-содовое засоление (14,3%).

Установлено, что на пробных площадях с погибшими растениями вяза приземистого имеется сильное засоление (0,39 мг-экв.), в то время как под здоровыми и ослабленными культурами почвы не засолены, а содержание

ионов HCO₃ в них составляет соответственно 0,08 и 0,11 мг-экв. Это указывает на то, что высокое содержание ионов HCO₃ на пробных площадях с погибшими насаждениями может быть одной из причин сильного засоления, что, в свою очередь, вызывает гибель растительности.

Исходя из представленных результатов, можно предположить, что от степени засоления зависит изменение состояния древесной растительности. В почве под ослабленными и погибшими культурами преобладает более токсичный сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатный тип засоления, в то время как в почве под здоровыми насаждениями доминирует сульфатно-хлоридный тип. Кроме того, на участках с ослабленными и погибшими растениями наблюдается более высокий процент засоления почвы, чем в здоровых насаждениях. Также стоит отметить, что в почвах под ослабленными и погибшими деревьями содержится большее количество токсичных солей (хлоридов и сульфатов), чем на участках со здоровыми культурами.

Таким образом, необходимо принимать меры для охраны и восстановления почвенного покрова в районах ведения лесного хозяйства, осуществлять систематический мониторинг состояния почв для своевременного выявления и устранения негативных последствий антропогенного воздействия на окружающую среду.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Количество анионов и катионов существенно влияет на жизнеспособность лесных культур древесных растений. Основными ионами, влияющими на степень засоления почв под лесными культурами в зеленой зоне г. Астана, являются Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} . Содержание этих ионов на пробных площадях отличается от их содержания на участках со здоровыми культурами.

Нельзя однозначно сказать, что содержание солей служит единственной причиной ослабления и гибели насаждений. На ухудшение состояния растений влияют и многие другие факторы, включая нарушение технологии посадки, несвоевременный уход, повреждение вредителями и болезнями, а также антропогенные факторы. Но все же засоление и плодородие почвы играют основополагающую роль в сохранности, устойчивости и росте лесных культур зеленой зоны г. Астана.

Для увеличения плодородия почв и уменьшения степени засоления необходимо осуществлять регулярный мониторинг, применять правильную систему возделывания и обработки почвы, проводить мелиоративные мероприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терещенко Т.В., Срослова Г.А., Постнова М.В., Зимица Ю.А., Срослов М.С. Влияние антропогенных факторов на состояние древесных растений г. Волгограда // Природные системы и ресурсы. 2021. Т. 11. № 1. С. 5–11. DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2021.1.1.
2. Mustapha T., Baita H.U., Danazumi I.A., Mohammed A., Kutama A.S. Soil salinity is a serious environmental threat to plant diseases a review // Dutse Journal of Pure and Applied Sciences. 2023. Vol. 8. P. 1–8. DOI: 10.4314/dujopas.v8i4b.1.
3. Birhane H., Hagos M. Impacts of Soil Salinity Sodicity on Soil Water Relations and Plant Growth in Dry Land Areas // Journal of natural sciences research. 2021. Vol. 12. P. 110.
4. Rengasamy P., Claudivan L., Hans G. Salinity, sodicity and alkalinity // Subsoil constraints for crop production. 2022. January. P. 83–107. DOI: 10.1007/9783031003172_4.
5. Панкова Е.И., Черноусенко Г.И. Проблема активизации засоления в почвах юга Восточной Сибири и Монголии в связи с аридизацией климата // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2020. Вып. 101. С. 19–46. DOI: 10.19047/0136169420201011946.
6. Afsharinia M., Panahi F. Effect of climatic drought on surface soil salinity in Kashan Plain // Water and soil management and modeling. 2021. Vol. 1. N 2. P. 36–46. DOI: 10.22098/mmws.2021.8982.1018.
7. Arvind R., Nirmalendu B., Parul S. Chemistry of salt-affected soils // Managing salt-affected soils for sustainable agriculture. 2021. July. P. 129–149.
8. Govind Y.K., Jagdhani A., Sawale D., Pradeep K., Yadav G., Yadav S., Yadav K. Evaluation of salt combinations on the basis of soluble cations and anions in the soil // Frontiers in crop improvement. 2022. Vol. 9. P. 2880–2884.
9. Etesami H., Emami S. Soil microbial inocula: An eco-friendly and sustainable solution for mitigating salinity stress in plants // Plant stress mitigators: types, techniques and functions.

2022. November. P. 341–357. DOI: 10.1016/B978-0-323-89871-3.00028-8.
10. Samec P., Kucera A., Tomasova G. Soil degradation processes linked to long-term forest type damage // *Forest degradation under global change*. 2022. August. P. 1–19. DOI: 10.5772/intechopen.106390.
11. Гордиенко О.А., Балкушкин Р.Н. Особенности почв городских рекреационных территорий сухостепной природной зоны (на примере парка «Дружба») // *Научно-агрономический журнал*. 2022. № 3 (118). С. 86–93. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.013.86-93.
12. Демина С.А., Васенев В.И., Махиня К.И., Ромзайкина О.Н., Истомина И.И., Павлова М.Е., Довлетярова Э.А. Комплексный анализ почв и зеленых насаждений в парках Новой Москвы, образованных на месте бывших сельскохозяйственных территорий и леса // *Вестник Российского университета дружбы народов. Сер.: Агрономия и животноводство*. 2022. Т. 17. № 3. С. 341–349. DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-331-349.
13. Елизаров Н.В., Попов В.В. Влияние колебаний уровня грунтовых вод на мелиорированные солонцы северной лесостепи Барабинской низменности // *Почвы и окружающая среда*. 2022. Т. 5. № 4. С. 190. DOI: 10.31251/pos.v5i4.190.
14. Манжина С.А. К вопросу выявления химизма и степени засоления почв: российские и зарубежные практики // *Мелиорация и гидротехника*. 2021. Т. 11. № 3. С. 163–181.
4. Rengasamy P., Claudivan L., Hans G. Salinity, sodicity and alkalinity. *Subsoil constraints for crop production*, 2022, January, pp. 83–107. DOI: 10.1007/9783031003172_4.
5. Pankova E.I., Chernousenko G.I. The problem of salinization activation in soils of the south of Eastern Siberia and Mongolia in connection with climate aridization. *Bulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva = Dokuchaev Soil Bulletin*, 2020, is. 101, pp. 19–46. (In Russian). DOI: 10.19047/0136169420201011946.
6. Afsharinia M., Panahi F. Effect of climatic drought on surface soil salinity in Kashan Plain. *Water and soil management and modeling*, 2021, vol. 1, no. 2, pp. 36–46. DOI: 10.22098/mmws.2021.8982.1018.
7. Arvind R., Nirmalendu B., Parul S. Chemistry of salt-affected soils. *Managing salt-affected soils for sustainable agriculture*, 2021, July, pp. 129–149.
8. Govind Y.K., Jagdhani A., Sawale D., Pradeep K., Yadav G., Yadav S., Yadav K. Evaluation of salt combinations on the basis of soluble cations and anions in the soil. *Frontiers in crop improvement*, 2022, vol. 9, pp. 2880–2884.
9. Etesami H., Emami S. Soil microbial inocula: An eco-friendly and sustainable solution for mitigating salinity stress in plants. *Plant stress mitigators: types, techniques and functions*, 2022, November, pp. 341–357. DOI: 10.1016/B978-0-323-89871-3.00028-8.
10. Samec P., Kucera A., Tomasova G. Soil degradation processes linked to long-term forest type damage. *Forest degradation under global change*, 2022, August, pp. 1–19. DOI: 10.5772/intechopen.106390.
11. Gordienko O.A., Balkushkin R.N. Soil features of urban recreational areas in the dry steppe natural zone (on the example of the “Druzhba” Park). *Nauchno-agronomicheskii zhurnal = Scientific Agronomy Journal*, 2022, no. 3 (118), pp. 86–93. (In Russian). DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.013.86-93.
12. Demina S.A., Vasenev V.I., Makhinya K.I., Romzaikina O.N., Istomina I.I., Pavlova M.E., Dovletyarova E.A. Assessment of soils and green stands in the recreational areas with different land-use history in New Moscow. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo = RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*, 2022, vol. 17, no. 3, pp. 341–349. (In Russian). DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-331-349.

REFERENCES

1. Tereshchenko T.V., Sroslova G.A., Postnova M.V., Zimina Yu.A., Sroslov M.S. Influence of anthropogenic factors on the state of woody plants in Volgograd. *Prirodnye sistemy i resursy = Natural Systems and Resources*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 5–11. (In Russian). DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2021.1.1.
2. Mustapha T., Baita H.U., Danazumi I.A., Mohammed A., Kutama A.S. Soil salinity is a serious environmental threat to plant diseases a review. *Dutse Journal of Pure and Applied Sciences*, 2023, vol. 8, pp. 1–8. DOI: 10.4314/dujopas.v8i4b.1.
3. Birhane H., Hagos M. Impacts of Soil Salinity Sodicty on Soil Water Relations and Plant Growth in Dry Land Areas. *Journal of natural sciences research*, 2021, vol. 12, p. 110.

13. Elizarov N.V., Popov V.V. Influence of ground-water level fluctuation on the meliorated solonetz in the northern forest-steppe of the Baraba Lowland. *Pochvy i okruzhayushchaya sreda = Soils and Environment*, 2022, vol. 5, no. 4, p. 190. (In Russian). DOI: 10.31251/pos.v5i4.190.
14. Manzhina S.A. On the issue of chemical mechanism and soil salinity degree determination: Russian and foreign practices. *Melioratsiya i gidrotehnika = Land Reclamation and Hydraulic Engineering*, 2021, vol. 11, no. 3, pp. 163–181. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Кочегаров И.С.**, младший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Республика Казахстан, 021704, Акмолинская область, г. Щучинск, ул. Кирова, 58; e-mail: Garik_0188@mail.ru

Кабанова С.А., кандидат биологических наук, заведующая отделом

Кабанов А.Н., старший научный сотрудник

Данченко М.А., кандидат географических наук, доцент

AUTHOR INFORMATION

✉ **Igor S. Kochegarov**, Junior Researcher; **address:** 58, Kirova St., Shchuchinsk, Akmola Region, 021704, Republic of Kazakhstan; e-mail: Garik_0188@mail.ru

Svetlana A. Kabanova, Candidate of Science in Biology, Department Head

Andrey N. Kabanov, Senior Researcher

Matvey A. Danchenko, Candidate of Science in Geography, Associate Professor

Дата поступления статьи / Received by the editors 16.05.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 07.09.2023
Дата публикации / Published 20.02.2024