

Влияние основных типов химизма степени засоления почв и техногенных грунтов на всхожесть семян фитомелиорантов

Л. Н. Скипин¹, Е. В. Захарова¹✉, Н. Н. Дюкова²

¹Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

²Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

✉E-mail: zaharovaev@tyuiu.ru

Аннотация. Цель исследования – установить уровни влияния химизма и степени засоления на наступление половинной ($СД_{50}$) и полной ($СД_{99}$) гибели семян люцерны синегибридной и донника желтого. Задачи исследования: выявить степень участия каждого фактора на гибель семян бобовых трав с использованием коэффициента корреляции и детерминации; провести сравнительную оценку на солеустойчивость семян донника и люцерны. **Методы.** В качестве объектов изучения выбраны основные природные типы засоления, характерные для лесостепной зоны Западной Сибири. Энергия прорастания и всхожесть семян определялась по ГОСТ 12038-84. Модельные варианты солевых растворов для проращивания семян донника и люцерны создавались с учетом пропорций формирования основных типов засоления. Типы засоления представлены сульфатно-содовым, сульфатно-хлоридным (нейтральным) и гипсованным хлоридно-сульфатным солонцом. **Научная новизна.** Аналогичным условиям засоления соответствуют буровые шламы, хранящиеся в амбарах при добыче углеводородного сырья. Искусственное засоление водно-солевых растворов с заданной концентрацией позволило выявить половинную ($СД_{50}$) и полную гибель ($СД_{99}$) семян донника и люцерны при соответствующем уровне и химизме засоления. Сравнение нейтрального и сульфатно-содового засоления показало, что наличие соды в растворе на 86–87 % определяет его токсичность. Отрицательное действие нейтрального засоления в большей степени появляется за счет повышения осмотического давления. Наличие гипса в питательном солевом растворе снижало токсичность для семян культур-фитомелиорантов в 1,9–2,5 раза. **Результаты.** Установлено, что в условиях нейтрального и сульфатно-содового засоления растения испытывают острый дефицит кальция. Внесение гипса при химической мелиорации солонцов и буровых шламов устраняет этот дефицит. Установление показателей ($СД_{50}$) позволяет корректировать норму высева семян фитомелиорантов. Показатель ($СД_{99}$) указывает на целесообразность внесения гипса на солонцах и буровых шламах.

Ключевые слова: химизм, степень засоления, фитомелиоранты, корреляция, детерминация, токсичность, гипс, сода, хлориды, сульфаты.

Для цитирования: Скипин Л. Н., Захарова Е. В., Дюкова Н. Н. Влияние основных типов химизма степени засоления почв и техногенных грунтов на всхожесть семян фитомелиорантов // Аграрный вестник Урала. 2023. № 07 (236). С. 46–56. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-236-07-46-56.

Дата поступления статьи: 10.03.2023, **дата рецензирования:** 10.04.2023, **дата принятия:** 12.04.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

На территории Западной Сибири остро стоит проблема засоления и осолонцевания почв вследствие подъема уровня залегания минерализованных грунтовых вод выше критической глубины. При освоении солонцов и рекультивации техногенных засоленных грунтов важно учитывать тип засоления и концентрацию солей. В условиях Западной Сибири основными типами засоления солонцов являются сульфатно-содовые и нейтральные (сульфатно-хлоридный или хлоридно-сульфатный) [1, с. 1451].

Сульфатно-содовые солонцы типичны для условий северной лесостепи, нейтральные для южной. В качестве основных методов мелиорации данных почв используются агробиологический и химический, а также их комплексное сочетание. В качестве основных бобовых культур-фитомелиорантов чаще используются донник белый и желтый, люцерна синегибридная и желтая. Знание реакции данных культур на тип и степень засоления применительно к конкретным мелиорируемым участкам позволит корректировать нормы высева. В отдельных случа-

ях при высоком уровне токсичности солей следует отказаться от агробиологического метода освоения данных почв и грунтов и перейти к химической мелиорации [2, с. 394].

Создание разных типов и уровней засоления в модельных опытах даст возможность выявить концентрации, соответствующие полной гибели семян растений ($СД_{99}$) и половинной гибели ($СД_{50}$). Это достигается с использованием пробит-анализа для обработки результатов эксперимента по определению энергии прорастания и всхожести в модельных вариантах. Участие кальция в составе водорастворимых солей позволит определить реакцию семян растений при хлоридно-сульфатном засолении с гипсом.

В условиях Западной Сибири такой тип засоления появляется при гипсовании солонцов. Расчеты коэффициентов корреляции и детерминации дают возможность выявить действие каждого фактора в составе солей на жизнедеятельность семян фитомелиорантов, в частности, концентрации, качества солей и pH среды. Участие кальция в составе солей на жизнедеятельность семян растений изучено недостаточно. Напротив, его действие очень подробно исследовано по отношению к почвенно-поглощающему комплексу (ППК) с последующим изменением физико-химических и водно-физических свойств солонцов [3, с. 406].

В условиях гипсования солонцов основная часть кальция поглощается ППК, незначительная часть его переходит в почвенный раствор. Реакция семян донника и люцерны на присутствие кальция в растворе солей также позволит целенаправленно воздействовать на мелиоративный процесс при освоении солонцов и буровых шламов.

Методология и методы исследования (Methods)

Лабораторные опыты по изучению энергии прорастания и всхожести в зависимости от химизма и степени засоления проводились на трех типах засоления: нейтральном, сульфатно-содовом и хлоридно-сульфатном с гипсом. Тип засоления хлоридно-сульфатный с гипсом формируется при химической мелиорации с использованием природного гипса или фосфогипса – отхода химической промышленности. Все типы засоления тождественны солонцам и буровым шламам, с градацией от незасоленного уровня до солончака. Энергия прорастания и всхожесть семян определялась по ГОСТ 12038-84. В опытах использовались семена донника сорта Альшеевский и люцерны сорта Ярославна. Обработка результатов исследований осуществлялась с применением пробит-анализа для определения $СД_{50}$ и $СД_{99}$, а также с использованием корреляционного анализа для установления тесноты связей между концентрацией солей энергией прорастания и всхожестью.

В водной вытяжке изучаемых солонцов определялась щелочность от растворимых карбонатов, хлорид и сульфат-ионы, кальций и магний соответственно, потенциометрически, аргентометрически по Мору, по Айдиняну и комплексометрически.

Значение поглощенных оснований Ca, Mg и Na, а также емкость поглощения почвы и pH водный определялись соответственно комплексонометрически по методу Антипова – Каратаева, по Захарчуку и потенциометрически.

Результаты (Results)

Солонцы и засоленные почвы в Западной Сибири занимают 32 % сельскохозяйственных угодий, при этом используются крайне неэффективно в силу их низкой продуктивности и плохом кормовом достоинстве. Характер и степень засоления во многом определяют природные грунтовые воды. Минерализация их с севера на юг повышается от 1 до 25 г/л и более. При этом тип засоления изменяется от сульфатно-содового к сульфатно-хлоридному, или хлоридно-сульфатному [4, с. 178; 5, с. 52].

По составу солей солонцы могут быть нейтральными, если в них доминируют хлориды или сульфаты натрия. В других типах солонцов в больших количествах содержится сода [6, с. 443].

Почвы, подвергшиеся содовому засолению, характеризуются чрезвычайно высокой пептизованностью коллоидов, что приводит к крайне неблагоприятным физическим свойствам как при увлажнении, так и при высыхании. Щелочные соли при небольших концентрациях угнетающе действуют на растения [7, с. 19; 8, с. 56].

В настоящее время существует реальная угроза роста площади земель, подверженных содовому засолению. Это сопряжено, как правило, с нерациональным использованием засоленных почв. Почвы содового засоления тяготеют к луговым условиям почвообразования. Их формирование связано с близким (1–3 м) уровнем слабоминерализованных щелочных грунтовых вод [9, с. 6].

Важно отметить, что площадь засоленных территорий в современный период увеличивается в местах добычи углеводородов. Это связано с образованием шламовых амбаров. Буровые шламы Западной Сибири имеют достаточно высокую степень засоления. Их токсичность во многом увеличивается за счет использования в буровых растворах кальцинированной и каустической соды [10, с. 146].

Методы мелиоративного освоения солонцов в условиях Западной Сибири можно считать разработанным. Залежные солонцы, в которых при мелиорации сохранился солонцовый горизонт, через короткий промежуток времени также восстанавливают свое строение и свойства. В данном случае самым эффективным считается химическая мелиорация, где в качестве мелиорантов, как правило, используются гипс, фосфогипс, сернокислое железо,

негашеная известь и др. Этот метод важно сочетать с подбором культур-фитомелиорантов. Среди бобовых трав для этих условий лучше подходят донник желтый и белый, а также люцерна синегибридная и желтогибридная [11, с. 1100].

Следует отметить, что указанные химизмы и степень засоления присущи буровым шламам. Сочетание выбуренной измельченной породы нейтрального типа засоления с буровым раствором содового химизма придает шламам аналогичные солонцам отрицательные физико-химические и водно-физиологические свойства. Они также обладают высокой дисперсностью, щелочностью, токсичностью, заплываемостью, отсутствием фильтрационной способности и аэрации [12, с. 75].

Изучение реакции семян культур-фитомелиорантов на химизм и степень засоления позволит целенаправленно подходить к процессу рекультивации засоленных почв и буровых шламов.

В качестве объекта изучения нами выбраны солонцы сульфатно-содового засоления (разрез 1), они являются типичными для лесостепи Тюменской области (Омутинский район). Нейтральные солонцы (разрез 2) представлены из южной лесостепи (Сладковский район). Хлоридно-сульфатный солонец (разрез 3) представлен после гипсования дозой для слоя 0–30 см (43 т/га) опытного участка

Омутинского района. [13, с. 266]. Солевые профили данных солонцов представлены на рис. 1.

Запасы солей в исходном солонце (разрез 1) по годам могут колебаться от 40 до 58 т/га. Максимальная миграция солей сосредоточена в солонцовом и подсолонцовом горизонтах. Тип засоления формируется здесь как сульфатно-содовый, то есть с преобладанием соды, качественный состав катионов характеризуется как магниевно-натриевый. Содержание сульфатов и хлоридов уступает гидрокарбонатам. По глубине максимума нахождения солей данный солонец является солончаковым (5–30 см).

В подсолонцовом горизонте реакция среды колеблется от нейтральной до слабощелочной. В солонцовом горизонте и глубже по профилю щелочность формируется за счет HCO_3^- и в небольших количествах CO_3^{2-} , на втором месте по распространенности стоит SO_4^{2-} , а затем Cl^- . Запас солей в почвах сульфатно-содового засоления, как правило, бывает ниже, чем в солонцах нейтрального засоления, при этом токсичность и своеобразие данных менее засоленных земель для сельскохозяйственных растений обусловлены щелочным характером засоления. Характерной чертой почв сульфатно-содового засоления является залегание под ними относительно пресных грунтовых вод (0,5–5,0 г/л), чаще всего слабощелочных. Солевой профиль опытного солонца имеет три характерные зоны.

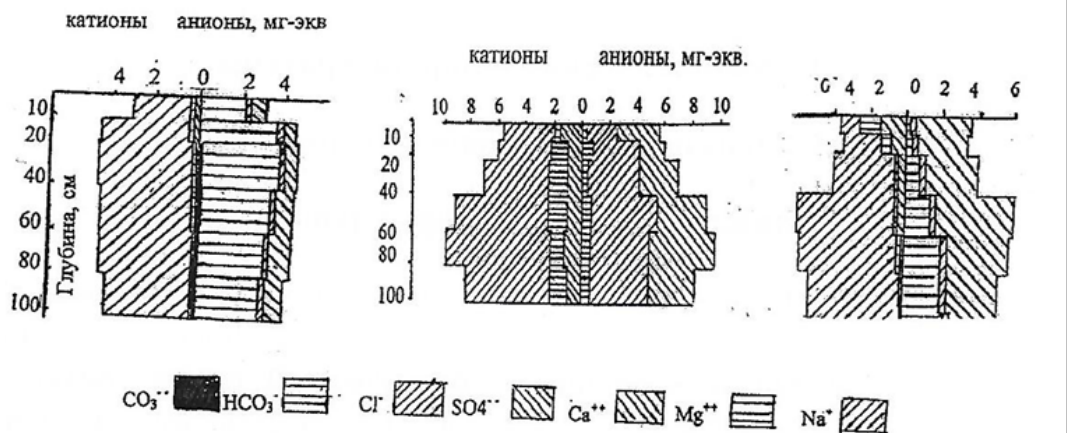


Рис 1. Солевые профили солонцов слева направо: сульфатно-содовый; сульфатно-хлоридный; хлоридно-сульфатный с гипсом

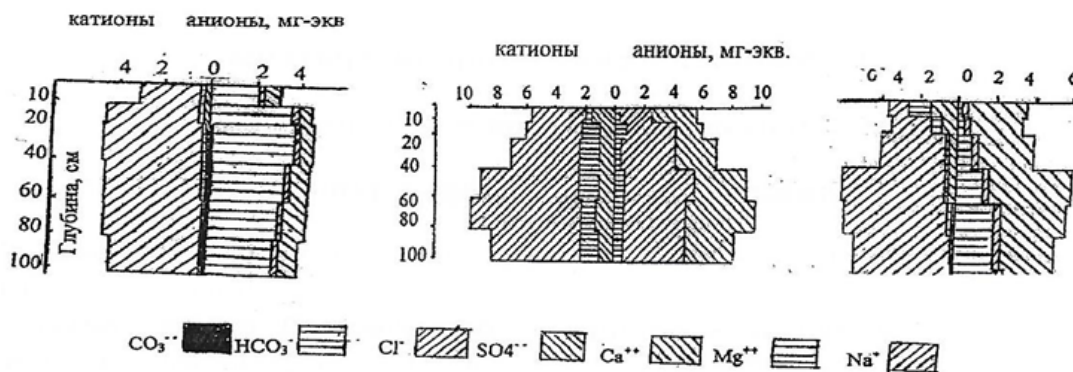


Fig. 1. Salt profiles of salt pans from left to right: sulfate-soda; sulfate-chloride; chloride-sulfate with gypsum

Первая зона имеет содержание солей незначительное (0,1–0,3 %), вторая зона характеризуется наибольшим скоплением солей (0,3–0,6 %), третья – менее 0,3 %. Данные особенности по распределению солей происходят по глубинам от 0–10 см, с 10 до 100–130 см и от 100–130 до 190 см. В течение года возможно перераспределение солей по профилю под действием уровня грунтовых вод, осадков, температуры и растений [14, с. 650; 15, с. 1701].

Емкость поглощения варьирует по всему профилю разреза от 23 до 34 мг·экв/100 г. Максимум ее приходится на солонцовый и подсолонцовый горизонты, это явление увязывается здесь с накоплением илистой фракции. Изучаемый корковый солонец в плане мелиоративного освоения является очень трудным, так как обладает очень высокой солонцеватостью. Содержание обменного натрия в солонцовом горизонте может превышать 72 % от емкости поглощения. Градация многонариевости составляет 40 %. Доза гипса на вытеснение обменного натрия с учетом нейтрализации соды в слое 0–30 см составляет 43 т/га.

Эффект действия одноразового внесения гипса в солонцы постепенный и длительный, продолжающийся в течение нескольких десятков лет. При внесении полной расчетной нормы гипса из почвенного профиля солонцов вытесняется практиче-

ски весь натрий, что снижает развитие солонцового процесса почвообразования [16, с. 378].

Почвенный разрез 2 относится к нейтральному химизму засоления. Качественный состав катионов по профилю изменяется от натриевого до натриево-кальциевого. Количество легкорастворимых солей в почвенном профиле содержится от 0,385 до 0,492 %. Вглубь по профилю их содержание увеличивается, максимальное накопление их приурочено к горизонту В_к. В отличие от солонцов сульфатно-содового засоления, здесь по всему профилю нормальная сода отсутствует. Количество обменного натрия в солонцовом горизонте составило 25,3 % от емкости обмена, по принятой классификации он относится к градации перехода от малонатриевого к средненатриевого. Емкость поглощения мелиорируемого слоя (0–30 см) составляет 33,7–35,5 мг·экв/100 г. Средняя расчетная доза гипса по Гедройцу составляет (для слоя 0–30 см) 21,2 т/га.

Разрез 3 представлен гипсованным солонцом и взят за основу создания модели солонца хлоридно-сульфатного засоления с гипсом. В солевом профиле данного солонца исчезает нормальная сода по всему профилю, гидрокарбонатная сода исчезает в слое внесения мелиоранта и уменьшается вглубь по профилю разреза.

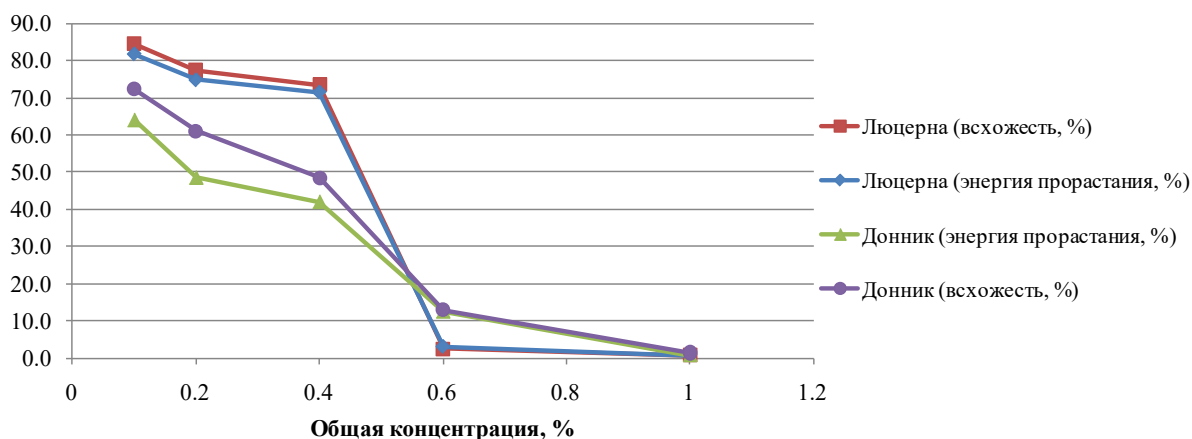


Рис. 2. Изменение энергии прорастания и всхожести семян донника и люцерны при сульфатно-содовом засолении

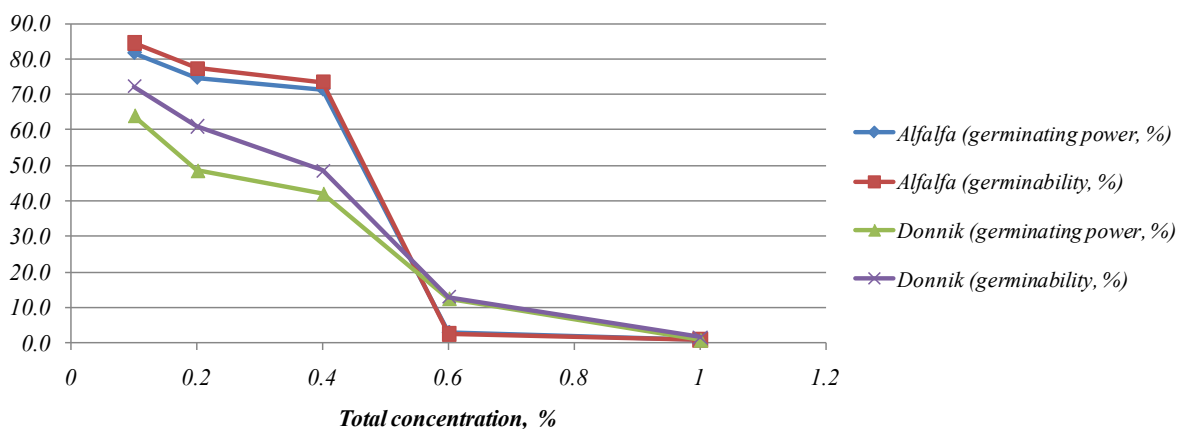


Fig. 2. Change in the germination energy and germination of the seeds of sweet clover and alfalfa during sulfate-soda salinization

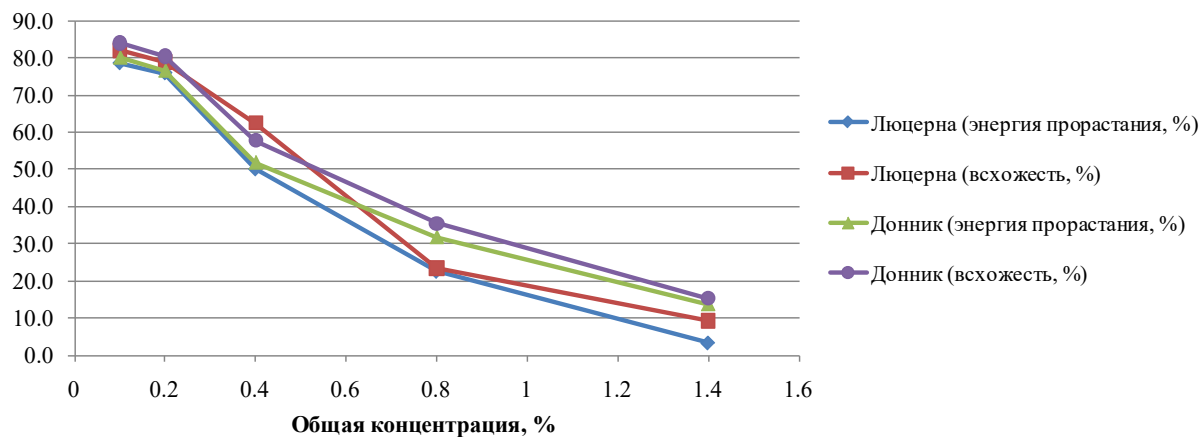


Рис. 3. Изменение энергии прорастания и всхожести семян донника и люцерны при сульфатно-хлоридном засолении

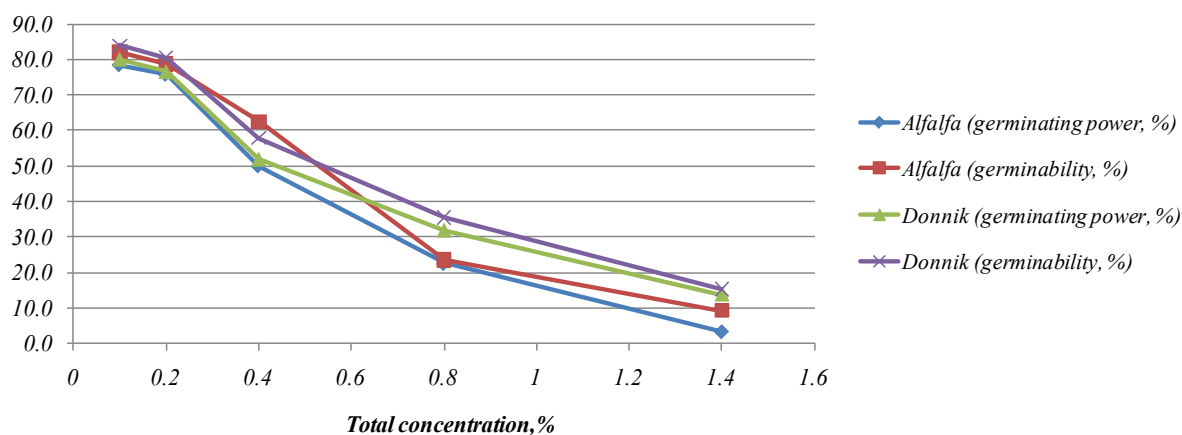


Fig. 3. Changes in the germination energy and germination of seeds of sweet clover and alfalfa during sulfate-chloride salinization

При внесении гипса увеличивается содержание продуктов обменных реакций (Na_2SO_4). Улучшение водно-физических свойств мелиорируемого солонца способствует оттоку продуктов обменных реакций, особенно в первые годы мелиоративного освоения. Глубокая обработка с разрушением солонцового горизонта усиливает этот процесс [17, с. 1429].

Результаты исследований свидетельствуют о том, что доминирование соды в составе легкорастворимых солей оказывает преобладающее влияние на снижение энергии прорастания и всхожести семян донника и люцерны. Результаты исследований влияния соды на снижение энергии прорастания и всхожести семян донника и люцерны наглядно отображены на рис. 2.

Так, опытные данные по сульфатно-содовому засолению питательного раствора с преобладанием соды показывают, что здесь происходит максимальное снижение энергии прорастания и всхожести семян изучаемых культур в сравнении с нейтральным (сульфатно-хлоридным) засолением (рис. 3).

Половинная CD_{50} и полная гибель семян донника и люцерны CD_{99} отмечалась при сульфатно-содовом засолении при концентрации раствора 0,25–0,28 % и 0,78–0,80 % соответственно. Реакция среды $\text{pH}_{\text{вод}}$ при указанных уровнях засоления составила со-

ответственно 9,2–9,3 и 9,5–9,6. Указанные уровни pH соответствуют сильнощелочной градации изучаемых растворов. Повышение щелочности на 0,3 единицы способно приводить от CD_{50} к полной гибели семян CD_{99} . Показатель осмотического давления при 50-процентной гибели семян находился на уровне 1,7 атм. При полной гибели семян осмотическое давление составило 4,5 атм.

Корреляционный анализ между общей концентрацией солей в растворе сульфатно-содового засоления энергией прорастания и всхожестью показал очень сильную обратную связь ($r = -0,93$). При этом показатель коэффициента детерминации свидетельствует, что энергия прорастания и всхожесть семян донника и люцерны на 86–87 % обусловлены наличием соды в засоленном питательном растворе. Оставшиеся 13–14 % приходятся на долю влияния хлоридов и сульфатов натрия.

Известно, что степень токсичности ионов оценивается по эквиваленту ионов Cl^- , который принимается за единицу. Чаще такая оценка используется для сравнения отдельных ионов. Полагаем, что для оценки типичных почвенных химизмов засоления этот эквивалент также можно использовать. За единицу принимается концентрация ионов Cl^- , соответствующая полной гибели семян донника и

люцерны. Эквивалент токсичности сульфатно-содового засоления по отношению к Cl будет соответствовать для донника и люцерны 0,36. Это вызвано тем, что токсичность типично сульфатно-содового засоления для лесостепной зоны Тюменской области в три раза выше хлоридного засоления.

Нейтральный химизм раствора характерный для южной лесостепи обеспечивал значительно меньшую токсичность для опытных семян. Так, половинная ($СД_{50}$) и полная гибель ($СД_{99}$) семян донника и люцерны находились на уровне засоления 0,35–0,48 % и 1,8–2,0 % соответственно. При этом донник здесь обладал несколько большей устойчивостью.

Реакция среды $pH_{вод}$ по указанным уровням засоления соответствовала 6,8–7,0 и 9,3, осмотическое давление составило 2,5–3,0 и 10,4 атм. Полная гибель семян фитомелиорантов происходила здесь при осмотическом давлении в два раза более высоком, чем при сульфатно-содовом засолении. Токсичность в данном случае во многом определяется высокой концентрацией нейтральных солей и осмотическим давлением.

Корреляционный анализ между общей концентрацией солей в питательном сульфатно-хлоридном (нейтральном) растворе и энергией прорастания семян фитомелиорантов у донника показал среднюю обратную связь ($r = -0,47$) этот показатель по всхожести соответствовал сильному уровню ($r = -0,98$). Это характеризует культуру донника еще на стадии прорастания как более устойчивую к засолению. Зависимость энергии прорастания и всхожести семян люцерны от концентрации нейтральных солей была сильной и обратной ($r = -0,97$). Коэффициент детерминации по всхожести семян изучаемых культур находился в пределах 93–95%. На долю других факторов, определяющих этот процесс, приходится 5–7 %.

Эквивалент токсичности сульфатно-хлоридного засоления по отношению к Cl составил для донника и люцерны 0,7 и 0,8 соответственно. Это обусловлено тем, что сочетание хлоридов и сульфатов в условиях нейтрального засоления увеличивает эк-

вивалент токсичности по отношению к одному хлору. Данное явление происходит за счет принципа синергизма.

Известно, что внесение гипса на засоленных почвах и грунтах коренным образом улучшает их водно-физические и физико-химические свойства. В частности, происходит их разуплотнение, увеличиваются фильтрационная способность, пористость общая и аэрации, улучшается водопрочность агрегатов за счет коагуляции коллоидов, уменьшается рН среды.

По данным Н. В. Семендяевой, при резком поднятии уровня грунтовых вод с 250 до 50 см зафиксировано вторичное засоление. В профиле почв установлено увеличение содержания легкорастворимых солей и величины рН, тем самым изменяется характер засоления. В почвенном поглощающем комплексе возрастает содержание обменного натрия. После снижения уровня грунтовых вод происходит рассоление мелиорированных солонцов и частичное восстановление положительного действия гипса. Однако такие явления в природе встречаются очень редко [18, с. 5].

Исследования по влиянию легкорастворимых солей с присутствием гипса свидетельствует о снижении токсичности раствора на семена бобовых трав представлено на рис. 4.

Представленные результаты исследований характеризуют ослабление вредоносности легкорастворимых солей для семян донника и люцерны в присутствии сернокислого кальция. Так, гибель семян данных культур при $СД_{50}$ соответствует 0,63 и 0,54 %, что в 1,3–2,5 раза менее токсично по сравнению с исходным сульфатно-содовым засолением. Аналогичная закономерность проявлялась по отношению к показателю $СД_{99}$; здесь полная гибель семян данных культур наступала при концентрации 4,1 и 3,4 %, что ослабляло токсичность в сравнении с исходным сульфатно-содовым засолением в 4,3–5,2 раза. Солеустойчивость семян донника была незначительно выше, чем люцерны, только на предельных уровнях засоления.

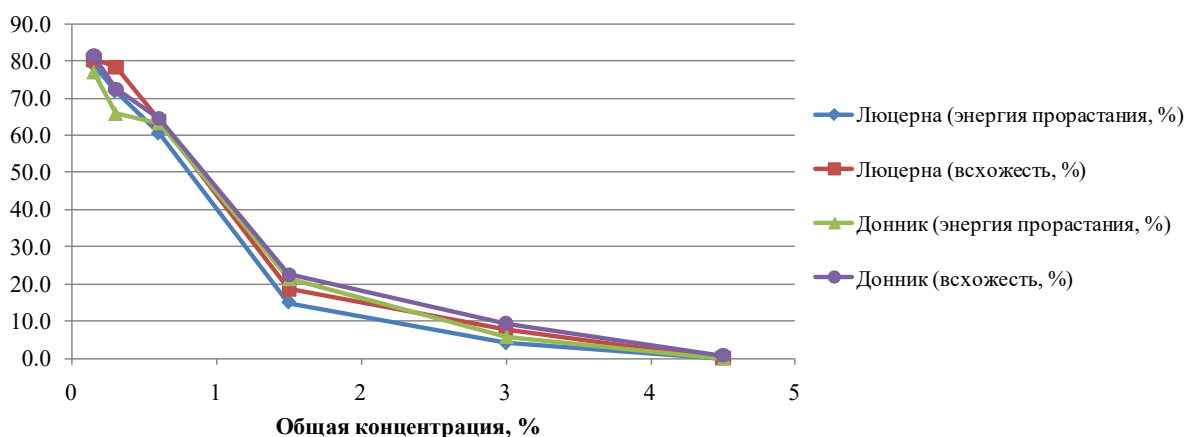


Рис. 4. Влияние легкорастворимых солей с присутствием гипса на снижение токсичности раствора на семенах бобовых трав

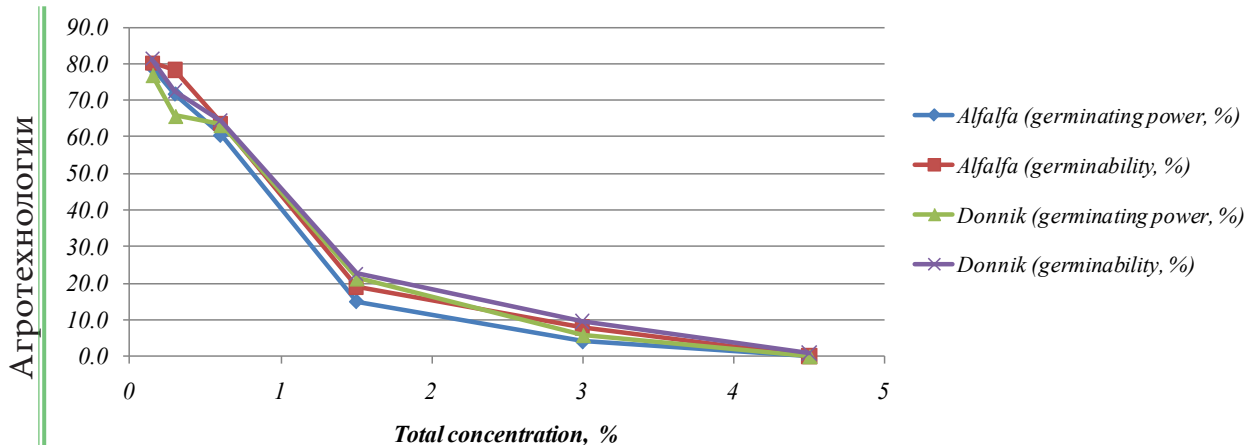


Fig. 4. The effect of easily soluble salts with the presence of gypsum on reducing the toxicity of the solution on legume seeds

При наличии гипса в солевом растворе $pH_{\text{вод}}$ по всем опытным вариантам варьировало в пределах 5,0–7,3. Осмотическое давление при CD_{50} находилось на уровне 5,5–6,1 атм, а при CD_{99} – 17,0–24,0 атм. Наличие гипса в составе солей позволяет снижать отрицательное действие осмотического давления в 3,7–5,3 раза в сравнении с сульфатно-содовым засолением.

Корреляционная зависимость между общей концентрацией солей и показателем всхожести у семян люцерны была обратной и сильной ($r = -0,91$), у донника аналогичный показатель составил ($r = -0,93$). В условиях сильного ослабления токсичности солей в присутствии гипса происходит нивелирование реакции семян данных культур по энергии прорастания и всхожести.

Показатель детерминации свидетельствует, что наличие гипса в солевом растворе на 81 и 86 % определяют всхожесть и энергию прорастания донника и люцерны в питательном солевом растворе. Зависимость данных показателей от действия других солей составляет 14–19 %. В почвенных условиях это усиливается за счет коренного улучшения водно-физических и физико-химических свойств гипсованного солонца или техногенного грунта.

При хлоридно-сульфатном засолении с гипсом эквивалент токсичности по отношению к CI для донника и люцерны составил соответственно, 1,4 и 1,5. Участие кальция гипса снижало токсичность солей по отношению к культурам-фитомелиорантам.

Принято считать, что положительное влияние гипса на жизнедеятельность растений проявляется за счет улучшения водно-физических и физико-химических свойств засоленных грунтов и почвы. Однако отсутствие в опыте почвы и грунта как объекта исследований свидетельствует о значительном дефиците кальция в засоленных средах нейтрального и особенно содового химизма. Это указывает на обязательность внесения гипса на солонцах и буровых шламах для улучшения их вышеперечис-

ленных свойств и устранения дефицита кальция для растений.

Опыт показывает, что повышенная концентрация солей при гипсовании за счет появления продуктов обменных реакций (Na_2SO_4) на первоначальном этапе химической мелиорации не приводит к снижению продуктивности культур-фитомелиорантов. Данное явление происходит за счет устранения лимита кальция в почвенном растворе. Важно отметить, что отток продуктов обменных реакций до уровня исходного происходит в процессе мелиорации медленно (до 3–6 лет в зависимости от условий увлажнения и дозы коагулянта). Последующий отток солей происходит десятками лет. При этом щелочная реакция среды снижается по мере нейтрализации соды, однако водно-физические свойства при гипсовании улучшаются кардинально быстро. Содержание обменного натрия снижается от уровня многонатриевого (более 45 % от емкости обмена), до остаточного натриевого (4 %).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Результаты сравнительного изучения нейтрального (сульфатно-хлоридного) и сульфатно-содового засоления на жизнедеятельность семян донника и люцерны показали, что участие соды в составе солей увеличивает полную гибель семян данных культур в 2,2–2,5 раза сильнее.

Внесение кальция и гипса коренным образом улучшает благоприятные условия для повышения энергии прорастания и всхожести семян донника желтого и люцерны синегридной. Ослабление токсичности здесь происходит в 4,3–5,2 раза в сравнении с сульфатно-содовым засолением. Показатель гибели семян фитомелиорантов на фоне сульфатно-содового засоления с участием гипса снижался за счет уменьшения щелочности и устранения дефицита кальция. В условиях рекультивации солонцов и буровых шламов внесение гипса дополнительно улучшает водно-физические и физико-химические свойства данных объектов.

Библиографический список

1. Елизаров Н. В., Попов В. В., Семендяева Н. В. Современный гидроморфизм солонцов лесостепной зоны Западной Сибири // Почвоведение. 2020. № 12. С. 1451–1459. DOI: 10.31857/S0032180X20120059.
2. Семендяева Н. В., Ломова Т. Г. Итоги исследований по изучению генезиса, свойств и мелиорации солонцов юга Западной Сибири // Плодородие почв и оценка продуктивности земледелия: материалы научно-производственной конференции с международным участием. Тюмень, 2018. С. 394–405.
3. Скипин Л. Н., Федоткин В. А. Результативность действия химической мелиорации солонцов в условиях Западной Сибири // Плодородие почв и оценка продуктивности земледелия: материалы научно-производственной конференции с международным участием. Тюмень, 2018. С. 406–414.
4. Семендяева Н. В. Особенности формирования профиля солонцов юга Западной Сибири // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сборник III Всероссийской (национальной) научной конференции. Новосибирск, 2018. С. 178–183.
5. Федоткин В. А., Рзаева В. В., Фисунов Н. В., Харалгина О. С., Миллер С. С. Обработка почвы в Западной Сибири: учебное пособие. Тюмень : ГАУ Северного Зауралья, 2018. 138 с.
6. Скипин Л. Н., Петухова В. С., Скипин Д. Л. Эколого-экономические аспекты освоения солонцов в Тюменской области // Тюменская область: историческая ретроспектива, реалии настоящего, контуры будущего: сборник статей международной научной конференции. Тюмень : ТИУ, 2019. С. 443–448.
7. Simakova T. V., Simakov A. V., Starovoitova E. S., Skipin L. N., Chernykh E. G. // Formation of a sustainable system is the basis of rational land use managements Espacios. 2019. Vol. 40. No. 20. Pp. 19–26.
8. Попов В. В., Семендяева Н. В. Состав почвенных растворов засоленных агроландшафтов центральной лесостепи Ишимской равнины // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сборник трудов научно-практической конференции преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосибирского ГАУ. Новосибирск, 2019. С. 56–58.
9. Добротворская Н. И., Семендяева Н. В., Морозова А. А. Элементный состав почв засоленных агроландшафтов причановской депрессии и их санитарно-гигиеническая оценка // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. С. 5–15.
10. Тарасова С. С., Гаевая Е. В. Восстановление растительного покрова при рекультивации нарушенных земель нефтегазового комплекса // Социальное партнерство в области охраны окружающей среды и «зеленого» роста: материалы Международной научно-практической конференции. Тюмень, 2021. С. 146–151.
11. Любимова И. Н., Салпагарова И. А. Возможности и целесообразность возврата в сельскохозяйственный оборот мелиоративных солонцовых земель (обзор) // Почвоведение. 2020. С. 1100–1110. DOI: 10.31857/S0032180X20090099.
12. Тарасова С. С., Гаевая Е. В. Исследования токсичности буровых шламов и возможности их утилизации // Проблемы региональной экологии. 2021. № 3. С. 75–79. DOI: 10.24412/1728-323X-2021-3-75-79.
13. Скипин Л. Н., Скипин Д. Л., Бурлаенко В. З. Перспективы использования мелиоративного фонда солонцов в тюменской области // Селекция и технологии производства экологически безопасной продукции растениеводства в условиях меняющегося климата сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию со дня рождения заслуженного агронома РФ профессора, доктора сельскохозяйственных наук Ю. П. Логинова. Тюмень, 2022. С. 266–271.
14. Семендяева Н. В. Взаимосвязь грунтовых вод с солевым профилем мелиорированных солонцов засоленных агроландшафтов Барабинской равнины // Актуальные проблемы природообустройства, водопользования, агрохимии, почвоведения и экологии: материалы Всероссийской (национальной) конференции, посвященной 90-летию гидромелиоративного факультета ОмСХИ (факультета водохозяйственного строительства ОмГАУ), 55-летию факультета агрохимии и почвоведения, 105-летию профессора, доктора географических наук, заслуженного деятеля науки РСФСР Мезенцева Варфоломея Семеновича. Омск, 2019. С. 649–656.
15. Elizarov N. V., Popov V. V., Semendyaeva N. V. Modern hydromorphism of solonchets in the forest-steppe zone of western Siberia // Eurasian Soil Science. 2020. Vol. 53. No. 12. Pp. 1701–1708. DOI: 10.1134/S1064229320120054.
16. Семендяева Н. В. Мониторинг натрия в химически мелиорированных солонцовых агроландшафтах барабы // Научные инновации – аграрному производству: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию юбилею Омского ГАУ. Омск, 2018. С. 387–390.
17. Semendyaeva N. V., Dobrotvorskaya N. I., Elizarov N. V. Secondary salinization of reclaimed solonchets and its aftereffect // Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52. No. 11. Pp. 1429–1438. DOI: 10.1134/S1064229319110097.
18. Семендяева Н. В., Морозова А. А., Добротворская Н. И., Елизаров Н. В. Редкоземельные элементы в почвах засоленных агроландшафтов Барабинской равнины // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 3. С. 5–14. DOI: 10.26898/0370-8799-2021-3-1.

Об авторах:

Леонид Николаевич Скипин¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры техносферной безопасности, ORCID 0000-0001-5778-9872, AuthorID 436872; +7 912 992-45-55, skipinln@tyuiu.ru
 Елена Викторовна Захарова¹, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры техносферной безопасности, ORCID 0000-0001-5874-2726, AuthorID 822843; +7 904 876-87-82, zaharovaev@tyuiu.ru
 Наталья Николаевна Дюкова², доктор биологических наук, профессор кафедры общей биологии, ORCID 0000-0002-4029-2808, AuthorID 316609; +7 912-928-77-98, natalya.dyukowa@yandex.ru

¹ Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

² Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

The influence of the main types of chemistry and the degree of salinity of soils and man-made soils on the germination of phytomeliorant seeds

L. N. Skipin¹, E. V. Zakharova¹✉, N. N. Dyukova²

¹ Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

² State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia

✉ E-mail: zaharovaev@tyuiu.ru

Abstract. The purpose and objectives of the study is to establish the levels of influence of chemistry and the degree of salinity on the onset of half (LD₅₀) and full (LD₉₉) death of seeds of alfalfa blue hybrid and yellow clover. To identify the degree of participation of each factor in the death of legume seeds using the correlation coefficient and determination. To conduct a comparative assessment of the salt resistance of the seeds of sweet clover and alfalfa. **Methods.** The main natural types of salinization characteristic of the forest-steppe zone of Western Siberia are selected as objects of study. The germination energy and germination of seeds were determined according to GOST 12038-84. Model variants of salt solutions for germination of seeds of sweet clover and alfalfa were created taking into account the proportions of the formation of the main types of salinization. The types of salinization are represented by sulfate-soda, sulfate-chloride (neutral), and gypsum chloride-sulfate salt. **Scientific novelty.** Drilling slurries stored in barns during the extraction of hydrocarbon raw materials correspond to similar salinization conditions. Artificial salinization of water-salt solutions with a given concentration made it possible to identify half (LD₅₀) and complete death (LD₉₉) of clover and alfalfa seeds at the appropriate level and chemistry of salinization. Comparison of neutral and sulfate-soda salinization showed that the presence of soda in the solution determines its toxicity by 86–87 %. The negative effect of neutral salinization appears to a greater extent due to an increase in osmotic pressure. The presence of gypsum in the nutrient saline solution reduced the toxicity to seeds of phytomeliorant crops by 1.9–2.5 times. **Results.** It has been established that under conditions of neutral and sulfate-soda salinization, plants experience an acute deficiency in calcium. The introduction of gypsum during chemical reclamation of salt pans and drilling slurries eliminates this deficiency. The establishment of indicators (LD₅₀) allows you to adjust the seeding rate of phytomeliorants. The indicator (LD₉₉) indicates the expediency of applying gypsum on salt pans and drilling slurries.

Keywords: chemistry, degree of salinity, phytomeliorants, correlation, determination, toxicity, gypsum, soda, chlorides, sulfates.

For citation: Skipin L. N., Zakharova E. V., Dyukova N. N. Vliyanie osnovnykh tipov khimizma stepeni zasoleniya pochv i tekhnogennykh gruntov na vskhozhest' semyan fitomeliorantov [The influence of the main types of chemistry and the degree of salinity of soils and technogenic soils on the germination of phytomeliorant seeds] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 07 (236). Pp. 46–56. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-236-07-46-56. (In Russian.)

Date of paper submission: 10.03.2023, **date of review:** 10.04.2023, **date of acceptance:** 12.04.2023.

References

1. Elizarov N. V., Popov V. V., Semendyaeva N. V. Sovremennyy gidromorfizm solontsov lesostepnoy zony zapadnoy Sibiri [Modern hydromorphism of solonets in the forest-steppe zone of Western Siberia] // Pochvovedenie. 2020. No. 12. Pp. 1451–1459. DOI: 10.31857/S0032180X20120059. (In Russian.)

2. Semendyaeva N. V., Lomova T. G. Itogi issledovaniy po izucheniyu genezisa, svoystv i melioratsii solontsov yuga Zapadnoy Sibiri [Results of research on the genesis, properties and reclamation of salt flats in the South of Western Siberia] // Plodorodie pochv i otsenka produktivnosti zemledeliya: materialy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Tyumen, 2018. Pp. 394–405. (In Russian.)
3. Skipin L. N., Fedotkin V. A. Rezul'tativnost' deystviya khimicheskoy melioratsii solontsov v usloviyakh Zapadnoy Sibiri [The effectiveness of chemical reclamation of salt pans in Western Siberia // Plodorodie pochv i otsenka produktivnosti zemledeliya: materialy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Tyumen, 2018. Pp. 406–414. (In Russian.)
4. Semendyaeva N. V. Osobennosti formirovaniya profilya solontsov yuga Zapadnoy Sibiri [Features of the formation of the profile of salt lakes in the south of Western Siberia] // Rol agrarnoy nauki v ustoychivom razviti sel'skikh territoriy. Sbornik III Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchnoy konferentsii. Novosibirsk, 2018. Pp. 178–183. (In Russian.)
5. Fedotkin V. A., Rzaeva V. V., Fisunov N. V., Kharalgina O. S., Miller S. S. Obrabotka pochvy v Zapadnoy Sibiri [Tillage in Western Siberia] // Uchebnoe posobie prednaznachenno dlya studentov, prepodavateley, aspirantov. Tyumen', 2018. 138 Pp. (In Russian.)
6. Skipin L. N., Petukhova V. S., Skipin D. L. Ekologo-ekonomicheskie aspekty osvoeniya solontsov v Tyumenskoy oblasti [Ecological and economic aspects of the development of solonets in the Tyumen region] // Tyumenskaya oblast': istoricheskaya retrospektiva, realii nastoyashchego, kontury budushchego. sbornik statey mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. 2019. Pp. 443–448. Tyumen': TIU (In Russian.)
7. Simakova T. V., Simakov A. V., Starovoitova E. S., Skipin L. N., Chernykh E. G. // Formation of a sustainable system is the basis of rational land use managements Espacios. 2019. Vol. 40. No. 20. Pp. 19–26.
8. Popov V.V., Semendyaeva N.V. Sostav pochvennykh rastvorov zasolennykh agrolandshaftov tsentral'noy lesostepi Ishimskoy ravniny [Composition of soil solutions of saline agricultural landscapes of the central forest-steppe of the Ishim plain] // Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa: sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferentsii prepodavateley, aspirantov, magistrantov i studentov Novosibirskogo GAU. Novosibirsk, 2019. Pp. 56–58. (In Russian.)
9. Dobrotvorskaya N. I., Semendyaeva N. V., Morozova A. A. Elementnyy sostav pochv zasolennykh agrolandshaftov prichanovskoy depressii i ikh sanitarno-gigienicheskaya otsenka [Elemental composition of soils of saline agricultural landscapes of the Prichanov depression and their sanitary and hygienic assessment] // Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki. 2019. Vol. 49. No. 2. Pp. 5–15. (In Russian.)
10. Tarasova S. S., Gaevaya E. V. Vosstanovlenie rastitel'nogo pokrova pri rekul'tivatsii narushennykh zemel' neftegazovogo kompleksa [Restoration of vegetation cover during reclamation of disturbed lands of the oil and gas complex] // Sotsial'noe partnerstvo v oblasti okhrany okruzhayushchey sredy "zelenogo" rosta. materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Tyumen', 2021. Pp. 146–151. (In Russian.)
11. Lyubimova I. N., Salpagarova I. A. Vozmozhnosti i tselesoobraznost' vozvrata v sel'skokhozyaystvennyy oborot meliorativnykh solontsovykh zemel' (Obzor) [Possibilities and expediency of the return of reclaimed salt lands to agricultural circulation (Review)] // Pochvovedenie. 2020. Pp. 1100–1110. DOI: 10.31857/S0032180X20090099. (In Russian.)
12. Tarasova S.'S., Gaevaya E.'V. Issledovaniya toksichnosti burovykh shlamov i vozmozhnosti ikh utilizatsii [Studies of the toxicity of drilling sludge and the possibility of their disposal] // Problemy regional'noy ekologii. 2021. No. 3. Pp. 75–79. DOI: 10.24412/1728-323X-2021-3-75-79. (In Russian.)
13. Skipin L. N., Skipin D. L., Burlaenko V. Z. Perspektivy ispol'zovaniya meliorativnogo fonda solontsov v tyumenskoy oblasti [Prospects for the use of the Solonets reclamation fund in the Tyumen region] // Seleksiya i tekhnologii proizvodstva ekologicheskii bezopasnoy produktsii rastenievodstva v usloviyakh menyayushchegosya klimata: sbornik materialov Vserossiyskoy (national'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem posvyashchennaya 80-letiyu so dnya rozhdeniya zaslužhennogo agronoma RF professora, doktora sel'skokhozyaystvennykh nauk Yu. P. Loginova. Tyumen, 2022. Pp. 266–271. (In Russian.)
14. Semendyaeva N. V. Vzaimosvyaz' gruntovykh vod s solevym profilom meliorirovannykh solontsov zasolennykh agrolandshaftov Barabinskoy ravniny [The relationship of groundwater with the salt profile of reclaimed salt flats of saline agricultural landscapes of the Barabinsk plain] // Aktual'nye problemy prirodoobustroystva, vodopol'zovaniya, agrokhimii, pochvovedeniya i ekologii. Materialy Vserossiyskoy (natsional'noy) konferentsii, posvyashchennaya 90-letiyu gidromeliorativnogo fakul'teta OmSKhI (fakul'teta vodokhozyaystvennogo stroitel'stva OmGAU), 55-letiyu fakul'teta agrokhimii i pochvovedeniya, 105-letiyu professora, doktora geograficheskikh nauk, zaslužhennogo deyatelya nauki RSFSR Mezentseva Varfolomeya Semenovicha. Omsk, 2019. Pp. 649–656. (In Russian.)

15. Elizarov N. V., Popov V. V., Semendyaeva N. V. Modern hydromorphism of solonchets in the forest-steppe zone of western Siberia // Eurasian Soil Science. 2020. Vol. 53. No. 12. Pp. 1701–1708. DOI: 10.1134/S1064229320120054.
16. Semendyaeva N. V. Monitoring natriya v khimicheski meliorirovannykh solontsovykh agrolandshaftakh baraby [Monitoring of sodium in chemically reclaimed saline agricultural landscapes of Baraba] // Nauchnye innovatsii – agrarnomu proizvodstvu: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letnemu yubileyu Omskogo GAU. Omsk, 2018. Pp. 387–390. (In Russian.)
17. Semendyaeva N. V., Dobrotvorskaya N. I., Elizarov N. V. Secondary salinization of reclaimed solonchets and its aftereffect // Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52. No. 11. Pp. 1429–1438. DOI: 10.1134/S1064229319110097.
18. Semendyaeva N. V., Morozova A. A., Dobrotvorskaya N. I., Elizarov N. V. Redkozemel'nye elementy v pochvakh zasolennykh agrolandshaftov Barabinskoy ravniny [Rare earth elements in soils of saline agricultural landscapes of the Baraba Plain] // Siberian Herald of Agricultural Science. 2021. Vol. 51. No 3. Pp. 5–14. DOI: 10.26898/0370-8799-2021-3-1. (In Russian.)

Authors' information:

Leonid N. Skipin¹, doctor of agricultural sciences, professor, professor of the department of technosphere safety, ORCID 0000-0001-5778-9872, AuthorID 436872; +7 912 992-45-55, skipinln@tyuiu.ru

Elena V. Zakharova¹, candidate of biological sciences, associate professor, associate professor of the department of technosphere safety, ORCID 0000-0001-5874-2726, AuthorID 822843; +7 904 876-87-82, zaharovaev@tyuiu.ru

Natalia Nikolaevna Dyukova², doctor of biological sciences, professor of the department of general biology, ORCID 0000-0002-4029-2808, AuthorID 316609; +7 912-928-77-98, natalya.dyukowa@yandex.ru

¹ Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

² State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia