

## Реакция семян культур-фитомелиорантов при условии природного и техногенного засоления почв и грунтов

Л. Н. Скипин<sup>1</sup>, Е. В. Гаевая<sup>1✉</sup>, С. С. Тарасова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

✉ E-mail: gaevajaev@tyuiu.ru

**Аннотация.** Цель исследования – установить оптимальное и критическое значение разных химизмов и степени засоления и соответствующие им показатели осмотического давления, рН среды на энергию прорастания и всхожесть семян люцерны и донника. **Задачи исследования:** выявить параметры 50 и 99 % гибели семян изучаемых культур с учетом химизма и степени засоления, определить наиболее токсичные водорастворимые соли в солонцовых почвах и буровых шламах; выявить степень участия осмотического давления и рН среды по изучаемым вариантам, провести сравнительное изучение химизмов и степени их засоления на прорастание и всхожесть семян фитомелиорантов. **Методы.** В качестве объекта исследования использовались семена донника сорта Альшеевский и люцерны сорта Ярославна. Энергия и всхожесть семян определялись согласно ГОСТ 12038-84. **Научная новизна.** Впервые установлены параметры  $СД_{50}$  и  $СД_{99}$  для семян донника и люцерны применительно к разным химизмам засоления, представленным одной легкорастворимой солью, тождественной почвенному и техногенному засолению. Выявлены параметры осмотического давления и рН среды для  $СД_{50}$  и  $СД_{99}$  по каждому химизму засоления. **Результаты.** Установлено, что слабая концентрация  $MgSO_4$  (до 0,3 %) не снижала энергию и всхожесть прорастания семян. Натриевые нейтральные соли ( $Na_2SO_4$ ,  $NaCl$ ) приводили к потере всхожести семян ( $СД_{99}$ ) при степени засоления 2,0–2,9 %, что соответствует высокому осмотическому давлению 8,9–13,9 атм. Более высокой способностью к предельному засолению обладали семена донника. При содовом засолении ( $Na_2CO_3$ ,  $NaHCO_3$ ) 50-процентная гибель семян донника и люцерны соответствовала уровню засоления солонцов (0,09 %) и буровых шламов (0,25 %). Явление, соответствующее  $СД_{99}$ , отмечалось здесь соответственно при уровне засоления почв и буровых шламов на 0,42 и 0,95 %. Показатель  $СД_{50}$  важно учитывать при рекультивации солонцов и буровых шламов для установления норм высева семян и подбора культур-фитомелиорантов.

**Ключевые слова:** химизм и степень засоления, рН среды, осмотическое давление, энергия прорастания, всхожесть, семена люцерны и донника.

**Для цитирования:** Скипин Л. Н., Гаевая Е. В., Тарасова С. С. Реакция семян культур-фитомелиорантов при условии природного и техногенного засоления почв и грунтов // Аграрный вестник Урала. 2023. № 02 (231). С. 30–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-30-40.

**Дата поступления статьи:** 16.12.2022, **дата рецензирования:** 16.01.2023, **дата принятия:** 26.01.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Проблема использования засоленных почв в настоящее время является одной из основных в системах землепользования. Засоленные почвы – это почвы, содержащие легкорастворимые соли в количествах, токсичных для растений. Источниками засоления в этих почвах являются горные породы, продукты вулканических извержений, ветровой перенос солей, атмосферные осадки, подземные воды, орошаемые почвы, растительность. Среди засоленных почв наиболее распространен солонец, который в поглощенном состоянии увеличивает количество обменного натрия в рецептивном слое (более 15 % емкости катионного обмена) [1, с. 406].

Солонцовые почвы обладают многими отрицательными гидрофизическими и химическими свойствами: высокая дисперсность, набухаемость, низкая водопроницаемость и фильтрующая способность, бесструктурность, медленное физическое созревание почвы, липкость при намокании, пониженная подвижность воды, пониженный воздухообмен, объемность почвы, твердость и устойчивость к сильному уплотнению, щелочная среда, засоление, кальций дефицит, избыток натрия. Достаточно сказать, что площадь этих почв вместе с почвами Уральской и Западно-Сибирской зоны превышает 10 млн га [1, с. 407].

Диагностика рекультивации солонцовых почв учитывает ряд важных характеристик, в частности, почвенные комплексы, занимающие 10–30 %, 30–50 % и более 50 % солонцовой зональной почвы. Плодородные почвы с содержанием солонцов менее 10 % в фонды рекультивации не включаются. В сложных почвах с содержанием солонца 10–30–50 % рекомендуется селективная химическая регенерация (при наличии солонца на небольших участках), 50 % и более – сплошная. Гидродинамический режим определяет многие улучшающие свойства солонцов. Характер этого режима определяется уровнем залегания грунтовых вод с учетом состава почвообразующих и подстилающих пород. Основными показателями солёности являются глубина, химический состав и солёность соляного слоя. Солонцы с высоким максимальным содержанием солей и высоким содержанием соды наиболее сложны в освоении в плане рекультивации.

Степень солонцеватости почв зависит от обменного натрия и играет определяющую роль в расчете дозы химического мелиоранта. По содержанию обменного натрия солонцы подразделяются на остаточные (менее 10 % от емкости поглощения), малонатриевые (10–20 %), средненатриевые (20–40 %) и многонатриевые (более 40 %). Приемы мелиорации солонцов должны быть строго дифференцированы в связи с их качественным и количественным разнообразием. При мелиорации солонцовых почв (улучшение физических свойств, создание мощного плодородного слоя, замена обменного натрия кальцием, удаление избытка водорастворимых солей из корнеобитаемого слоя) для повышения продуктивности выращиваемых культур рекомендуется применять два основных метода: химический и самомелиорации. Химический метод мелиорации солонцов предусматривает внесение химических мелиорантов извне. Этот метод – единственное средство повышения плодородия солонцов с глубоким залеганием карбонатов и гипса (глубже 40–0 см). На степных солонцах гипсование целесообразно сочетать с поливом. При высоком залегании карбонатов и гипса используется метод самомелиорации за счет использования глубоких плантажных и ярусных обработок [1, с. 408].

Развитие нефтегазовых комплексов в условиях Западной Сибири и других регионов связано с острой проблемой рекультивации буровых шламов. Количество буровых амбаров в ХМАО-Югра достигает 3000, аналогичная ситуация и в ЯНАО. Буровой шлам обладает отрицательными физико-химическими свойствами, такими как набухание, гидрофильность, бесструктурность, высокая дисперсность, отсутствие аэрации, плохая фильтрация, высокая минерализация, щелочность и токсичность. Эти свойства обусловлены наличием легкорастворимых солей в материнской породе и добавлением в

буровой раствор каустической и кальцинированной соды на водной основе последующим внедрением натрия в поглощающий комплекс. Опыты показали, что данная проблема может быть решена за счет использования коагулянта фосфогипса – отхода химического производства в сочетании с омагниченной водой. Это приводит к увеличению фильтрующей способности в 3–5,8 раза и быстрому выщелачиванию водорастворимых солей. Данное явление позволит создать благоприятную основу для культур-фитомелиорантов при последующей рекультивации буровых шламов [2, с. 75].

Проблемы рекультивации солонцовых почв и техногенных засоленных территорий сопряжены с химизмом и степенью засоления. В лабораторных условиях с созданием разного уровня засоления легкорастворимыми солями  $MgSO_4$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $NaCl$ ,  $NaHCO_3$ ,  $Na_2CO_3$  изучались энергия прорастания и всхожесть семян культур-фитомелиорантов донника и люцерны. Пробит-анализ позволяет установить показатели гибели семян донника и люцерны, соответствующие  $CD_{50}$  и  $CD_{99}$ , параметры pH среды и осмотического давления.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Опыты проводились в лабораторных условиях. В качестве объекта исследования использовались семена донника сорта Альшеевский и люцерны сорта Ярославна. Энергия и всхожесть семян определялись согласно ГОСТ 12038-84. Семена проращивались в солевых растворах с заданной концентрацией отдельных солей ( $MgSO_4$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $NaCl$ ,  $NaHCO_3$ ,  $Na_2CO_3$ ). Указанные химизмы в основном характерны для солонцов Западной Сибири. Степень засоления в опытах задавалась от уровня незасоленной почвы до солончака. Указанный химизм и степень засоления в условиях этого региона присущ и буровым шламам, проблема рекультивации которых стоит достаточно остро. Показатели  $CD_{50}$  и  $CD_{99}$  рассчитывались с использованием пробит-анализа.

#### Результаты (Results)

В условиях Западной Сибири и Урала солонцовые комплексы составляют около 10 млн га [3, с. 25]. Естественная продуктивность солонцов в донном регионе составляет 3–5 ц/га сена низкого кормового достоинства. Проблема повышения плодородия данных почв является одной из наиболее актуальных в стране. Ее решение применительно к указанному региону позволит увеличить производство кормов и их качество, уменьшить дефицит белка в рационе животных [4, с. 12; 5, с. 388; 6, с. 180; 7, с. 395].

В силу генетических особенностей солонцов в различных зонах и даже в пределах определяемого региона они способны различаться по мощности надсолонцового и солонцового горизонтов, содержанию обменного натрия, степени и химизму

засоления, реакции почвенного раствора, характеру комплексности и другим свойствам [8, с. 10; 9, с. 1374; 10, с. 395; 11, с. 388].

К засоленным относятся почвы, содержащие в своем составе легкорастворимые соли в токсичных для сельскохозяйственных растений количествах. Легкорастворимые соли оказывают прямое отрицательное воздействие на растения в результате осмотического давления почвенных растворов, токсического действия почвенных растворов и токсического действия отдельных ионов, а также косвенное влияние, связанное с появлением в засоленных почвах физико-химических, физических и других свойств. Из вредных легкорастворимых солей наиболее часто встречаются в почвах  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ . Считается, что наиболее токсичны сода и хлориды, менее токсичны сульфаты натрия и магния, не ядовиты  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ . Наиболее полная характеристика засоленным почвам дается при анализе полной водной вытяжки с определением всего состава легкорастворимых солей. В процессах почвообразования большую роль играет растительность. Злаковые и

бобовые растения способны рассолять засоленные почвы. На солончаках жизнедеятельность растений может приводить к смене галогенного процесса почвообразования на дерновый. Это достигается путем превышения процессов биологического выноса солей над процессами засоления. Переход от солянок и полыней на солончаках к бобовым и злаковым травам сопровождается перераспределением солей и зольных элементов, в частности, кальция. Накопление кальция в верхних горизонтах почвы неизбежно ведет к вытеснению натрия и рассолению солонцов. Такая биологическая трансформация в условиях Западной Сибири приводит к образованию лугово-черноземных почв различной степени солонцеватости и солончаковатости. Этот процесс в естественных условиях может длиться веками, а в искусственных сокращается до нескольких десятков лет. Поэтому для рассоления почвы рекомендовано также выращивание солевыносливых и натриефильных культурных растений, которые будут вытягивать соли из почвенного профиля, а человек – использовать эти растения для хозяйственных нужд [12, с. 20].

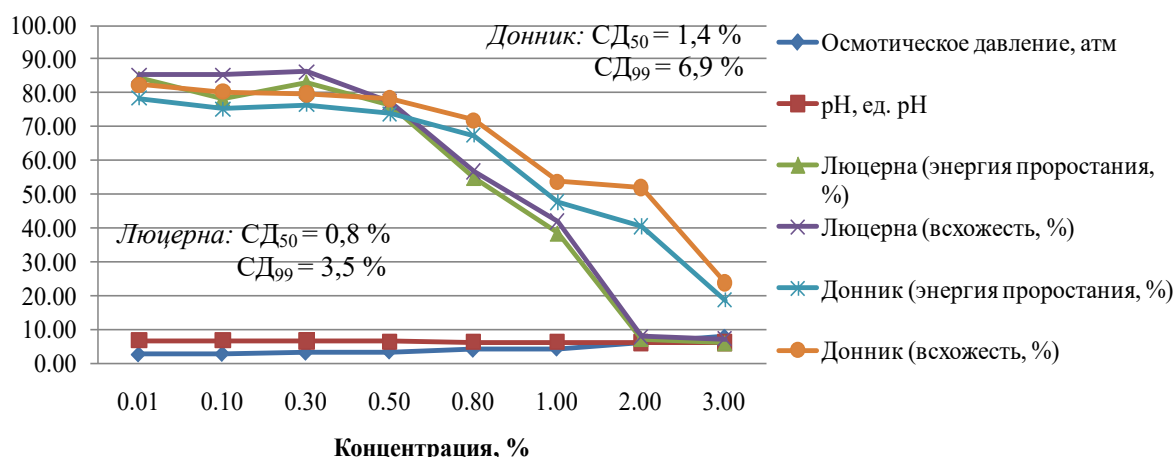


Рис. 1. Изменение энергии прорастания и всхожести семян люцерны и донника при засолении  $\text{MgSO}_4$

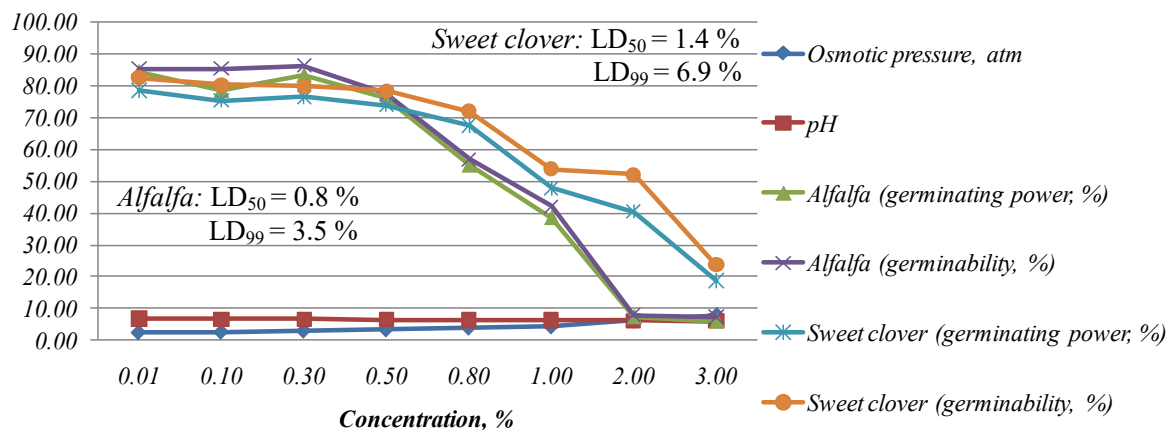


Fig. 1. Changes in germination energy and germination of seeds of alfalfa and sweet clover under salinization of  $\text{MgSO}_4$

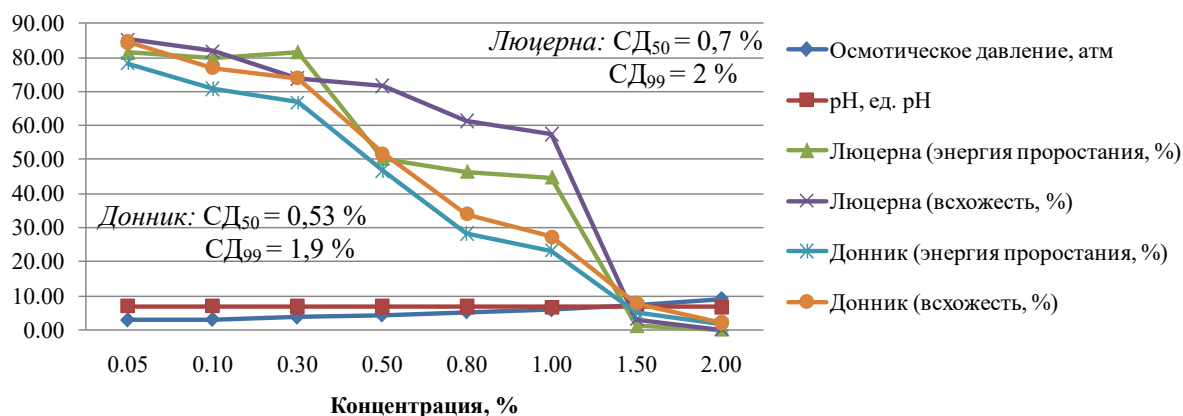


Рис. 2. Изменение энергии прорастания и всхожести семян люцерны и донника при засолении  $Na_2SO_4$

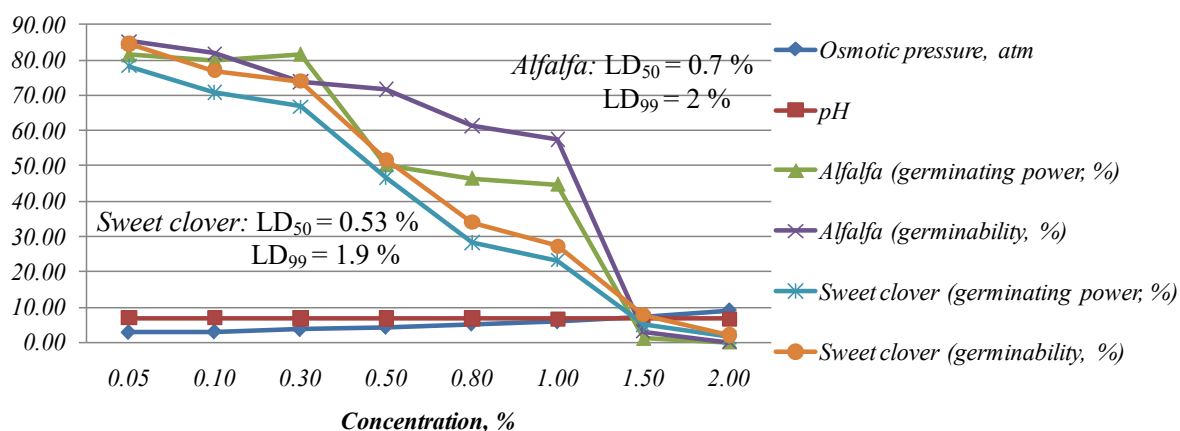


Fig. 2. Changes in the germination energy and germination of seeds of alfalfa and sweet clover under salinization of  $Na_2SO_4$

В настоящее время основные комплексные приемы повышения плодородия солонцов можно считать разработанными, однако в состав адаптивного комплекса рекомендуется включать использование фитомелиорации засоленных почв с применением соле- и солонцустойчивых культур [13, с. 1453; 14, с. 1703; 15, с. 98].

Окультуривание солонцов, особенно в первые годы мелиоративного освоения, сопряжено с высоким уровнем засоления и дефицитом азота, поэтому большого внимания заслуживает использование бобовых культур-фитомелиорантов [16, с. 1703; 17, с. 2].

На мелиорируемых солонцах Западной Сибири бобовые растения испытывают азотное голодание. Это вызвано тем, что симбиотическая азотфиксация наиболее соле- и солонцустойчивых культур сильно ослаблена. В силу сложившихся генетических особенностей данных почв они бедны естественными популяциями клубеньковых бактерий, которые находятся в подавленном состоянии. На данном этапе исследовании нами поставлены задачи по изучению реакции растения-хозяина (донник и люцерна) на основные химизмы и степень засоления с учетом осмотического давления, pH среды, токсичности конкретных ионов. Действие указан-

ных факторов на жизнедеятельность клубеньковых бактерий будет представлено в следующей серии опытов, проводимых на засоленных средах на бобовом агаре.

В Тюменской области накоплены большие объемы буровых шламов. По своей природе они также засолены, концентрация солей в них может достигать 6 %. Это обусловлено засоленными осадочными морскими отложениями и высоким содержанием каустической и кальцинированной соды, которая добавляется в буровые растворы. Буровые шламы в амбарах требуют обязательной рекультивации с использованием коагулянтов и культур-фитомелиорантов. Важно при этом учитывать химизм и степень их засоления в реальных условиях.

Результаты исследований влияния нейтральных солей ( $MgSO_4$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $NaCl$ ) на показатели всхожести и энергии прорастания семян бобовых культур фитомелиорантов представлены на рис. 1, 2 и 3.

Из всех отмеченных нейтральных солей проявление положительного влияния степени засоления на энергию и всхожесть отмечалось на фоне сульфата магния, это характерно было до концентрации 0,3 %. Данному уровню степени засоления соответствовало осмотическое давление 3,14 атм и pH 6,55. Последующее увеличение концентрации данной

соли до 0,5 % приводит к медленному падению показателей энергии прорастания и всхожести семян люцерны и донника. Важно отметить, что результаты пробит-анализа показали половинную гибель семян люцерны ( $CD_{50}$ ) при концентрации 0,8 %, а полная гибель ( $CD_{99}$ ) происходила при степени засоления 3,5 %. Семена донника при уровне засоления  $MgSO_4$  до 1 % по изучаемым показателям были близки к люцерне. Последующее увеличение степени засоления приводило к большей устойчивости семян донника при этом показатель  $CD_{50}$  составил 1,4 %, а  $CD_{99}$  – 6,9 %. Важно отметить, что половинная доля гибели семян люцерны происходила при осмотическом давлении 4,14 атм и pH 6,42, а полная гибель – при более 8 атм и pH менее 6,12. Параметры гибели семян донника по осмотическому давлению были выше.

Расчет коэффициента детерминации показал, что энергия прорастания и всхожесть семян люцерны и донника на 89–94 % зависит от концентрации  $MgSO_4$  в растворе, полученные результаты соответствуют модели хорошего качества. Определяющую роль здесь играет величина осмотического давления ( $r = -0,91$  и  $-0,94$  по семенам люцерны и  $r = -0,97$  и  $-0,96$  по доннику). Реакция среды не приводила к обратной связи.

Сравнительный анализ реакции семян, изучаемых фитомелиорантов при сульфатном ( $Na_2SO_4$ ) и хлоридном ( $NaCl$ ) засолении показал, что полная гибель ( $CD_{99}$ ) при данных химизмах наступала при концентрациях в 1,5–3,0 раза меньших, чем на фоне  $MgSO_4$ .

Принято считать в методических рекомендациях по мелиорации солонцов, что эквивалент токсичности Cl берется за 1, а эквивалент  $SO_4$  составляет 5–6. В наших исследованиях принятый за основу эквивалент не подтвердился по отношению к изучаемым культурам. Напротив, по отношению к семенам люцерны это соотношение было близко 1:1, а по отношению к доннику 1:0,6, эквивалент токсичности сульфатов здесь был выше по отношению к хлоридам.

При этом токсичность сульфатного засоления при предельных концентрациях была выше, чем хлоридного. Следует отметить, что семена донника обладали значительно большей устойчивостью к токсичности хлоридного химизма засоления. Все нейтральные соли в вариантах опыта создавали реакцию среды в пределах 6,12–6,91, в данном случае она не могла быть определяющей в гибели семян культур-фитомелиорантов.

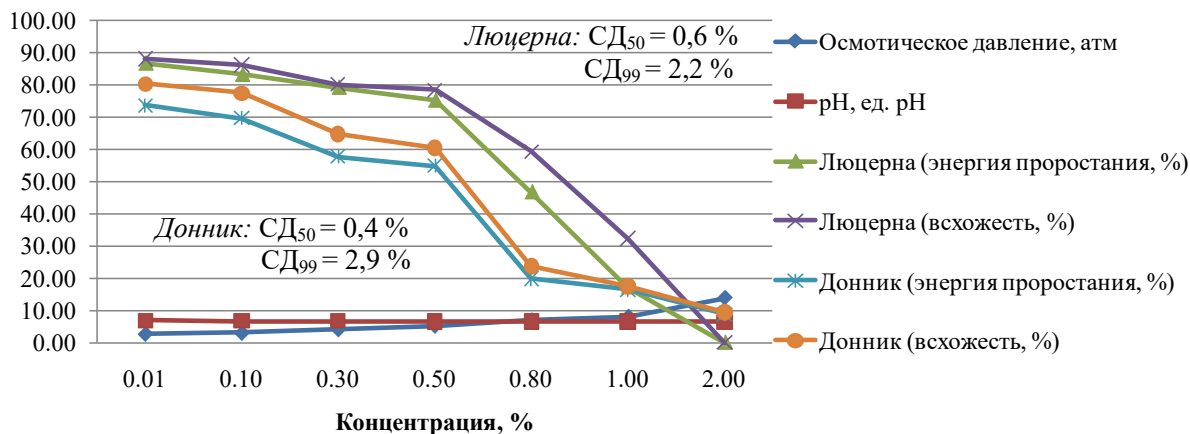


Рис. 3. Изменение энергии прорастания и всхожести семян люцерны и донника при засолении NaCl

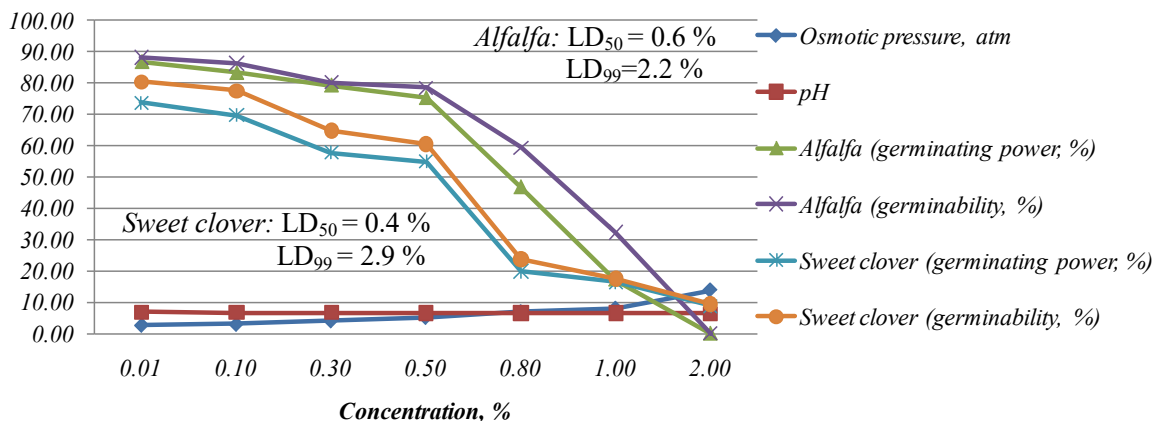


Fig. 3. Changes in the germination energy and germination of alfalfa and sweet clover seeds under NaCl salinity

Осмотическое давление на нейтральных типах засоления варьировало по вариантам от 2,62 до 13,9 атм, при этом полная гибель семян донника и люцерны наступала, как правило, при осмотическом давлении, близком к 8,9–13,9 атм. Это явление дополнительно усиливалось токсичностью диссоциированных анионов и катионов изучаемых солей. Большой устойчивостью к повышенному засолению обладали семена донника.

Коэффициент детерминации свидетельствует о том, что энергия прорастания и всхожесть семян донника и люцерны на 80–95 % определяются концентрацией NaCl и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в растворе. Полученные данные также соответствуют модели хорошего качества. Это явление здесь обусловлено в большей степени осмотическим давлением ( $r = -0.94$  по люцерне и доннику). Реакция среды при этих химизмах засоления не приводила к отрицательной связи.

Из всех изученных легкорастворимых солей наибольшей токсичностью отмечалась сода нормальная и двууглекислая (рис. 4 и 5).

Так, показатель  $CD_{50}$  на фоне засоления NaHCO<sub>3</sub> в сравнении с засолением Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и NaCl был в 2–3 раза более токсичным, аналогичная закономерность отмечалась и относительно  $CD_{99}$ .

Эквивалент токсичности HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (2,5–3,0) по отношению к Cl<sup>-</sup> принятому за 1, в наших исследованиях по изучаемым культурам он составил 0,3–0,4. Это характеризует гидрокарбонатный ион как очень токсичный (в десять раз выше, чем принятый в методических рекомендациях).

Важно отметить, что половинная гибель семян при содовом гидрокарбонатном засолении проявлялась при pH, близком к 9,1, и осмотическом давлении 3,5 атм, по отношению к нейтральному засолению это явление отмечалось при pH 6,4–6,6 и осмотическом давлении 4,3–4,5 атм.

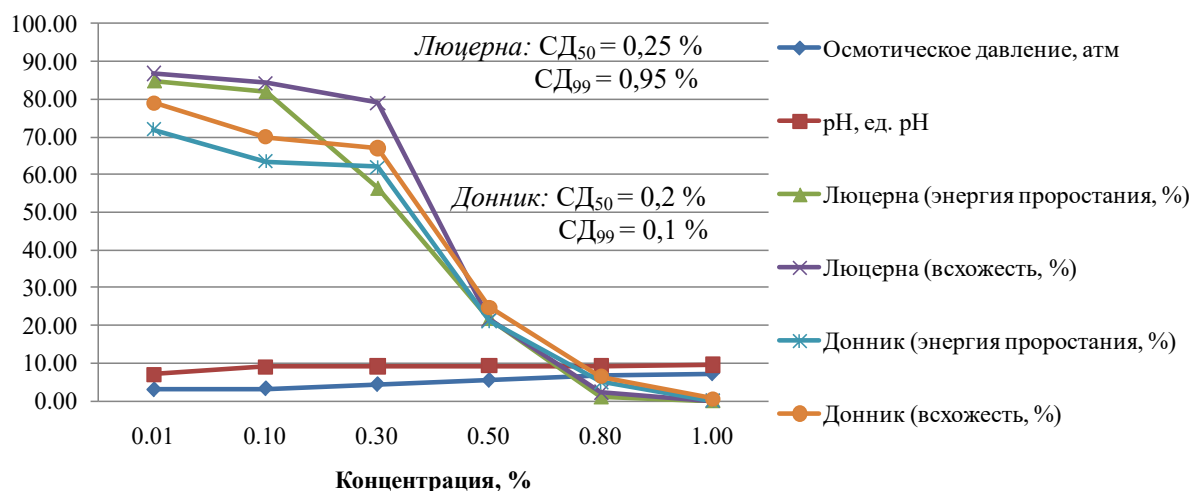


Рис. 4. Изменение энергии прорастания и всхожести семян люцерны и донника при засолении NaHCO<sub>3</sub>

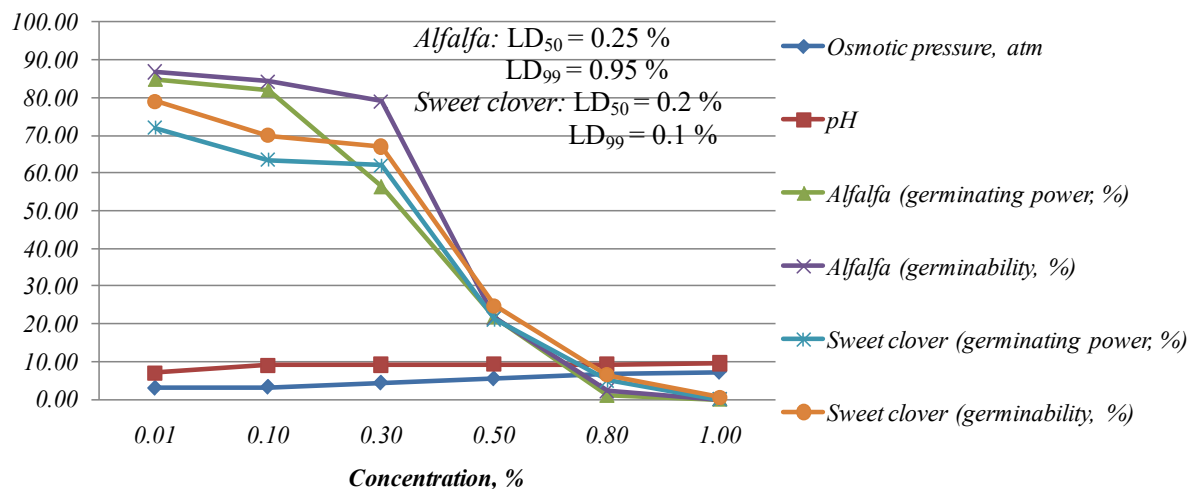


Fig. 4. Changes in the germination energy and germination of alfalfa and sweet clover seeds under NaHCO<sub>3</sub> salinity

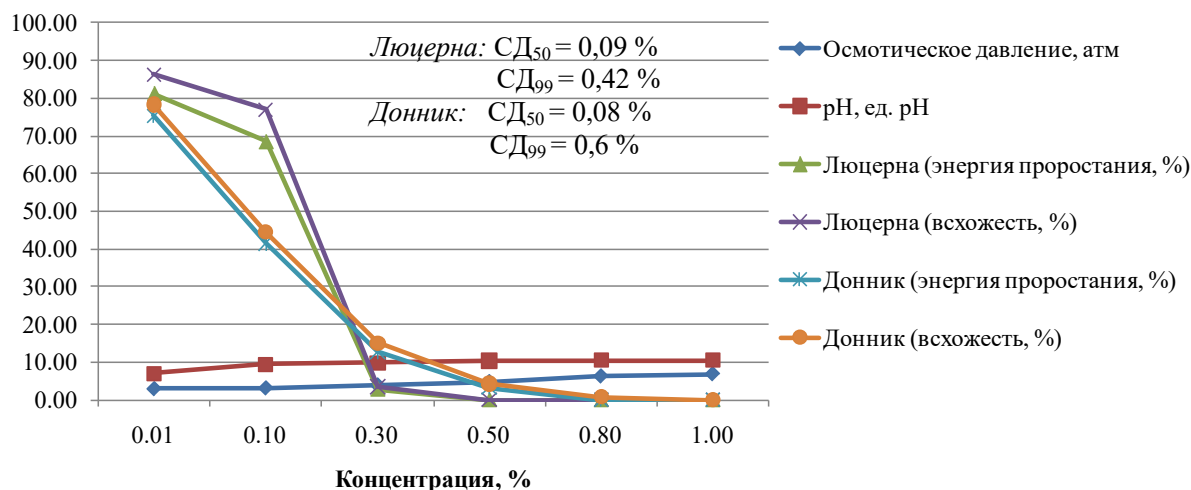


Рис. 5. Изменение энергии прорастания и всхожести семян люцерны и донника при засолении  $Na_2CO_3$

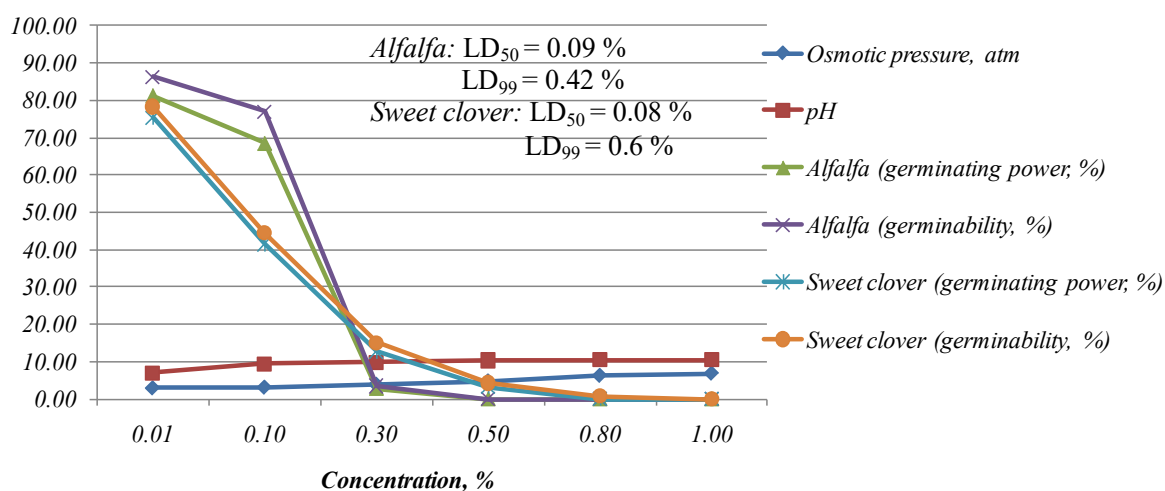


Fig. 5. Changes in the germination energy and germination of alfalfa and sweet clover seeds under  $Na_2CO_3$  salinity

Полная гибель семян люцерны и донника ( $CD_{99}$ ) происходила при степени засоления  $NaHCO_3$  0,95–1,0 %. Варианты опыта, заложенные с участием нормальной соды ( $Na_2CO_3$ ), по показателю  $CD_{99}$  соответствовали уровню засоления 0,42 % для люцерны и 0,6 % для семян донника. Это указывает на то, что токсическое действие нормальной соды проявляется в 1,5–2,0 раза сильнее, чем гидрокарбонатной.

В наших исследованиях «сульфатный эффект» токсичности различных ионов выражен в эквивалентах хлора следующим образом:  $1Cl = 0,2 CO_3 = (0,3-0,4) HCO_3 = (0,6-1,0) SO_4$ . В рекомендуемой методической литературе по мелиорации солонцов этот эквивалент представлен следующим образом:  $1Cl = 0,1 CO_3 = (2,5-3,0) HCO_3 = (5,0-6,0) SO_4$ . Данный эквивалент токсичности ионов следует увязывать с исходными культурами-фитомелиорантами.

Коэффициент детерминации при содовом засолении показал, что энергия прорастания и всхожесть семян люцерны и донника на 64–71 % за-

висит от концентрации раствора. Определяющую роль в снижении данных показателей здесь играет pH среды ( $r = -0.85$  и  $-0.97$ ).

Важно учесть, что в солонцовых почвах северной лесостепи Западной Сибири в составе солей находится повышенное содержание соды (как нормальной, так и гидрокарбонатной), в южной лесостепи преобладают солонцы нейтрального типа засоления. Необходимо учесть, что солонцы с участием соды способны обеспечивать усиление дисперсности коллоидов, нарушение структуры, повышение гидрофильности и заплываемости при увлажнении, снижение водопроницаемости или полное отсутствие такового признака. Ранее заложенные опыты показали, что преобладание соды в почвенном растворе в аналогичной закономерности сказывалось на жизнедеятельности клубеньковых бактерий люцерны и донника.

Лабораторные опыты с использованием нейтральных солей и соды дают основание предполагать, что преобладающую роль в подавлении роста

и развития люцерны и донника будут играть соли нормальной или гидрокарбонатной соды.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, из всех представленных типов засоления только соль  $MgSO_4$  при степени засоления до 0,3 % способна создать благоприятные условия для энергии и всхожести семян люцерны и донника. Все другие легкорастворимые соли натрия ( $NaCl$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $NaHCO_3$ ) способны подавлять энергию и прорастание семян донника и люцерны. По уровню токсичности на семена донника и люцерны изучаемые соли распределяются в порядке ослабления соответствующим образом:  $Na_2CO_3$ ,  $NaHCO_3$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $NaCl$ ,  $MgSO_4$ .

Показатель гибели семян донника и люцерны, соответствующий  $СД_{99}$ , вызван в большей степени токсичностью ионов и величиной осмотического давления при нейтральном типе засоления. При

содовом засолении этот показатель достигается повышенной щелочностью раствора при незначительном осмотическом давлении.

Принятый эквивалент токсичности 0,1 для  $CO_3$  и 1 для  $Cl$  в наших исследованиях для культур донника и люцерны был близок к исходному. В данном случае эквивалент токсичности для  $CO_3$  составил 0,2. Полученные результаты поставленных опытов свидетельствуют о необходимости расчета эквивалента токсичности анионов указанных солей для конкретных культур. Применительно к бобовым культурам этот показатель должен учитываться для клубеньковых бактерий. Это указывает на необходимость подбора наиболее соле- и солонцустойчивых штаммов ризобий.

Знание химизмов и степени засоления мелиорируемых объектов позволяет корректировать норму высева семян культур-фитомелиорантов.

#### Библиографический список

1. 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.
2. Скипин Л. Н., Скипин Д. Л., Петухова В. С., Бурлаенко В. З. Влияние коагулянтов и омагниченной воды для рассоления буровых шламов // Естественные и технические науки. 2022. № 6 (169). С. 72–77.
3. Гаева Е. В., Тарасова С. С., Скипин Л. Н., Зимнухова А. Е. Экологическое обоснование использования техногенных грунтов на основе буровых шламов для рекультивации нарушенных земель // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2022. № 2 (305). С. 23–30. DOI: 10.33285/2411-7013-2022-2(305)-23-30.
4. Добротворская Н. И., Семендяева Н. В. Инновационные подходы к использованию солонцовых агроландшафтов Барабинской равнины // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 1. С. 10–19. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-1-2.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Семендяева Н. В., Добротворская Н. И., Елизаров Н. В. Вторичное засоление химически мелиорированных солонцов и его последствия // Почвоведение. 2019. № 11. С. 1373–1382. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-1.
10. 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.
11. Semendyaeva N. V., Dobrotvorskaya N. I., Elizarov N. V. Secondary salinization of reclaimed solonchaks and its aftereffect // Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52. No. 11. Pp. 1429–1438. DOI: 10.1134/S1064229319110097.
12. Елизаров Н. В., Ломова Т. Г., Устинов М. Т., Попов В. В. Действие агробиологической мелиорации на солевой профиль солонцов Восточной Барабы // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2019. № 1 (50). С. 18–25. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-50-1-18-25.



13. 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.
14. Elizarov N. V., Popov V. V., Semendyaeva N. V. Modern hydromorphism of solonchaks in the forest-steppe zone of western Siberia // Eurasian Soil Science. 2020. Vol. 53. No. 12. Pp. 1701–1708. DOI: 10.1134/S1064229320120054.
15. Морозова А. А., Семендяева Н. В. Элементный состав почв засоленных агроландшафтов Северо-Восточной части Барабинской равнины // Почвы – стратегический ресурс России: тезисы докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В. В. Докучаева и Школы молодых ученых по морфологии и классификации почв. Москва – Сыктывкар, 2021. С. 98–99.
16. Korobova L. N., Riksen V. S., Lomova T. G. Biodiversity of shallow solonchaks bacteria, occupied longly with crop rotation with Bromus Inermis (Poaceae) // Journal of Agriculture and Environment. 2022. No. 2 (22). Pp. 1–5. DOI: 10.23649/jae.2022.2.22.12.
17. Макарычев С. В. Солончак засушливой степи, их свойства и возможность мелиорации // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (175). С. 64–70.

**Об авторах:**

Леонид Николаевич Скипин<sup>1</sup>, 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 Гаевая<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, доцент, профессор кафедры техносферной безопасности, ORCID 0000-0002-0631-9149, AuthorID 816670; +7 922 269-17-81, gaevajae@tyuiu.ru  
 Светлана Сергеевна Тарасова<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, ассистент кафедры техносферной безопасности, ORCID 0000-0002-5684-2819, AuthorID 933439; +7 982 935-08-91, tarasovass@tyuiu.ru  
<sup>1</sup>Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

## The reaction of seeds of phytomeliorant crops under the condition of natural and technogenic salinization of soils and soils

L. N. Skipin<sup>1</sup>, E. V. Gaevaya<sup>1</sup>✉, S. S. Tarasova<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia  
 ✉E-mail: gaevajae@tyuiu.ru

**Abstract.** The purpose of the study is to establish the optimal and critical values of different chemisms and the degree of salinity and the corresponding indicators of osmotic pressure, pH of the medium for the germination energy and germination of seeds of alfalfa and sweet clover. **Objectives of the study** are to identify the parameters of 50 and 99 % death of seeds of the studied crops, taking into account the chemistry and degree of salinity, to determine the most toxic water-soluble salts in solonchak soils and drill cuttings; to identify the degree of participation of osmotic pressure and pH of the medium for the studied options, to conduct a comparative study of chemisms and the degree of their salinity on the germination and germination of seeds of phytomeliorants. **Methods.** The experiments were carried out in laboratory conditions. Seeds of sweet clover of the Alshevskiy variety and alfalfa of the Yaroslavna variety were used as the object of the study. The energy and germination of seeds were determined according to GOST 12038-84. **Scientific novelty.** For the first time, the parameters the average lethal dose and the dose is absolutely lethal for sweet clover and alfalfa seeds were established in relation to different salinity chemisms, represented by one easily soluble salt, identical to soil and technogenic salinization. The parameters of osmotic pressure and pH of the medium for the average lethal dose and the dose is absolutely lethal were determined for each salinity chemistry. **Results.** It was found that a low concentration of MgSO<sub>4</sub> (up to 0.3 %) did not reduce the energy and germination of seeds of sweet clover and alfalfa. Sodium neutral salts (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaCl) led to the loss of seed germination of sweet clover and alfalfa (the dose is absolutely lethal) at a salinity degree of 2.0–2.9 %, which corresponds to a high osmotic pressure of 8.9–13.9 atm. Sweet clover seeds had a higher capacity for maximum salinity. Under soda salinity (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub>), 50 % death of sweet clover and alfalfa seeds corresponded to salinity levels of solonchaks and drill cuttings of 0.09 and 0.25 %. The phenomenon corresponding to the dose is absolutely lethal was noted here, respectively, at the level of salinity of soils and drill cuttings of 0.42 and 0.95 %. It is important to take into account the average lethal dose indicator when recultivating solonchaks and drill cuttings in order to establish seeding rates and select phytomeliorant crops.

**Keywords:** chemistry and degree of salinity, medium pH, osmotic pressure, germination energy, germination, alfalfa and sweet clover seeds.

**For citation:** Skipin L. N., Gaevaya E. V., Tarasova S. S. Reaktsiya semyan kul'tur-fitomeliorantov pri uslovii prirodno i tekhnogennogo zasoleniya pochv i gruntov [The reaction of seeds of phytomeliorant crops under the condition of natural and technogenic salinization of soils and soils] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 02 (231). Pp. 30–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-30-40. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 16.12.2022, **date of review:** 16.01.2023, **date of acceptance:** 26.01.2023.

### References

1. Skipin L. N., Fedotkin V. A. Rezul'tativnost' deystviya khimicheskoy melioratsii solontsov v usloviyakh Zapadnoy Sibiri [Efficiency of action of chemical melioration of solonetz in the conditions of Western Siberia] // Plodorodiye pochv i otsenka produktivnosti zemledeliya: materialy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. Tyumen, 2018. Pp. 406–414. (In Russian.)
2. Skipin L. N., Skipin D. L., Petukhova V. S., Burlayenko V. Z. Vliyaniye koagulyantov i omagnichennoy vody dlya rassoleniya burovykh shlamov [Influence of coagulants and magnetized water for desalinization of drill cuttings] // Natural and technical sciences 2022. No. 6 (169). Pp. 72–77. (In Russian.)
3. Gaevaya E. V., Tarasova S. S., Skipin L. N., Zimmukhova A. E. Ekologicheskoye obosnovaniye ispol'zovaniya tekhnogennykh gruntov na osnove burovykh shlamov dlya rekul'tivatsii narushennykh zemel' [Ecological substantiation of the use of technogenic soils based on drill cuttings for the reclamation of disturbed lands] // Environmental protection in oil and gas complex. 2022. No. 2 (305). Pp. 23–30. DOI: 10.33285/2411-7013-2022-2(305)-23-30. (In Russian.)
4. Dobrotvorskaya N. I., Semendyyayeva N. V. Innovatsionnyye podkhody k ispol'zovaniyu solontsovykh agrolandshaftov Barabinskoy ravniny [Innovative approaches to the use of solonetz agrolandscapes of the Baraba Plain] // Siberian Herald of Agricultural Science. 2018. Vol. 48. No. 1. Pp. 10–19. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-1-2. (In Russian.)
5. Semendyyayeva N. V. Monitoring natriya v khimicheski meliorirovannykh solontsovykh agrolandshaftakh Baraby [Monitoring of sodium in chemically reclaimed solonetz agrolandscapes of Baraba] // Nauchnyye innovatsii – agrarnomu proizvodstvu: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letnemu yubileyu Omskogo GAU. Omsk, 2018. Pp. 387–390. (In Russian.)
6. Semendyyayeva N. V. Osobennosti formirovaniya profilya solontsov yuga Zapadnoy Sibiri [Peculiarities of Solonetz Profile Formation in the South of Western Siberia] // Rol' agrarnoy nauki v ustoychivom razvitii sel'skikh territoriy: sbornik III Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchnoy konferentsii. Novosibirsk, 2018. Pp. 178–183. (In Russian.)
7. Semendyyayeva N. V., Lomova T. G. Itogi issledovaniy po izucheniyu genezisa, svoystv i melioratsii solontsov yuga Zapadnoy Sibiri [Results of studies on the study of the genesis, properties and reclamation of solonetz in the south of Western Siberia] // Plodorodiye pochv i otsenka produktivnosti zemledeliya: materialy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. Tyumen, 2018. Pp. 394–405. (In Russian.)
8. Dobrotvorskaya N. I., Semendyyayeva N. V., Morozova A. A. Elementnyy sostav pochv zasolennykh agrolandshaftov prichanovskoy depressii i ikh sanitarno-gigiyenicheskaya otsenka [Elemental Composition of Soils in Salt Agrolandscapes of the Prichanovskaya Depression and Their Sanitary and Hygienic Assessment] // Siberian Herald of Agricultural Science. 2019. Vol. 49. No. 2. Pp. 5–15. (In Russian.)
9. Semendyyayeva N. V., Dobrotvorskaya N. I., Elizarov N. V. Vtorichnoye zasoleniye khimicheski meliorirovannykh solontsov i ego posledstviya [Secondary salinization of chemically reclaimed solonetz and its consequences] // Eurasian Soil Science. 2019. No. 11. Pp. 1373–1382. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-1. (In Russian.)
10. Popov V. V., Semendyyayeva N. V. Sostav pochvennykh rastvorov zasolennykh agrolandshaftov tsentral'noy lesostepi Ishimskoy ravniny [Composition of soil solutions in 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.)
11. Semendyyayeva N. V., Dobrotvorskaya N. I., Elizarov N. V. Secondary salinization of reclaimed solonetz and its aftereffect // Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52. No. 11. Pp. 1429–1438. DOI: 10.1134/S1064229319110097.
12. Elizarov N. V., Lomova T. G., Ustinov M. T., Popov V. V. Deystviye agrobiologicheskoy melioratsii na solevoy profil' solontsov Vostochnoy Baraby [The effect of agrobiological melioration on the salt profile of solonetz in Eastern Baraba] // Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet). 2019. No. 1 (50). Pp. 18–25. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-50-1-18-25. (In Russian.)

13. Elizarov N. V., Popov V. V., Semendyaeva N. V. Sovremennyy gidromorfizm solontsov lesostepnoy zony Zapadnoy Sibiri [Modern hydromorphism of solonchets in the forest-steppe zone of Western Siberia] // Eurasian Soil Science. 2020. No. 12. Pp. 1451–1459. DOI: 10.31857/S0032180X20120059. (In Russian.)
14. 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.
15. Morozova A. A., Semendyaeva N. V. Elementnyy sostav pochv zasolennykh agrolandschaftov Severo-Vostochnoy chasti Barabinskoy ravniny [Elemental Composition of Soils in Salt Agrolandscapes in the North-Eastern Part of the Baraba Plain] // Pochvy – strategicheskiy resurs Rossii. Tezisy dokladov VIII s'yezda Obshchestva pochvedovedov im. V. V. Dokuchayeva i Shkoly molodykh uchenykh po morfologii i klassifikatsii pochv. Moscow – Syktyvkar, 2021. Pp. 98–99. (In Russian.)
16. Korobova L. N., Riksen V. S., Lomova T. G. Biodiversity of shallow solonchets bacterias, occupied longly with crop rotation with *Bromus Inermis* (Poaceae) // Journal of Agriculture and Environment. 2022. No. 2 (22). Pp. 1–5. DOI: 10.23649/jae.2022.2.22.12.
17. Makarychev S. V. Solontsy zasushlivoy stepi, ikh svoystva i vozmozhnost' melioratsii [Salt licks of the arid steppe, their properties and the possibility of melioration] // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2019. No. 5 (175). Pp. 64–70. (In Russian.)

**Authors' information:**

Leonid N. Skipin<sup>1</sup>, 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](mailto:skipinln@tyuiu.ru)

Elena V. Gaevaya<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, associate professor, professor of the department of technosphere safety, ORCID 0000-0002-0631-9149, AuthorID 816670; +7 922 269-17-81, [gaevajaev@tyuiu.ru](mailto:gaevajaev@tyuiu.ru)

Svetlana S. Tarasova<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, assistant of the department of technosphere safety, ORCID 0000-0002-5684-2819, AuthorID 933439; +7 982 935-08-91, [tarasovass@tyuiu.ru](mailto:tarasovass@tyuiu.ru)

<sup>1</sup>Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia