

УДК 631-445-52+631-6

## ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ ОСУШЕННОГО ДНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ

© 2006 г. Л.А. Димеева, В.Н. Пермитина

*Институт ботаники и фитоинтродукции Министерства образования и науки Казахстана  
050040 Алматы, ул. Тимирязева, 36-д Казахстан*

### ОПЫТ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ ОСУШЕННОГО ДНА АРАЛА В КАЗАХСТАНЕ

Задача фитомелиорации осушенного дна Аральского побережья встала перед учеными и лесоустроителями уже на начальных этапах отступления Аральского моря. В середине 80-х годов были разработаны рекомендации, предложены основные методы фитомелиорации и ассортимент фитомелиорантов (Курочкина и др., 1983; Курочкина, Макулбекова, 1984; Димеева, 1990). Первые результаты были получены на слабозасоленных песках юго-восточного побережья (Босай). Из испытанных 19 видов растений, хорошая приживаемость была отмечена у саксаула черного и белого, гребенщика щетинистоволового и Гогенаккера, периодический полив слабо минерализованными водами оказывал благотворное влияние на приживаемость посадочного материала. Исследователи, проводившие первые испытания, считали, что целесообразно осваивать только песчаные и супесчаные равнины, а засоленные глинистые и суглинистые почвы, солончаки непригодны для фитомелиорации и требуют мероприятий по коренной мелиорации.

Масштабы осушения и обнажение огромных площадей разной литологии, вынос соли, песка и пыли потребовали проведения фитомелиоративных мероприятий на всех типах почвогрунтов, включая солончаки и приморские почвы тяжелого механического состава.

В 1989-1992 гг. разработку технологий лесомелиоративного освоения осушенного дна проводили сотрудники Казахского НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации под руководством В.С.Каверина на восточном побережье (Каскакулан). По результатам исследований были выделены 4 категории лесорастительных условий (Каверин, Салимов, 2000; Каверин и др., 2005; Meirman et al., 2001 b):

1. Хорошие лесорастительные условия - равнины с песчаными и супесчаными отложениями. Максимальное засоление от 0.760 до 1.050% по плотному остатку,  $Cl^-$  - 0.064-0.33%,  $SO_4^{++}$  - 0.269-0.66%. Грунтовые воды на глубине 1.5-2 м с минерализацией до 45 г/л. На таких грунтах успешно растут саксаул и гребенщик.
2. Удовлетворительные лесорастительные условия - приморские супесчаные и суглинистые почвы равнин с навейным песчаным чехлом. Максимальное засоление от 1.52 до 3.5% по плотному остатку,  $Cl^-$  - 0.43-1.1%,  $SO_4^{++}$  0.6-1.3%. Грунтовые воды на глубине 1.8-3.2 м, минерализация до 65 г/л.
3. Условно лесопригодные почвы - равнины с отложениями тяжелой литологии (суглинки и глины). Максимальное засоление 2.1-7.517% по плотному остатку,  $Cl^-$  - 0.67-2.100,  $SO_4^{++}$  - 0.7-3.0%. Уровень грунтовых вод 1.8-2.3 м, минерализация 50-65 г/л.
4. Песчаные грунты (движущиеся барханы). Максимальное засоление 1.517%,  $Cl^-$  - 0.50%,  $SO_4^{++}$  - 0.52%. Нуждаются в мероприятиях по фиксации подвижного грунта механическими средствами.

Лесонасаждения создавали посадкой саженцев и посевом семян. Испытывалось более 10 видов растений. Наиболее перспективными видами оказались саксаул черный, сарсазан и гребенщик. Наилучшие показатели приживаемости были на песчаных и супесчаных почвах, немного ниже - на приморских почвах с навейным песчаным чехлом. Обнадеживающими оказались результаты лесомелиорации почв тяжелой литологии, где приживаемость варьировала в широких пределах: от 0

до 64% - у саксаула, 0-75.6% - у сарсазана, 0-27.3% - у гребенщика. Приживаемость изменялась в зависимости от сезона посадки (весной она выше на 46-49% у саксаула и сарсазана) и экологических условий конкретных участков (Каверин и др., 2005).

Опыты по фитомелиорации были продолжены по проекту UNESCO в 1997 г. (Димеева и др., 2000; Geldyeva et al., 2001; Meirman et al., 2001a). Эксперименты по осеннему посеву галофитов проводились на солончаках корковых и пухлых. Были испытаны 17 видов растений. Наиболее перспективными оказались виды, произрастающие в естественных условиях на территориях, примыкающих к экспериментальным участкам. На солончаках тяжелой литологии с засолением поверхностного горизонта до 24.5% и от 3.11 до 1.91% в нижележащих корнеобитаемых горизонтах к осени сохранились и достигли генеративной стадии 4 вида однолетних солянок: *Climacoptera aralensis*, *Halogeton glomeratus*, *Atriplex pratovii*, *Suaeda acuminata*. На солончаках легкого механического состава и высоким засолением поверхностных (2.63-2.92%) и нижележащих корнеобитаемых горизонтов (1.46-0.56%) к осени сохранилось 6 видов: *Haloxylon aphyllum*, *Salsola nitraria*, *S. australis*, *Petrosimonia brachiata*, *Climacoptera aralensis*, *C. lanata*.

Эксперименты по разработке новых методов на засоленных почвах тяжелой литологии проводились в 1998-2000 гг. по проекту ВМБФ на профиле Баян в 10 км на юго-запад от устья Сырдарьи сотрудниками Приаральского Института агроэкологии (Meirman et al., 2001b). Была испытана новая технология посадки и сохранения влаги атмосферных осадков (Yair, 2001). Для этого выкапывались ямы глубиной 0.8-1.0 м с покатыми склонами (10°) в сторону ямы длиной 1.0-1.5 м. На дно ямы насыпался 20 см слой песка. Размер ямы занимал площадь 0.5 x 0.5 кв.м. Также была испытана посадка саженцев в глубокие траншеи со слоем песка на дне. Для посадки использовали саженцы саксаула черного и гребенщика рыхлого. Способ посадки в ямы оказался удачным для гребенщика, а саксаул лучше сохранился в траншеях. Приживаемость для обоих видов составила в среднем 20%. Продолжение исследований по экспериментальной фитомелиорации осуществлялось в 2002-2004 гг. в рамках проекта ВМБФ-GTZ/CCD «Борьба с опустыниванием и санация солончаковых пустынь в регионе Аральского моря». В проекте приняли участие представители из Германии (Университет г.Билефельда) и Казахстана: Институт ботаники и фитоинтродукции (Алматы), Приаральский Институт агроэкологии и с/х (Кызылорда), НПЦ лесного хозяйства (Кокшетау), Предприятие ОГКП «Сыр-Табигаты» (Кызылорда). В течение двух сезонов (ноябрь 2002 г. – март 2004 г.) была проведена посадка и посев солеустойчивых видов из местной флоры - саксаула, гребенщика и сарсазана. Экспериментальные участки выбирали на почвогрунтах разного механического состава и засоления на восточном побережье Аральского моря в урочище Кожжетпес в пределах осушенной полосы 1970-х годов. Посадку осуществляли с использованием лесопосадочной машины СЛУ-1М линейно-прямоугольным методом (252.5 га) и ручным способом (9.5 га) на глубину 20-25 см. Во время мониторинга лесопосадок проводили описание растительного и почвенного покрова, учет приживаемости саженцев. По результатам исследований опубликован ряд статей и рекомендации (Джамантиков и др., 2003; Огарь и др., 2004 а; б). Целью данной публикации является оценка роли почвенно-грунтовых условий на приживаемость растений и успех фитомелиорации солончаковых пустынь.

#### ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСНОВНЫХ ФИТОМЕЛИОРАНТОВ

Перед началом экспериментальных работ были проанализированы литературные источники о эколого-биологических особенностях видов-фитомелиорантов (Никитин, 1966; Шамсутдинов, 1975; Шацкая, 1968; Момотов, 1977; Саидов, 1983). Основной упор был сделан на работы, выполненные на осушенном дне Аральского моря (Вухрер, 1990; Вухрер, Курочкина, 1990).

**Саксаул черный** (*Haloxylon aphyllum*) - засухо- и солеустойчивое пустынное дерево высотой до 7 м. Относится к соленакапливающим галофитам (эугалофитам). Высота растения меняется в зависимости от условий произрастания. При глубоком залегании грунтовых вод образует форму кустарника высотой 1.5-3 м, на почвах с близкими грунтовыми водами имеет древовидную форму. Произрастает на разных типах почв от такырных до песчаных, но лучшее развитие получает на

супесчаных и суглинистых разновидностях почв с относительно близкими грунтовыми водами (от 4 до 10 м). Цветет в апреле-мае. Опыление происходит с помощью ветра.

Семена созревают в октябре-ноябре. Лабораторная всхожесть свежесобранных семян очень высокая - 92-94%. Грунтовая всхожесть низкая, от 5 до 12%, но при правильной агротехнике она возрастает до 28%. Теряет всхожесть в течение полугода. Наиболее перспективен подзимний посев. Это обеспечивает естественную стратификацию семян. Семена сохраняют высокую всхожесть в 1-2% растворе NaCl. В первый год вегетации сеянец достигает высоты 30-35 (50) см. Корень углубляется на 120-150 см, в горизонтальном направлении - на 80-100 см. На щебнистой и гипсированной почве корни растут медленнее.

На осушенной полосе Арала может произрастать в широких по экологической амплитуде условиях - при уровне грунтовых вод от 1 до 3 м и ниже на почвах разной литологии: песках, супесях, суглинках, глинах и засолении поверхностных горизонтов от 0.2 и свыше 7%. Доминирует при засолении горизонта 0-10 см от 0.2 до 4% и уровне грунтовых вод 1-2 м на суглинках и глинах и 1-1.5 м - на песках и супесях.

Тамарикс, гребенщик (*Tamarix elongata*, *T. ramosissima*, *T. laxa*, *T. hispida*) солеустойчивый, засухоустойчивый и светолюбивый кустарник высотой 1.5-2.5 м. Относится к солевыделяющим галофитам (криногалофитам), у которых избыток соли выделяется через солевыводящие железки. Опыление происходит с помощью насекомых, реже ветром. Взрослые растения могут выносить засоление до 40% и сильную минерализацию грунтовых вод. Всходы и молодые особи выдерживают не более 0.5% солей в корнеобитаемых горизонтах почвы. Корневая система может достигать в глубину 7-8 м. От главного корня на глубине 15-50 см отрастают боковые. Корневые системы тесно связаны с грунтовыми водами. По мере снижения грунтовых вод корни могут углубляться вслед за ними. При засыпании кустарников песком образуются придаточные корни, отходящие от стебля и заменяющие собой корневую систему. Цветут тамариксы с весны по осень. После опыления образуются коробочки с мелкими семенами (вес 1000 семян менее 1 г). На влажной почве семена прорастают в течение 2-3 дней. Семена сохраняют всхожесть в течение нескольких месяцев. В природе тамарикс размножается семенами, в также при помощи пневой, корневой поросли, укоренения ветвей, в искусственных условиях - с помощью черенков. Предпочитает близкие (1.5-3.5 м) грунтовые воды.

На осушенной полосе Арала виды гребенщика могут произрастать в широких по экологической амплитуде пределах, но условия доминирования разных видов отличаются. Так, гребенщик щетинистоволосый доминирует при засолении от 0.2 до 4% и уровне грунтовых вод 0.5-1.5 м на глинах и суглинках и не ниже 1 м на супесях и песках. Гребенщик рыхлый предпочитает почвы легкого мехсостава. Оптимальное доминирование при уровне грунтовых вод до 1 м, на песках и супесях при засолении 0.2-4%, на суглинках - не более 1 %.

Сарсазан (*Halocnemum strobilaceum*) - солеустойчивый полукустарничек высотой от 30-40 до 50-70 см. Относится к эугалофитам. Образует куртины более 1 м в диаметре. Семена образуются в результате самоопыления или с помощью ветра. Размножается семенами и вегетативно. Семенное возобновление происходит на влажных и мокрых солончаках с капиллярной каймой у поверхности почвы. Всхожесть семян составляет 80-90%. В первый год проростки развивают главный корень на глубину 30 см с боковыми разветвлениями 10-12 см длины и стебель 5-10 см высоты. У взрослых особей корень достигает глубины 0.5 м, а боковые и придаточные корни при длине 1.5-3 м развивают вертикальные тяжи до 2-1.5 м и разветвляются в зоне капиллярной каймы. Цветение происходит на 2-3-й год жизни. В возрасте 8-12-ти лет особи семенного происхождения отмирают. При понижении уровня грунтовых вод ниже 3 м растение перестает плодоносить, а ниже 4-5 м - отмирает. Сарсазан выдерживает засоление почвы выше 50% и минерализацию грунтовой воды свыше 100 г/л. Размножается сеянцами и укорененными черенками.

На осушенной полосе Арала может произрастать при уровне грунтовых вод от 0.5 до 3 м и ниже, засолении от 0.2 до 7% и выше на почвогрунтах разного мехсостава: песках, супесях,

суглинках и глинах. Доминирует при засолении поверхностных горизонтов от 1 до 7% и уровне грунтовых вод 0.5-1.5 м на суглинках и глинах и 0.5-1 м - на песках и супесях.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ НА ПОЧВАХ РАЗНОЙ ЛИТОЛОГИИ

### Приморские солончаковые почвы тяжелого гранулометрического состава

*Участок 1.* Вариант 1 - посадка саженцев саксаула по песконакопительным бороздам ручным способом (март 2004 г.)

Участки 1а и 1б находятся на расстоянии 300 м друг от друга.

Рельеф участка - слабонаклонная приморская равнина.

Растительность представлена группировками и разреженными сообществами сведы, климакоптеры с единичной лебедой (*Suaeda acuminata*, *Climacoptera aralensis*, *Atriplex pratovii*), проективное покрытие от 10-15 до 25-30%.

Почвы изучали по почвенным разрезам, которые закладывали на глубину корнеобитаемых горизонтов.

Разрез 1. Поверхность неровная с признаками вспучивания, трещиноватая, с битыми и целыми ракушками. Вскипание от НС1 с поверхности. В профиле не наблюдается выделения видимых легкорастворимых солей.

0-13 см Палево-серый, светлый, сухой, рыхлый, непрочнокомковатый, супесчаный, с ржавыми пятнами, обилием целых и битых ракушек, корнями растений.

13-22 см Палево-серый, светлый, влажный, уплотнен, глинистый, мелкозернистой структуры, с редкими мелкими ржавыми пятнами, битыми ракушками, корнями растений.

22-90 см Палево-бурый, влажный, плотный, глинистый, комковатый, с ржавыми пятнами и примазками, корнями растений, неперегнившими корневыми остатками.

Содержание гумуса в верхнем горизонте незначительное, составляет 0.7%. С глубиной постепенно снижается до 0.62%. Распределение общего азота по профилю имеет такую же тенденцию снижения с увеличением глубины. Поверхностный горизонт содержит 0.052% азота, в нижележащих горизонтах это значение изменяется до 0.045%. Равномерное распределение гумуса и валового азота по профилю почв с постепенным снижением связано с характером распределения и глубиной проникновения корневой системы растений. Отношение C:N - узкое (6.7-6.9), что характерно для пустынного типа почвообразования, где преобладают процессы минерализации органического вещества. Значение CO<sub>2</sub> карбонатов изменяется от 3.38 до 6.76% с максимумом в нижней части профиля. Реакция почвенного раствора щелочная по всему профилю, pH изменяется в пределах 8.0 - 8.2. Сумма поглощенных оснований невелика. В соответствии с содержанием гумуса сумма поглощенных оснований имеет максимальное значение в поверхностном горизонте - 19.43 мг-экв / 100 г почвы и снижается с глубиной до 14.92 мг-экв. В составе поглощенных оснований преобладает катион кальция, на долю обменного натрия приходится немногим более 2%. Почвы не солонцеваты.

По данным анализа водной вытяжки почвы имеют смешанный тип химизма по профилю. Поверхностный горизонт имеет хлоридно-сульфатный тип засоления при сумме солей 1.137%, который в средней части профиля изменяется на сульфатно-хлоридный тип, в нижней части - хлоридный тип, что объясняется процессами рассоления профиля и миграцией хлоридов с фильтрационными водами. Сумма солей составляет 2.76%.

По гранулометрическому составу почвы супесчаные с поверхности. В центральной и нижней части профиля наблюдается значительное увеличение содержания глинистых фракций до 75.6%.

Разрез №1а заложен на дне песконакопительной борозды (участок 1а). Глубина борозды 20-22 см. Песок в борозде почти не наблюдается. Поверхностная корочка выражена слабо. Вскипание от НС1 с поверхности.

Анализ водной вытяжки показал, что поверхностный горизонт содержит 14.208% легкорастворимых солей, горизонт, расположенный под ним - 4.541% солей. Тип засоления —

хлоридный. По гранулометрическому составу почвы представлены глиной с преобладанием пылевато-иловатых фракций.

Разрез №16 заложен на дне песконакопительной борозды (участок 1б). Песок в борозде наблюдается местами слоем от 0.5 до 2 см. Вскипание от НС1 с поверхности.

Анализ водной вытяжки показал, что поверхностный корковый слой содержит 5.482% легкорастворимых солей. Тип засоления - хлоридный. С глубиной количество солей снижается до 1.105%. Тип засоления - хлоридно-сульфатный. По гранулометрическому составу почвы легкосуглинистые с поверхности. На глубине 25 см - среднесуглинистые.

Приживаемость саженцев саксаула на участке 1а составила 7.6%, на участке 1б - 24.4%.

*Вариант 2- посадка саженцев саксаула по лункам с насыпным слоем песка ручным способом (март 2004 г.)*

Приживаемость саженцев саксаула составила 91.6%.

#### **Приморские солончаково-солонцеватые суглинистые почвы**

*Участок 2 - посадка саженцев саксаула и тамарикса механизированным способом с одновременным посевом семян саксаула (ноябрь 2002 г.). Рельеф - слабонаклонная приморская равнина.*

Растительность представлена сведово-климакоптеровыми и однолетнесолянковыми сообществами с проективным покрытием от 15-20 до 45-50% (*Suaeda acuminata, Climacoptera aralensis, Salsola nitraria*).

Разрез 2 Поверхность мелкобугристая, осложнена слабо выраженными полигональными трещинами. Вскипание от НС1 с поверхности.

0-0.5 см Грязновато-серая, сухая, пористая, хрупкая, слоеватая, супесчаная корочка с битыми ракушками.

0.5-11 см Грязновато-серый, темный, сухой, рыхлый, непрочнокомковатый, супесчаный с обилием мелких, битых ракушек.

11-35 см Палево-бурый, светлый с чередованием темно-серых и светло-серых слоев, свежий, плотный, комковато-призматический, суглинистый, с ржавыми пятнами и потеками, редкими корнями растений.

35-65 см Палево-бурый, темный, влажный, плотный, суглинистый, комковато-призматический, ореховато-комковатый, с мелкими ржавыми пятнами и вкраплениями. неперегнившими корневыми остатками.

Содержание гумуса в поверхностном корковом горизонте составляет 0.7%. В подкорковом горизонте это значение снижается до 0.62%, затем резко падает до 0.21%. Соответственно этому наблюдается распределение по профилю содержания общего азота с максимумом в верхних горизонтах (0.052 - 0.045%) и резким падением с глубиной (0.017%). Отношение C:N - узкое в результате интенсивного разложения органического вещества, равное 6.7-7.4. По содержанию карбонатов в профиле почв наблюдается максимальное значение CO<sub>2</sub> в нижней части профиля (5.41%) при общих значениях 3.38-2.87%. Описываемые почвы характеризуются щелочной реакцией почвенного раствора, рН водной суспензии составляет 8.1-8.0. Емкость поглощения (по сумме оснований) обнаруживает максимальные значения (16.52 мг-экв на 100 г почвы) в поверхностном горизонте в соответствии с распределением гумуса по профилю почв. С глубиной это значение резко снижается до 7.18-14 мг-экв/ 100 г почвы. В иллювиально-карбонатном горизонте емкость поглощения возрастает до 18.66 мг-экв на 100 г почвы, что свидетельствует о повышенной дисперсности этого горизонта, накоплении ила и слабой солонцеватости. В составе поглощенных оснований преобладает кальций. Содержание обменного натрия обнаруживает максимальное значение в иллювиальном горизонте (9.8% от суммы), почвы слабосолонцеватые.

Анализ водной вытяжки показал смешанный тип засоления по профилю. Верхние горизонты имеют хлоридно-сульфатный тип засоления при сумме солей в верхнем корковом горизонте - 1.867%. Подкорковый горизонт имеет сумму солей - 0.332%. С глубиной тип засоления изменяется

на сульфатно-хлоридный при сумме солей 0.994%, ниже - хлоридный тип засоления при сумме солей 1.589%.

По гранулометрическому составу почвы супесчаные с поверхности. С глубиной наблюдается изменение гранулометрического состава до легкого суглинка и в нижней части профиля - суглинок тяжелый.

Обследование участка показало, что большая часть саженцев тамарикса погибла - **корни** саженцев были объедены зайцами. Приживаемость саксаула составила 12-14%. Сеянцы **саксаула** появились в умеренном количестве. На второй год вегетации сохранилось около 10% саженцев, а численность семенного саксаула составила 50 экз./га.

### **Приморские солончаковые с навейным песчаным чехлом почвы**

*Участок 3. Вариант 1 - посадка саженцев саксаула механизированным способом с одновременным посевом семян (ноябрь 2002 г.)*

Рельеф - слабонаклонная приморская равнина.

Растительность представлена лебедовыми, эфемеровыми с единичными солянками (*Senecio poeanus*, *Strigosella circinata*, *Atriplex pratovii*) и натронносолянковыми (*Salsola nitraria*) сообществами с проективным покрытием 15-20%.

Разрез 3. Поверхность участка слабоволнистая, покрыта хрупкой, тонкой корочкой с мелкими битыми и целыми ракушками. Вскипание от НС1 с поверхности.

0-0.5 см Белесовато-серая, сухая, хрупкая, песчаная корочка с обилием мелких битых и целых ракушек, тонкими корнями растений.

0.5-8 см Белесовато-серый, светлый, сухой, рыхлый, сыпучий, песчаный, бесструктурный, с обилием обломков ракушек, корнями растений.

8-23 см Белесовато-серый, влажный, уплотнен, непрочнокомковатый. супесчаный с ржавыми пятнами в виде прожилок и примазок, редкими корнями.

23-80 см Палево-серый, влажный, плотный, комковато-пластинчатой структуры, глинистый, с обилием ржавых пятен в виде прожилок.

Описываемые почвы содержат максимальное количество гумуса в поверхностном корковом горизонте в количестве 0.62%, которое резко убывает с глубиной до 0.25%. Распределение общего азота по профилю почв имеет такой же характер с максимумом в поверхностном слое (0.045%) с резким убыванием с глубиной до 0.017%. Отношение C:N узкое (6.9-7.4). Почвы карбонатные, значения  $CO_2$  карбонатов имеют тенденцию увеличения с глубиной от 3 до 6%. Реакция почвенного раствора щелочная, незначительно усиливающаяся с глубиной от 8 до 8.2. Емкость поглощения приморских почв (по сумме оснований) коррелирует с гранулометрическим составом горизонтов. Наибольшее значение емкости поглощения обнаруживается в суглинистом карбонатно-иллювиальном горизонте (26.48 мг-экв на 100 г почвы), наименьшее - в песчаном (6.3 мг-экв на 100 г почвы). Поглощающий комплекс насыщен в основном кальцием, в нижней части профиля наблюдается увеличение доли поглощенного магния. Содержание обменного натрия не превышает 2% от суммы поглощенных оснований. Почвы не солонцеваты.

Анализ водной вытяжки показал, что процентное содержание солей, которое имеет наименьшее значение в песчаном горизонте (0.176%), увеличивается в супесчаных (0.931-0.592%) и суглинистых (2.125%). Тип засоления хлоридно-сульфатный по всему профилю.

По гранулометрическому составу почвы слоистые с чередованием супесчаных, песчаных и среднесуглинистых горизонтов. В карбонатно-иллювиальном горизонте наблюдается увеличение пылевато-иловатых фракций (38%).

Приживаемость саженцев саксаула в конце первого вегетационного периода составила 37.4%. Через два года после посадки выживаемость саженцев была в среднем 26%. Сохранность сеянцев саксаула составила в среднем около 300 экз./га.

*Участок 3. Вариант 2 - посадка саженцев сарсазана механизированным способом с одновременным посевом семян саксаула (ноябрь 2002 г.)*

Приживаемость сарсазана в конце первого вегетационного периода составила 14.2%. На второй вегетационный сезон сохранилось в среднем 83 экземпляра сарсазана и 273 семенных саксаула на площади 1 га. Выживаемость саженцев сарсазана через два года после посадки составила в среднем 6% по сравнению с первоначальным числом.

### Приморские песчаные почвы

*Участок 4 - посадка саженцев саксаула в межбарханных понижениях механизированным способом (март 2004 г.).*

Рельеф - слабонаклонная приморская равнина, осложненная мелкобугристыми песками с выраженными межбугровыми понижениями.

Растительность - разреженные группировки лебеды с единичным жузгуном (*Atriplex pratovii*, *Calligonum spp.*) с проективным покрытием 3-5%; лебедовые сообщества (*Atriplex pratovii*) проективное покрытие 25-40%.

Разрез 4 заложен на участке в межбарханном понижении. Вскипание от НСИ с поверхности.

0-0.5 см Белесовато-серая, сухая, супесчаная, уплотненная, корочка с битыми ракушками.

0.5-26 см Палево-серый, влажный, рыхлый, сыпучий, песчаный, бесструктурный с редким битыми ракушками.

26-60 см Палево-серый с тонкими прослойками ржавого и серого цвета, влажный, рыхлый, сыпучий, бесструктурный с мелкими обломками ракушек.

60-70 см Палево-серый, темный, сырой, рыхлый, песчаный, бесструктурный с плотными глинистыми включениями сизовато-серого и ржаво-бурого цвета комковато-призматической структуры, с обилием мелких битых и целых ракушек.

Примитивные приморские песчаные почвы бедны гумусом, содержание которого в поверхностном горизонте составляет 0.33% и постепенно убывает с глубиной до 0.16%. Незначительное количество общего азота имеет такую же тенденцию снижения с глубиной от 0.024% в верхнем слое до 0.011% в нижележащих горизонтах. Отношение C:N узкое с поверхности - 6.9 с увеличением до 9.5 по профилю, что объясняется малым количеством поступающих органических остатков и малой обеспеченностью гумуса азотом. Почвы карбонатные, но содержание CO<sub>2</sub> карбонатов невысокое. По профилю почв наблюдается постепенное увеличение их от 1.52% в поверхностном горизонте до 4.9% на глубине 70 см. Реакция почвенного раствора щелочная, рН изменяется от 8 до 8.2. Емкость поглощения описываемых почв (по сумме оснований) очень низкая, колеблется в пределах от 3 до 6 мг-экв. на 100 г почвы. Поглощающий комплекс насыщен в основном кальцием, на долю которого приходится 74-89% от суммы поглощенных оснований.

Анализ водной вытяжки показал, что в верхнем горизонте сумма солей составляет 0.362%, увеличивается с глубиной до 0.579%. Тип засоления сульфатно-хлоридный по всему профилю.

По гранулометрическому составу почвы песчаные. Только поверхностная корочка супесчаная. Преобладающей является фракция мелкого песка - 69.63%.

Приживаемость саженцев варьировала от 76 до 98% (в среднем 87%), что было обусловлено разной мощностью навейного слоя песка, там, где он составлял более 1 см, приживаемость выше.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Общая характеристика почв. Почвы осушенного дна восточного побережья Аральского моря в пределах 43-48 м абс.выс. отличаются молодостью происхождения. В зависимости от времени выхода на дневную поверхность и понижения уровня грунтовых вод в почвах побережья наблюдаются процессы миграции солей и солонцеобразование. На поверхности почв выделяется супесчаная солевая корочка, под которой наблюдается слабо прокрашенный гумусовый горизонт (А+В) непрочнокомковатой структуры мощностью от 10 до 35 см. Глубже следует переходный горизонт ВС, в котором выражено уплотнение и солонцеватая структура. В песчаных и супесчаных разновидностях приморских почв солонцеватость морфологически не выражена. В

профиле почв повсеместно присутствуют ржавые пятна, как показатель смены анаэробных и аэробных условий почвообразования. Нередко наблюдается слоистость отложений разных периодов и погребенные неперегнившие растительные остатки.

Приморские почвы отличаются низким содержанием гумуса и азота, высоким уровнем засоления, щелочной реакцией среды и различным гранулометрическим составом.

**Суммарный эффект влияния токсичных солей.** В засоленных почвах побережья присутствует значительное количество солей. Однако в зависимости от состава солей почвы могут обладать разной степенью засоленности, что обусловлено неравноценной токсичностью для растений различных легкорастворимых солей.

Отрицательное воздействие на рост и развитие растений на засоленных почвах оказывает не только количественное содержание легкорастворимых солей, но и их качественный состав, т.е. соотношение в почве различных ионов. Вредное влияние на растения оказывают не все, а лишь токсичные соли, к которым относятся  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ . Поэтому оценивать степень засоленности почв целесообразнее по наличию в почве токсичных ионов и солей. Определение степени засоления почв на основе "суммарного эффекта" влияния токсичных ионов (Витязев, 1973) основано на расчете содержания токсичных ионов в почве по данным анализа водных вытяжек и не требует дифференциации почв по химизму засоления. Для расчета токсичных ионов и солей используются концентрации ионов, выраженные в мг-экв на 100 г почвы. Кроме того, для оценки степени засоления почв определяется процентное содержание токсичных солей. Ионы  $\text{CO}_3$  связаны только с токсичными солями ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$ ), поэтому они все относятся к токсичным ионам. Ионы  $\text{HCO}_3$  могут быть обусловлены присутствием токсичных солей  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  и нетоксичной солью  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ . В первую очередь определяют содержание  $\text{HCO}_3$ -ионов связанных с кальцием, поскольку бикарбонаты кальция наименее растворимы. Оставшееся количество ионов  $\text{HCO}_3$  относится к токсичным. В случае, когда ионов Ca в водной вытяжке больше чем  $\text{HCO}_3$ , все ионы  $\text{HCO}_3$  относят к нетоксичным. Ионы  $\text{SO}_4$  могут быть обусловлены присутствием в почве токсичных ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ) солей и нетоксичной ( $\text{CaSO}_4$ ) соли. Ионы Cl относятся к токсичным, поскольку все соли, содержащие их, являются токсичными.

На приморских солончаковых почвах (участок 1) соли в значительных количествах содержатся по всему профилю, солевой максимум с преобладанием хлоридов находится внизу, что характерно для процессов рассоления. Суммарный эффект токсичных ионов в верхнем горизонте составляет 6.192 мг-экв / 100 г почвы (табл.).

Содержание токсичных солей - 0.52% от общего количества. Горизонт сильно засолен. С глубиной наблюдается увеличение степени засоления. Суммарный эффект токсичных ионов изменяется от 28.902 до 35.512 мг-экв на 100 г почвы. Содержание токсичных солей достигает 2.5%. По степени засоления почвы относятся к очень сильно засоленным. Создание песконакопительных борозд не привело к улучшению почвенно-грунтовых условий. Песка почти не накопилось. Обнажение нижележащих засоленных глинистых горизонтов привело к образованию солончаков токсичного хлоридного засоления (разрезы 1, 1а). Низкая приживаемость саженцев саксаула на участке 1а (7.6%) связана с сильной степенью засоления при очень высоком суммарном эффекте токсичных ионов в поверхностном корковом горизонте (201.48 мг-экв / 100 г почвы), что составляет 13.7% токсичных солей. Подкорковый горизонт, в котором распространена корневая система саженцев, при очень сильном засолении имеет 3.9% токсичных солей. Гранулометрический состав глинистый. Хорошее состояние посадок саксаула на участке 1б (24.4%) связано с относительно пониженным содержанием токсичных солей - 0.83% в подкорковом горизонте при очень сильном засолении (суммарный эффект токсичных ионов - 8.628 мг-экв на 100 г почвы). Поверхностный слой имеет 4.9% токсичных солей при суммарном эффекте - 68.62 мг-экв на 100 г почвы. Гранулометрический состав суглинистый.



Замена тяжелого засоленного фунта песком является наиболее перспективной формой мелиорации солончаковых почв. Внесение песка значительно улучшает физико-химические свойства засоленных почв и повышает приживаемость саженцев саксаула (до 91.6%).

На приморских солопочково-солонцеватых почвах (участок 2) была отмечена низкая приживаемость саженцев саксаула (12-14%). Это связано с очень сильным засолением корнеобитаемого слоя. Суммарный эффект токсичных ионов имеет высокие значения в

**Таблица.** Физико-химические свойства засоленных почв экспериментальных участков. **Table.** Physical-chemical characteristics of saline soils in experimental plots.

№ участка	Глубина, см	Суммарный эффект токсичных ионов, мг-экв / 100 г	% токсичных солей	Степень засоления	СП $so_4^{++}$	Тип засоления	Название по мех. составу
1.	0-13	6.192	0.52	сильно засолен	0.52	х-с	супесь
	13-22	29.9	2.43	очень сильно	1.55	с-х	глина
	22-90	35.5	2.56	очень сильно	3.18	Х	глина
1а.	0-0.5	201.48	13.7	очень сильно	5.01	Х	глина
	0.5-25	57.06	3.9	очень сильно	2.83	Х	глина
1б.	0-1	68.62	4.9	очень сильно	2.81	Х	легкий суглинок
	1-25	8.628	0.83	очень сильно	0.84	х-с	суглинок
2.	0-0.5	13.22	1.12	очень сильно	0.76	х-с	супесь
	0.5-11	2.01	0.25	средне засолен	0.6	х-с	супесь
	11-35	9.728	0.864	очень сильно	1.4	с-х	легкий суглинок
	35-65	19.528	1.16	очень сильно	2.71	Х	тяжелый суглинок
3.	0-0.5	5.362	0.51	сильно засолен	0.54	х-с	супесь
	0.5-8	1.048	0.08	слабо засолен	0.77	х-с	песок связный
	8-23	2.086	0.31	средне засолен	0.23	х-с	супесь
	23-80	3.869	1.59	сильно засолен	0.76	х-с	суглинок
4.	0-0.5	3.592	0.29	средне засолен	1.67	с-х	супесь
	0.5-26	3.552	0.28	средне засолен	1.94	с-х	песок рыхлый
	26-60	3.12	0.31	средне засолен	1.5	с-х	песок рыхлый
	60-70	6.144	0.49	сильно засолен	1.9	с-х	песок-связный

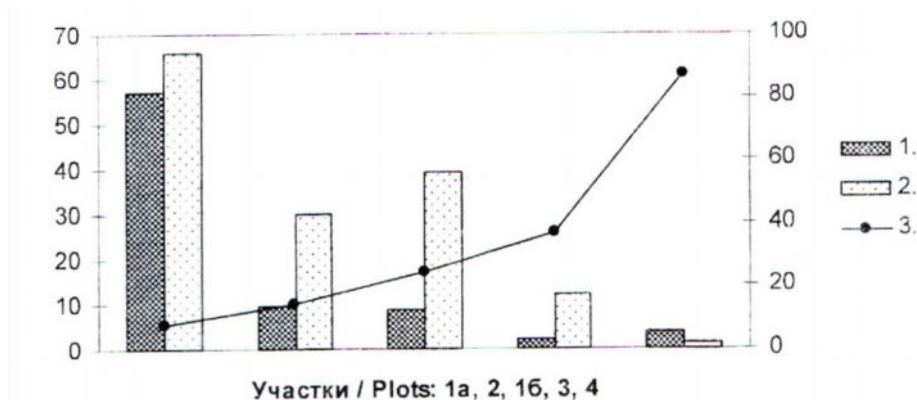
поверхностном корковом слое и на глубине 35-65 см - 13.22 и 19.528 мг-экв/100 г почвы при содержании токсичных солей 1.12 и 1.16% соответственно. На глубине посадки саженцев наблюдается среднее и очень сильное засоление, количество токсичных солей колеблется от 0.25 до 0.864%. По гранулометрическому составу в почвах обнаруживается перераспределение пылевато-иловатых фракций по профилю с утяжелением с глубиной от супеси до тяжелого суглинка. Низкие показатели приживаемости саксаула подтверждают необходимость проведения пескования. Низкая приживаемость саженцев саксаула обусловлена также и сезоном посадки (осень), что снижает показатели почти в два раза.

На приморских солончаковых почвах с навейным песчаным чехлом (участок 3) отмечена хорошая приживаемость саженцев саксаула (37.4%). Это связано со средней степенью засоления горизонта посадки при суммарном эффекте токсичных ионов 1.048-2.086 мг-экв/ 100 г почвы и содержании

токсичных солей от 0.08 до 0.31%. Поверхностный корковый горизонт имеет сильное засоление, содержание токсичных солей составляет 0.51%. Средние и нижние горизонты имеют сильное засоление, содержат 1.59%) токсичных солей. По гранулометрическому составу наблюдается чередование супесчаных и песчаных горизонтов верхней части профиля. В нижней части выделяется среднесуглинистый горизонт. Таким образом, легкий гранулометрический состав и низкое содержание токсичных солей поверхностных горизонтов обусловили хорошую приживаемость саженцев саксаула и всхожесть семян.

Высокая приживаемость саженцев саксаула (в среднем 87%) отмечена на приморских песчаных почвах (участок 4). Она обусловлена средней степенью засоления корнеобитаемого слоя при суммарном эффекте токсичных ионов - 3.59-3Л2 мг-экв/ 100 г почвы. Содержание токсичных солей при сульфатно-хлоридном типе засоления - 0.28-0.31%. На глубине 60-70 см наблюдается сильное засоление - 6.144 мг-экв на 100 г почвы, содержание токсичных солей 0.49%. Большое значение имеет также гранулометрический состав почвы. При одинаковых значениях содержания токсичных солей на песчаных почвах приживаемость намного выше по сравнению с супесчаными.

Вышеизложенное доказывает, что существует прямая зависимость приживаемости саженцев от суммарного эффекта влияния токсичных ионов и гранулометрического состава засоленных приморских почв (рис.).



**Рис.** Зависимость приживаемости саженцев саксаула от физико-химических свойств засоленных почв, 1 - суммарный эффект токсичных ионов, мг-экв/100 г почвы; 2 - содержание физической глины, %; приживаемость, %. **Fig.** Dependence of saxaul saplings survival rate on physical-chemical characteristics of saline soils. 1 - total effect of toxic ions, mg-eq / 100g of soil; 2 - content of silt and clay- %; survival rate, %.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспериментальные исследования по фитомелиорации засоленных почв разной литологии показали, что главными факторами, определяющими приживаемость саженцев, являются суммарный эффект влияния токсичных ионов, определяющий степень засоления почв и общее количество токсичных солей и гранулометрический состав корнеобитаемых горизонтов.

Ассортимент видов, перспективных для фитомелиорации осушенного дна, невелик, среди которых заметно выделяется саксаул. Он обладает широкой экологической амплитудой, может произрастать в самых разных по засолению и механическому составу почвенных условиях. Однако при посадке саженцев травмированная корневая система испытывает стресс в условиях сильно засоленных почв, который усиливается при засухе и высоких температурах (Строгонов, 1958). Преодолению токсического стресса можно помочь методами мелиорации (пескование). Создание песконакопительных борозд целесообразно проводить только рядом с песчаными массивами при учете преобладающего направления ветра. Посадку саженцев сарсазана следует осуществлять на участках с глубиной залегания фунтовой воды не ниже 1.5 м. Такие условия создаются на осушенной полосе на 10-12-й год континентального развития и не всегда сохраняются по мере отступления моря. Успешная фитомелиорация тамарикса на полосе осушки 70-х годов проблематична из-за заселения биотопа зайцами, уничтожающими посадки.

Авторы выражают благодарность Ассоциации сотрудничества Японии с Казахстаном (PIE/JRAK) и лично профессору Норико Ишиде за предоставление средств на проведение химических анализов почвенных образцов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Витязев В.Т.* Руководство по составлению почвенно-мелиоративного обоснования проектов мелиоративного строительства и специальных карт. М.: Гипроводхоз. 1973.
2. *Вухрер В.В.* Формирование растительности новой суши в пустыне. Алма-Ата: Гылым. 1990. 216с.
3. *Вухрер В.В., Курочкина Л.Я.* Экологические особенности доминирования растений на осушенном дне Аральского моря // Комплексная характеристика пастбищ пустынной зоны Казахстана. Алма-Ата. 1990. С. 164-171.
4. *Димеева Л.А.* Флора и растительность побережий и осушенного дна Аральского моря // Дисс.канд.наук. Алма-Ата. 1990. 276 с.
5. *Димеева Л.А., Мейрман Г.Т., Будникова Т.Н., Альмурзаева С.К., Ларииков СИ.* Экспериментальные методы фитомелиорации побережья Аральского моря // Тез. докл. Междунар. конф. «Реальность и перспективы устойчивого развития экосистем Аральского региона». Алматы. 2000. С. 9-11.
6. *Джамантиков Х, Джамантиков Е.Х., Далдабаева Г.Т., Каверин В.С., Вухрер В.В.* Рекомендации по ассортименту и технологии возделывания галофитов - кустарниковых и древесных насаждений на осушенном дне Аральского моря. Кызылорда. 2003. 19 с.
7. *Каверин В.С., Колтунов А.А., Соловьев В.А., Салимое А.Б., Череватенко В.П.* Временные рекомендации по ассортименту пород и технологии создания мелиоративных насаждений на осушенном дне Аральского моря (Казахстанская часть). Алматы. 1994. КазНИИ ЛХА. 16 с.
8. *Каверин В.С., Салимое А.-Б.А.* Перспективные улучшения экологической обстановки на осушившемся дне Аральского моря методами лесомелиорации // Новости науки Казахстана. Алматы. 2000. №1. С. 21-13.
9. *Каверин В.С., Салимое А.-Б.А., Шахматов П.Ф.* О необходимости фитомелиорации осушенного дна Аральского моря // Актуальные вопросы лесного хозяйства и озеленения в Казахстане. Алматы. 2005. С. 89-96.
10. *Курочкина Л.Я., Макулбекова Г.Б.* К вопросу о фитомелиорации осушающихся побережий Арала // Проблемы освоения пустынь. 1984. №4. С. 61-71.
11. *Курочкина Л.Я., Макулбекова Г.Б., Вухрер В.В., Малайсарова А.Н.* Растительность осушенного дна Аральского моря // Состояние акватории и осушенного дна Аральского моря. Алма-Ата. 1983. С. 91-128.
12. *Момотов И.Ф.* (отв.ред.) Флора и растительность Северо-Западного Устюрта и пути улучшения пастбищ. Ташкент: Фан. 1977. 130 с.
13. *Огарь Н.П., Бижанова Г.К., Димеева Л.А., Пермитина В.Н.* Фитомелиорация солончаковых пустынь побережья Аральского моря // Известия Нац. АН РК. Сер.биол.и мед. 2005а. №1. С. 89-93.
14. *Огарь Н.П., Каверин В.С., Вухрер В.В., Димеева Л.А., Джамантиков Х., Исмаилов М.И.* Экспериментальные работы по фитомелиорации осушенного дна Аральского моря // Актуальные вопросы лесного хозяйства и озеленения в Казахстане. Алматы. 2005б. С. 157-162.
15. *Саидов Д.К.* (отв.ред.) Адаптация кормовых растений к условиям аридной зоны Узбекистана. Ташкент: Фан. 1983. 304 с.
16. *Строгонов Б.И.* Растения и засоленные почвы. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 139 с.
17. *Шамсутдинов З.Ш.* Создание долгодетных пастбищ в аридной зоне Средней Азии. Ташкент: Фан. 1975. 176 с.
18. *Шацкая М.Г.* К биологии семян саксаула черного (*Haloxylon aphyllum*) // Полезные дикорастущие растения Узбекистана. Ташкент. 1968. С. 109-114.
19. *Geldyeva G.V., Ogar N.P., Scorintseva I.B., Geldyev B.V., Budnikova T.I., Dimeyeva L.A.* Monitoring and modeling of desertification processes in the Syr Dar'ya and Amu Dar'ya River deltas, for G1S // Ecological research and monitoring of the Aral sea deltas. A basis for restoration. UNESCO Aral Sea Project. 1997-2000 Final Scientific reports. 2001. Book 2. 119-153 pp.
20. *Meirman G., Dimeyeva L., Dzhamantkykov K., Wucherer W., Breckle S.-W.* Seeding experiments on the Dry Aral Sea Floor for Phytomelioration // Sustainable Land Use in Deserts. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg, 2001a. 318-322. pp.

21. *Meirman G., Dzhamantikov Kh., Kaverin V.* Phytomelioration on new landscapes of the dried Aral Sea bottom // Ecological research and monitoring of the Aral sea deltas. A basis for restoration. UNESCO Aral Sea Project. 1997-2000 Final Scientific reports. 2001b. Book 2. 203-211 pp.
22. *Wucherer W., Breckle S.-W., Kaverin V., Zhamantikov Kh., Ogar N.* Phytomeliorative eigenschaften von *Haloxylon aphyllum* und perspektiven der anpflanzungen in der region am Aralsee // *Ökologische Forschung im globalen Kontext*. M.Veste, W.Wucherer and J.Homeier (eds). Gottingen: Cuviller, 2005. 109-127 pp.
23. *Yair A.* Sedimentary environments in the desiccated Aral Sea floor: vegetation recovery and prospects for reclamation // *Sustainable Land Use in Deserts*. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg, 2001. 310-317 pp.

## **EFFECT OF PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SALINE SOILS ON PHYTOMELIORATION RESULTS IN THE DRIED SEAFLOOR OF THE ARAL SEA**

© 2006. L.A. Dimeyeva, V.N. Permitina

*Institute of Botany and Phytointroduction, Ministry of Education science of Kazakhstan 050040,  
Timiryazev St., 36-D, Almaty, Kazakhstan*

Results on experimental phytoamelioration have been done in the paper. Phytoreclamation activity was conducted in the framework of BMBF-GTZ/CCD project in 2002-2004. The area of 262 ha of salt deserts in the dry seafloor was reclaimed by planting and seeding of salt-tolerant species from local flora (*Haloxylon aphyllum*, *Tamarix laxa*, *Halocnemum strobilaceum*). Coastal soils of different salinity and texture were selected for plantations in the eastern shore of the Aral Sea.

Satisfactory and good results were obtained for *Haloxylon*, iow — for *Halocnemum* and the lowest — for *Tamarix*. Survival rate for *Haloxylon* in conditions of coastal solonchaks of heavy texture was 12-14%. 37% -in coastal soils with blown sand cover, 76-98% - in the areas of depressions between sand dunes. Survival rate for *Halocnemum* in conditions of coastal soils with blown sand cover was 14% in the end of first vegetative period, only 6% of saplings survived a year later. Germination of *Haloxylon* seeds was higher in coastal soils with blown sand cover. Two experiments were set up in areas with coastal soils of heavy texture and high salinity. Sand accumulating furrows were ploughed a year before manual planting at the first experimental site for natural accumulation of sand. Sand accumulation was irregular and did not influence on survival rate. Survival rate of *Haloxylon* saplings varied from 7.6 to 24.4 which caused by different soil conditions. Experiment with planting into pits with sand showed high survival rate of saplings (91.6%).

Thus, the results of phytoreclamation showed that main factors determining survival rate are total effect of toxic ions and soil texture. The most suitable conditions for reforestation in the dry seabed are light textured soils (coastal sand soils and coastal soils with sand cover). Most perspective forest culture is *Haloxylon aphyllum*. It can grow in different ecological conditions. However disturbed root system of saplings confront with toxic salts in soil after planting. Methods of amelioration can help overcome toxic stress. Soils of heavy texture are needed in reclamation - establishment of sand accumulating furrows nearby sand massifs and replacement of heavy ground by sand.