

## МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ

УДК 632.153:004.8

### МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МАРГИНАЛЬНЫХ ВОД РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**В. Петрунин, А. Сапаров, Т.В. Нугаева**

*Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им.  
У.У.Успанова, 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75в, Казахстан, E-mail: saparov@nursat.kz*

В последнее время вокруг городов в отстойниках накоплено огромное количество предварительно очищенных сточных (маргинальных) вод. Проведенная нами совместная исследовательская работа по программе ИКАРДА показала о положительном влиянии на продуктивность растения, экологической безопасности и экономической целесообразности использования маргинальных вод взамен поверхностных для орошения кормовых и древесных насаждений в пустынных регионах Казахстана.

#### ВВЕДЕНИЕ

В условиях интенсивного развития рыночных отношений в Республике Казахстан произошли большие политические и социальные преобразования, в том числе и в АПК.

Вопросы развития сельскохозяйственной отрасли республики, в частности рационального использования водных и земельных ресурсов остается, по сей день актуальной.

В результате длительного и интенсивного использования почвенного покрова в Казахстане потеряно более одной трети исходного содержания гумуса – основного показателя плодородия почв, а в условиях орошения – до 50 %. При этом интенсивно развивается вторичное засоление, загрязнение почвы, а также стремительно идет деградация и опустынивание.

В последние годы выведены из сельскохозяйственного оборота 12,8 млн. гектаров пашни, в результате чего площадь пашни сократилась от 35,7 млн. га в 1985 г. до 22,4 млн. га в 2004 году, а площадь орошаемых земель – в два раза.

Основные орошаемые земли и обводненные пастбища находятся в малоувлажненных, полузасушливых и засушливых регионах. В результате длительной эксплуатации ирригационные системы и обводненные пастбища пришли в

негодность, что привело к ухудшению мелиоративного состояния орошаемых земель и снижению продуктивности культур и их конкурентоспособности.

При нехватке оросительной воды в республике имеется возможность использования маргинальных вод. В настоящее время вокруг городов республики в отстойниках накоплено огромное количество предварительно очищенных сточных вод, которых следует рационально использовать под сельскохозяйственные (кормовые) культуры и древесные насаждения.

Подготовленная нами программа о рациональном использовании очищенных сточных вод города Алматы (накопителя Сорбулак) одобрена на региональном координационном совещании Международного центра сельскохозяйственных исследований в засушливых регионах республик Средней Азии и Казахстана (ИКАРДА).

Главной задачей проекта является повышение сельскохозяйственного производства и его продуктивности путем совершенствования управления плодородием почв и водными ресурсами, в частности путем безопасного использования маргинальных вод.

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

На юго-востоке республики комплексные исследования проводились по ком-

поненту «Оценка и усовершенствование использования источников маргинальных вод г. Алматы» вышеуказанного проекта в районе озера Сорбулак на двух экспериментальных участках: по кормовым культурам на площади 1 га и по лесным насаждениям на площади 1,5 га.

Опыты с кормовыми культурами были проведены для определения качества сточных вод, почвы и выращенной продукции. Объекты исследований: кукуруза (*Zea mays*), сорго сахарное (*Andropogon Sorghum*), суданская трава (*Sorghum Sudanens*), подсолнечник (*Helianthus annuus*), соя (*Glucine Hispide*), ячмень (*Hordeum Sativum*), люцерна (*Medicago Sativa*), топинамбур (*Helianthus tuberosus*), кормовая свекла (*Beta Vulgarys*), донник белый (*Melilotus albus*).

Мелиоративная оценка качества сточных вод проводилась в течение всего поливного периода в трех местах: у вододелиителя, в накопителе Сорбулак (у водозабора) и в тупиковом канале (у насосной станции) по 16 ингредиентам, основные из них: pH, минерализация,  $CO_3$ , БПК5 (биологическое потребление кислорода), СПАВ, фенолы, нефтепродукты, кислород, ХПК (химическое потребление кислорода), азот, фосфаты.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Во все годы исследований прозрачность воды по шрифту Стеллана соответствовала гигиеническим нормативным качествам. Общая жесткость ее для питьевых целей не должна превышать 14 мг-экв/л, в сточной воде она составила 8,4 мг-экв/л. Активная реакция pH незначительно (эпизодически) превышала допустимые уровни ПДК. С повышением температуры воздуха и воды (июль-август) создаются благоприятные условия для развития сине-зеленых водорослей, которые, видимо, способствуют повышению pH. Максимальные его значения в летний период не превышали 10,1 при норме ПДК – 6,5-9,5.

При рациональном использовании и соблюдении рекомендованного режима орошения культур и планового водозабора из накопителя Сорбулак процесс рассоления воды будет продолжаться. По сумме солей, соды и хлоридов сточные воды Сорбулака до 2002 г отвечали санитарным нормам. С прекращением забора воды на орошение минерализация заметно повысилась (рисунок 1).

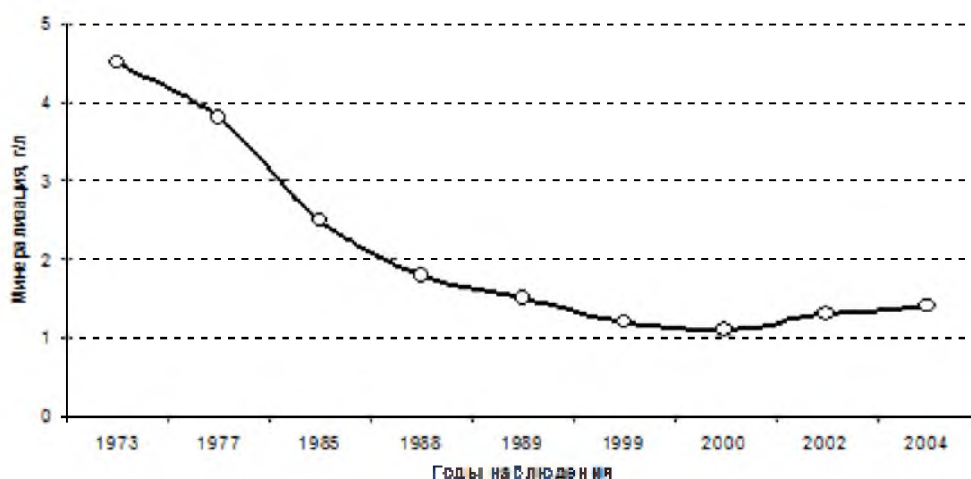


Рисунок 1 - Изменение минерализации воды в накопителе Сорбулак, г/л

Содержание БПК<sub>5</sub> и ХПК в сточной воде накопителя Сорбулак имеют низкие показатели. Содержание синтетических

поверхностно-активных веществ (СПАВ) в сточной воде накопителя Сорбулак отвечает требованиям ПДК (рисунок 2).

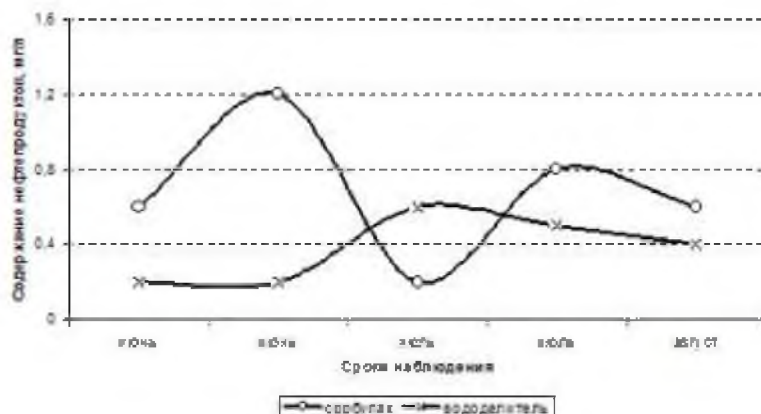


Рисунок 2 - Содержание нефтепродуктов в сточных водах г. Алматы, мг/л

В последние годы в воде Сорбулака обнаружены нефтепродукты с концентрацией превышающей ПДК. Содержание тяжелых металлов и формы их нахождения в сточных водах г. Алматы зависят, главным образом, от антропогенного загрязнения. Если в хозяйственно-питьевых водах города основная группа микроэлементов не обнаружена, то в сточной воде достоверно отсутствует, лишь барий и алюминий. Остальные микроэлементы являются приобретенными.

Сопоставление полученных значений с критериями ПДК показали, что по

всему спектру микроэлементов сточная вода накопителя Сорбулак пригодна для орошения и не вызовет при этом отрицательных экологических последствий. За период наблюдения такие ингредиенты как мышьяк, молибден, титан и ртуть в сточной воде накопителя Сорбулак не обнаружены. Никель обнаружен в 5 пробах, кадмий – в 3, кобальт – в 1 пробе с содержанием их в пределах значительно ниже уровней ПДК. Остальные микроэлементы, которые часто встречаются в сточной воде (Cu, Zn, Pb, Mn, Fe, Br, Sr, F) находятся в пределах ПДК, кроме фтора (рисунок 3).

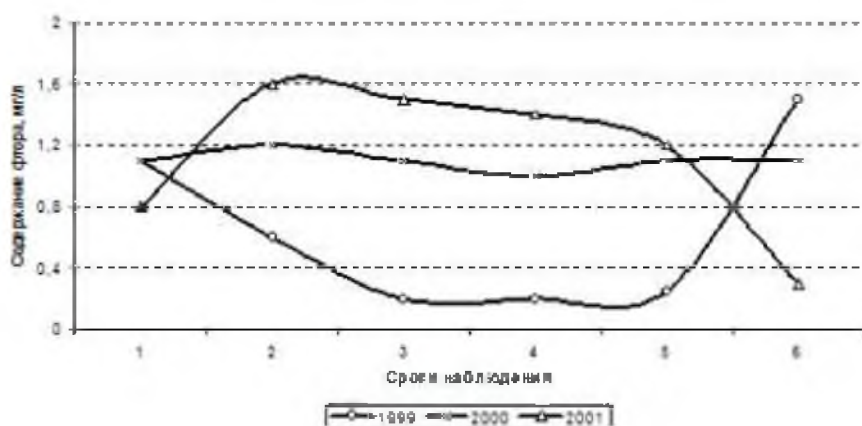


Рисунок 3 - Содержание фтора в сточных водах г. Алматы, мг/л

К фтору растения очень чувствительны, так как он токсичен, при повышенных его концентрациях повреждаются листья, а у некоторых видов животных появляются признаки выпадения зубов. Фактическое содержание фтора в сточной воде, в основном, превышает установленные уровни ПДК СССР и ФАО, но значительно ниже уровней установленных СЭВ (1,5 – 10 мг/л). За длительный период эксплуатации накопителя Сорбулак особых изменений в концентрации сточных вод не произошло. Концентрация таких микроэлементов, как Мо, Нг,

As, Cd в процессе исследований встречались эпизодически, а концентрация Fe возросла более чем в три раза (таблица 1). Из оценки сточных вод г. Алматы следует, что эти воды нельзя сбрасывать в открытые водные источники из-за несоответствия требованиям ПДК – водоемов рыбохозяйственного и питьевого водопользования по минерализации рН, нефтепродуктам, Cu, Fe, Br, F. Единственно правильное решение - использовать сточные воды на орошение кормовых культур и древесных насаждений.

Таблица 1- Концентрация микроэлементов в воде накопителя Сорбулак, мг/л

Ингредиенты	Средние за 1986-1991гг.	Средние за 1999-2002 гг.	ПДК для оросительной воды, мг/л
	По данным Казмеханобр	По данным КазНИИВХ, Горводоканала	
Zn	0,013	0,013	2,0
Cu	0,0135	0,0043	0,2
Co	0,0031	0,004	0,1
Mn	0,0363	0,0056	0,2
Mo	0,0025	не обнаружено	0,25
Fe	0,844	2,720	5,0
Hg	0,0007	не обнаружено	0,005
As	0,0019	не обнаружено	0,1
Cr	0,0034	0,049	0,5
Pb	0,0467	0,011	0,2
Ni	0,0118	0,050	0,2
Cd	0,0021	не обнаружено	0,03

Сточные воды накопителя Сорбулак, в соответствии с классификацией ВСН 32-2.2-86, относятся к III группе. К категории вод низкой удобрительной ценности, где содержание не превышает: азота – 50, фосфора – 10, калия – 30 мг/л. Однако, при поливе оросительной нормой 4500 м<sup>3</sup>/га привнос NPK соответственно составит: 47,65; 11,34; 55,57 кг/га действующего вещества.

Использование сточных вод на орошение играет важную роль в повышении плодородия почвы. При расчете норм внесения минеральных удобрений необходимо исходить из учета фактического содержания NPK в почве. Это поможет

фермерам значительно сократить внесение дорогих минеральных удобрений и снизить затраты.

Химический анализ почвенных образцов показал, что с глубиной содержание NPK снижается. Так содержание в слое 0-20 см составило: N-7,8; P – 26,8 и K – 270 мг/кг почвы, тогда как на глубине 120-150 см эти показатели снизились соответственно до 0,2; 5,7 и 30 мг/кг.

Уровень загрязнения почв тяжелыми металлами оценивался по восьми микроэлементам (Zn, Cu, Fe, Cd, Cr, Ni, Pb, Co) по горизонтам. Уровень загрязнения тяжелыми металлами можно отнести к не опасному, за исключением Cr, содержа-

ние которого значительно превышает установленные нормы ПДК по всему почвенному профилю (от 0,92 до 9,8

мг/кг). Из 36 выполненных анализов 24 из них имели превышение ПДК (рисунок 4).

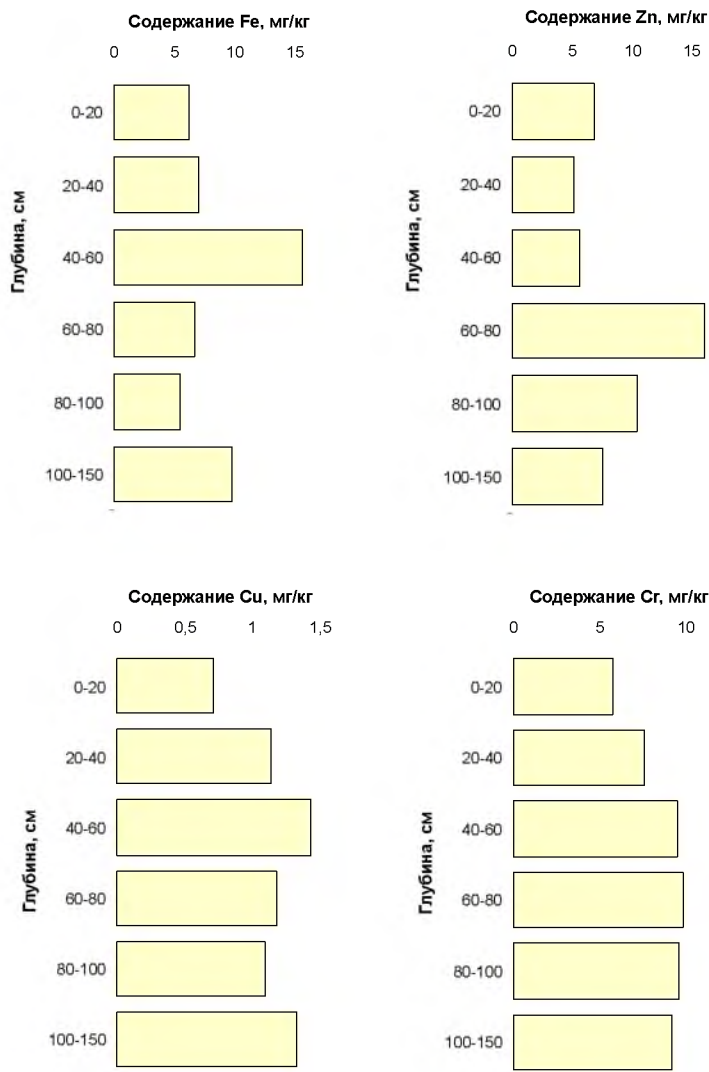


Рисунок 4 - Профильное содержание цинка, железа, хрома и меди в почвах при поливе сточных вод

Сравнение химических анализов почвы опытного и целинного участков показали идентичное содержание тяжелых металлов по профилю. Следовательно, повышенное содержание Cr в почве не является следствием полива сточными водами, а естественным загрязнением.

Оценка качества выращенной продукции при поливе сточной водой прово-

дилась по МДУ (максимально-допустимый уровень) и ПДК. Особое внимание было обращено на проявление нетипичных признаков на стеблях и листьях. Во все годы исследований изменения цвета листьев, их деформация и другие негативные отклонения на кормовых культурах не обнаружено.

Химический анализ кормовых культур (стебли, листья, зерно) на содержа-

ние в них Zn, Cu, Mn, Cd, Pb показал допустимое их содержание, в пределах МДУ, кроме Pb. Содержание Pb превышает МДУ на 0,2-1,7 мг/л. Выращенная продукция топинамбура, сорго, кукурузы, суданской травы, сои, кормовой свеклы, ячменя, люцерны полностью соответствует зоотехническим требованиям ПДК и МДУ и пригодна для скармливания животным. В зеленой массе и семенах подсолнечника отмечено превышение норм ПДК и МДУ по Cr и Ni, а по Co лишь в зеленой массе. Причем увеличение Cr в зеленой массе, по сравнению с нормами МДУ составило 78 %, а в семенах по ПДК – 30 %. По этой причине подсолнечник был исключен из прифермского кормового севооборота. В данной природной зоне

подсолнечник лучше использовать для производства семян, учитывая его высокую урожайность.

Для оценки баланса прихода и расхода микроэлементов сделаны расчеты исходного их содержания в почве, прихода со сточной водой и выноса выращенной продукцией. Из представленных материалов (рисунки 5, 5а, 5б,) следует, что кормовыми культурами с урожаем выносятся значительно больше тяжелых металлов, чем поступает с оросительной водой, за исключением Cr и Pb. Кормовые культуры на фоне высокой агротехники, оптимальной влажности почвы (на уровне 70 % НВ) пополняют значительное количество ингредиентов за счет подвижных форм из почвы.

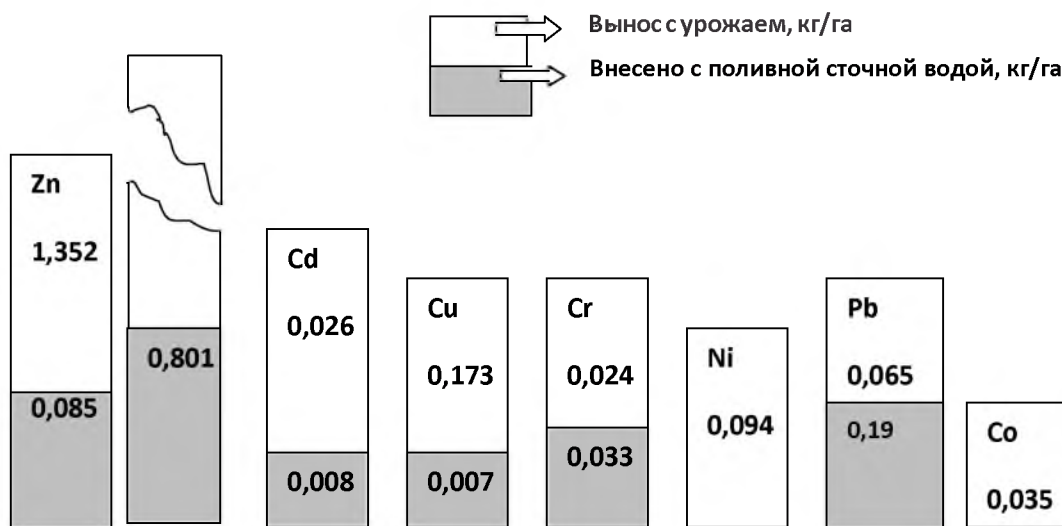


Рисунок 5 – Внесение тяжелых металлов с поливной сточной водой и их вынос с урожаем в среднем за 1999-2001 гг.

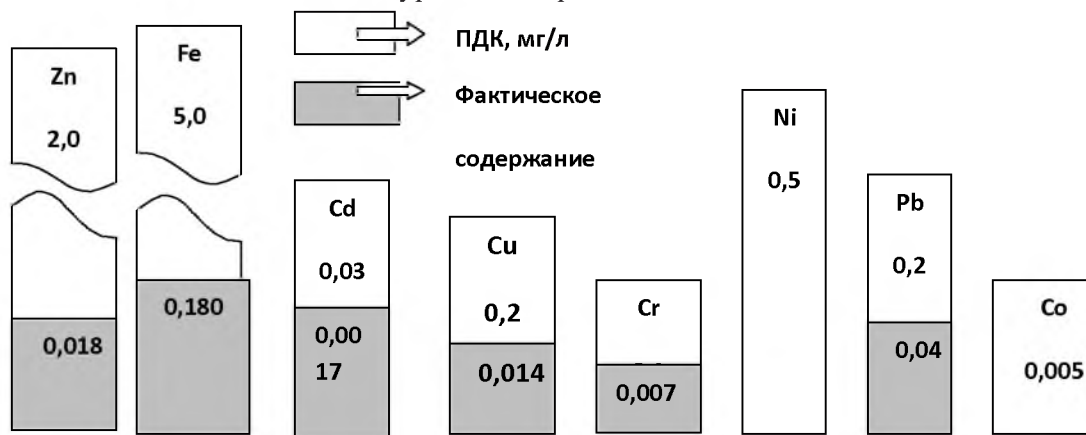


Рисунок 5а - Среднее содержание ингредиентов в поливной сточной воде накопителя Сорбулак (1999-2001 гг.)



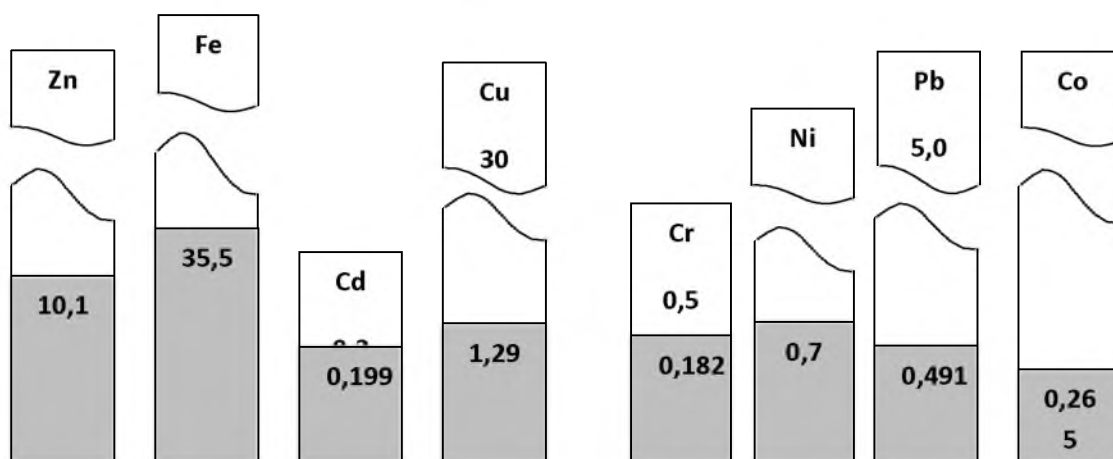


Рисунок 5б – Среднее содержание тяжелых металлов в зеленой массе кукурузы при поливе сточной водой накопителя Сорбулак (1999-2001 гг.), мг/кг

Об этом свидетельствуют вышеприведенные данные о стабильном содержании тяжелых металлов, а иногда даже их снижение под посевами кормовых культур. Из данных также следует, что вынос с урожаем кормовых культур Pb и Cr был несколько ниже по сравнению с привносом их водой.

В утилизации сточных вод древесные насаждения должны занять ведущее место, так как при орошении древесных насаждений обеспечивается высокая сте-

пень их очистки почвой и получение в пустынных регионах дешевой деловой древесины.

Исследования проводились с быстрорастущими гибридами тополя (*Populus*): Казахстанский, Белый, Кзыл-Тан; а также шелковица белая (*Morus*), ясень Согдианский (*Fraxinus sogdiana*), айва японская (*Elaeagnus japonica*). Схема посадки насаждений 1,5 x 3,0 м. Срок посадки топей – октябрь 2000 г. Сохранность древесных насаждений на конец 2005 г представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Сохранность древесных насаждений на конец 2005 года

Гибриды тополей	Сохранность, %	Высота древесины, см	Диаметр ствола, мм
Казахстанский	78,5	568	107
Кзыл Тан	52,1	414	82
Белый	53,7	380	78,4

Из-за отсутствия поливной воды в 2002–2003 гг гибриды тополей не смогли реализовать свои потенциальные возможности по росту и развитию. В 2005 г при двух поливах тополь обеспечил высокий прирост: Казахстанский – 120 см, Кзыл Тан – 98 см и Белый – 76 см.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований были разработаны и изданы «Рекомендации по использованию сточных вод г. Алматы

на орошение кормовых культур и древесных насаждений» и проведен международный семинар.

Для оценки экономической эффективности производства древесины тополя при поливе сточными водами нами была расписана вся технология (от посадки до сплошной рубки 14-летнего возраста). При этом основные затраты по технологии выращивания тополей приходятся на первый год посадки и составляют около 60 % всех затрат за 14 лет. Сто-

имость 1 м<sup>3</sup> древесины составляет 60 долларов США. При урожайности леса 600 м<sup>3</sup>/га средний годовой доход составит около 2277 долларов.

Во второй фазе проекта большое внимание было уделено внедрению научных разработок на полях крестьянских и фермерских хозяйств Сорбулакского региона. В крестьянском хозяйстве «Серикжан» внедрен интенсивный прифермский кормовой севооборот. В результате внедрения севооборота повысилась культура земледелия и урожайность кормовых культур и создана прочная кормовая база для развития животноводства. При этом социально-экономическое положение фермера улучшилось. Крупный и мелкий рогатый скот увеличился в несколько раз.

Площадь внедрения технологии возделывания сои в хозяйстве «Серикжан» составил 30 га, кукурузы в хозяйстве «Фатер жер», расположенного на восточном берегу накопителя Сорбулак - 200 га, в крестьянском хозяйстве А. Гавриленко - 30 га.

Результаты работ по проекту стали предметом обсуждения передового опыта с высокой культурой земледелия

по рациональному использованию сточных вод и участком посещения руководителей крестьянских и фермерских хозяйств региона, где получали консультации по особенностям агротехники, режимам орошения и техники полива, по химическому состоянию качества сточных вод и выращенной продукции.

Международное сотрудничество ученых Казахстана с ИКАРДА сыграло определенную роль в подготовке кадров. Около 15 человек прошли подготовительные курсы английского языка и массовых анализов почвы, воды и растений. Один сотрудник прошел стажировку в центральном офисе ИКАРДА (Сирия) и один успешно защитил кандидатскую диссертацию. Для ученых и фермеров были организованы поездки в Турцию, Сирию, Иорданию по обмену опытом.

В целом следует отметить, что полученные материалы, в результате совместных работ с ИКАРДА, позволяют сделать вывод об эффективности, экологической безопасности и экономической целесообразности использования маргинальных вод взамен поверхностных для орошения кормовых культур и древесных насаждений в пустынных регионах Казахстана.

### **Түйін**

Сонғы уақытта қалалар маңындағы жасанды көлдерде ірі көлемде алдын-ала тазартылған сарқынды (маргиналды) сулар жиналуда. ИКАРДА бағдарламасына сәйкес жүргізілген зерттеу жұмыстары Қазақстанның шөлді өңірлерінде мал азықтық өсімдіктер мен екпе ағаштарды суғаруда маргиналды сулардың биоөнімділікке теріс әсерінің жоқтығын, экологиялық қауіпсіздігін және экономикалық тиімділігін анықтаған, яғни, суаруға жарамдылығын көрсеткен.

### **Resume**

Last time in settlers near of towns the large quantity of preliminary cleared waste (marginal) waters was collected. The joint research work under program ICARDA has shown positive influence of marginal water using, their ecological safety and economic feasibility for an irrigation of fodder and wood plantings in deserted regions of Kazakhstan.