

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ
«Актуальные научные исследования в области мелиорации»

УДК 556.537

Т. Т. Ибраев, М. А. Ли

Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства, Тараз,
Республика Казахстан

**НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА КАНАЛАХ
ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ КАЗАХСТАНА**

Целью исследований являлась оценка состояния ирригационных систем юга Казахстана на основе натуральных исследований влияния зарастания каналов тростником на их пропускную способность. Был проведен комплекс натуральных исследований на двух массивах орошения по определению влияния водной растительности на пропускную способность и КПД каналов. Определены зависимости относительных параметров прорастания тростника от периода вегетации, плотности зарастания канала тростником в зависимости от глубины и скорости течения воды на вертикали, зависимость эпюры скоростей течения воды от густоты зарастания тростником, зависимость коэффициентов гидравлического сопротивления от расходов воды, влияние коэффициента шероховатости русла, заросшего водной растительностью, на пропускную способность канала. Предлагаемые зависимости могут быть использованы водохозяйственными организациями при разработке инженерно-технических мероприятий по ремонту и реконструкции каналов ирригационных систем.

Ключевые слова: натурные исследования, массив орошения, канал, шероховатость, зарастание, тростник.

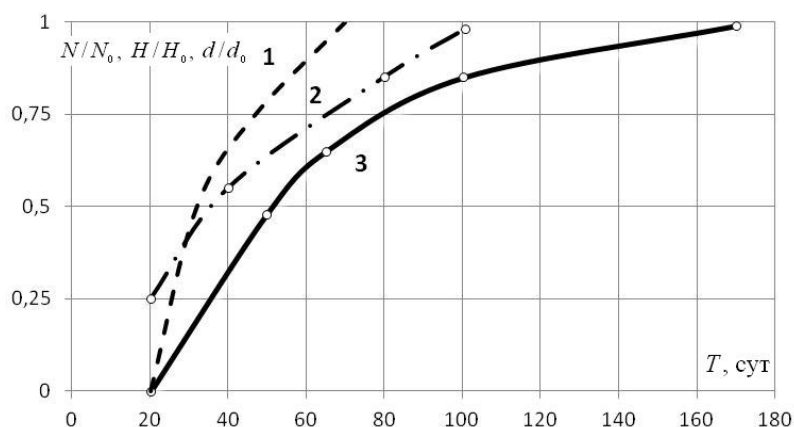
Натурные исследования русловых процессов на каналах ирригационных систем (ИС) юга Казахстана проводились на Жанакорганском и Георгиевском массивах орошения. Изобилие влаги и высокая температура воздуха способствуют интенсивному росту растительности (в том числе камыша, рогоза, тростника) в каналах. Это приводит к значительному снижению пропускной способности русел каналов, созданию значительного сопротивления потоку воды, что вызывает повышение уровня воды в канале, увеличение потерь воды на испарение и фильтрацию, подъем уровня грунтовых вод на приканальных участках. Особенно быстро происходит зарастание внутрихозяйственной сети оросительных систем с малой глубиной воды в каналах, быстро прогревающейся в летний период на всю глубину, т. е. развивается процесс эвтрофикации водотока.

Так как срок эксплуатации каналов и сооружений на Жанакорганской (1966–1976 гг.) и Георгиевской (1931–1936 гг.) ИС составляет свыше 50–80 лет, многие из них характеризуются ухудшенным техническим состоянием и, следовательно, сниженной гидравлической эффективностью и эксплуатационной надежностью. Фактический износ каналов и гидротехнических сооружений (ГТС) составляет более 60 %, что обусловлено рядом факторов: деформацией русел каналов, их размывами и заилением, разрушением облицовок и их швов, повышенной шероховатостью русел, вследствие зарастания дна и откосов канала водной растительностью, изменением режима и условий его эксплуатации. Влияние этих факторов приводит к снижению пропускной способности канала (иногда в несколько раз), отклонению основных параметров живого сечения канала (глубины, ширины) от проектных значений, увеличению потерь воды

на фильтрацию, значительному снижению КПД каналов, отказам в их работе, заключающихся в прорывах дамб, затоплении и подтоплении прилегающих к каналам территорий.

На первом этапе натурные исследования русловых процессов включают визуальные обследования, на втором этапе – инструментальные исследования участков каналов и ГТС. Натурные исследования проводились три раза в сезон и охватывали периоды до вегетации (с апреля по май), во время вегетации (с июля по август) и после вегетации (с сентября по октябрь) растений.

Определяющим фактором снижения пропускной способности и КПД каналов является зарастание их растительностью, в основном, тростником. Рост относительной плотности (N_i/N_0), высоты (H_i/H_0) и диаметра (d_i/d_0) растений в зависимости от времени вегетации тростника приведен на рисунке 1. За эталонные показатели были приняты значения N_0 , H_0 , d_0 этих показателей к концу вегетации.



1 – рост относительной плотности растений; 2 – относительный рост диаметра тростника; 3 – относительный рост высоты растений

Рисунок 1 – Зависимость относительных параметров прорастания тростника от периода вегетации

По результатам исследований характеристик стеблей в зрелом возрасте, выполненных А. И. Исамбаевым [1] для различных массивов в бассейне р. Сырдарьи, а также на основании натурных исследований на р. Шу, были построены графики зависимостей среднего диаметра тростника от плотности зарастания и высоты тростника от диаметра (рисунки 2, 3).

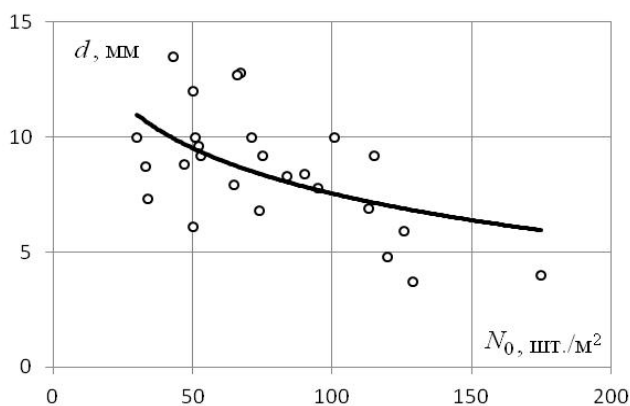


Рисунок 2 – Зависимость среднего диаметра тростника в период зрелости от плотности произрастания в бассейне р. Сырдарьи и р. Шу

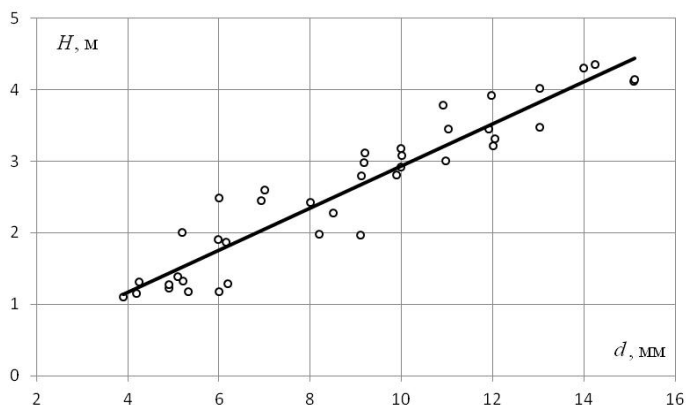


Рисунок 3 – Зависимость высоты тростника в период зрелости от диаметра у основания для бассейна р. Сырдарьи и р. Шу

В естественных условиях плотность бордюрной и прибрежной ассоциации тростников колеблется от 33 до 120 экземпляров на 1 м^2 и зависит от почвенных, климатических условий, степени увлаженности, проточности. Из всех проведенных фенологических наблюдений на р. Шу и р. Сырдарья оптимальная плотность тростника с вероятностью 80 % составляет 45–75 шт./ м^2 . При этом среднюю плотность на урезе воды в каналах, глубинах затопления чеков и залитых водой территорий до 0,7 м можно принять равной 60 шт./ м^2 со средним диаметром тростника $d_0 = 9 \text{ мм}$.

По данным А. И. Исамбаева [1] на коллекторно-дренажной сети при минерализации воды свыше 4–5 г/л развитие тростника угнетается, плотность произрастания снижется до 50 % и в 1,5–2 раза уменьшается высота и диаметр.

Каналы с глубиной наполнения менее 1 м зарастают по всей ширине, а каналы с глубиной воды более 1,5 м зарастают на 25–50 % ширины. Величины скоростей течения воды в каналах в период исследований были сравнительно небольшими, скорости (V) изменялись от 0,05 до 0,15 м/с, а в картовых оросителях и в хозяйственных распределителях – от 0,2 до 0,6 м/с. Незначительная скорость течения в каналах низшего порядка (картовых оросителях) и высокая температура воздуха способствовали перегреву воды и в результате привели к интенсивному зарастанию русла.

В период наблюдений температура воздуха превышала 30–37 °С, а температура воды в заросших руслах поднималась до 20–24 °С. При этом количество стеблей камыша на 1 м^2 поверхности воды составляло 40–100 штук. По степени зарастаемости оросительные каналы рисовой системы Жанакорганского массива с учетом их пропускной способности, можно разделить на следующие:

- с расходом более $5 \text{ м}^3/\text{с}$ – слабо заросшие на 10–20 % ширины канала;
- с расходом 0,5–2,0 $\text{м}^3/\text{с}$ – сильно заросшие на 75–100 % ширины канала.

По результатам натурных наблюдений построены графики зависимости плотности зарастания канала от глубины воды на промерной вертикали и предельной глубины прорастания тростника от средней скорости потока в канале (рисунки 4, 5).

Результаты комплексных натурных исследований морфологических характеристик тростника в бассейне р. Сырдарья, а также данные А. И. Исамбаева [1, 2], Л. Ф. Демидовской [3, 4] и Р. И. Вагапова, Р. А. Молдашева [5] показали, что в водоемах и каналах с «нулевой» скоростью потока максимальная глубина прорастания составляет 2,0–2,2 м.

Полученные зависимости позволяют установить область и плотность зарастания периметра каналов рисовых систем в зависимости от глубины и скорости потока на границе произрастания тростника.

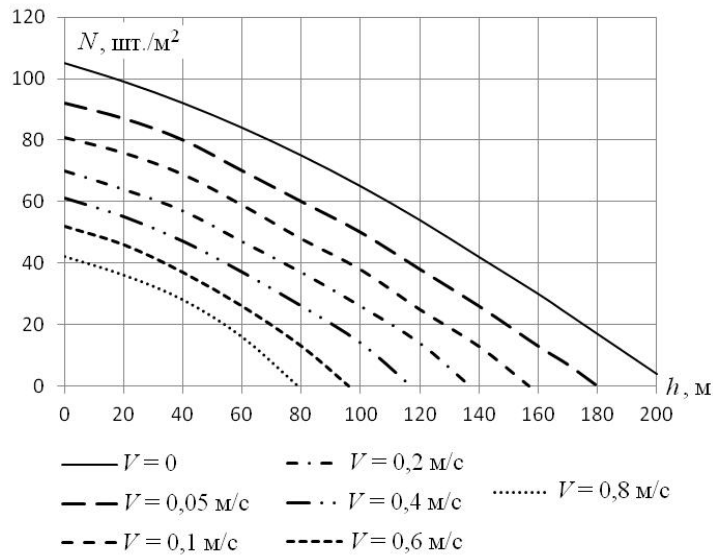


Рисунок 4 – Зависимость плотности зарастания канала тростником от глубины потока на вертикали

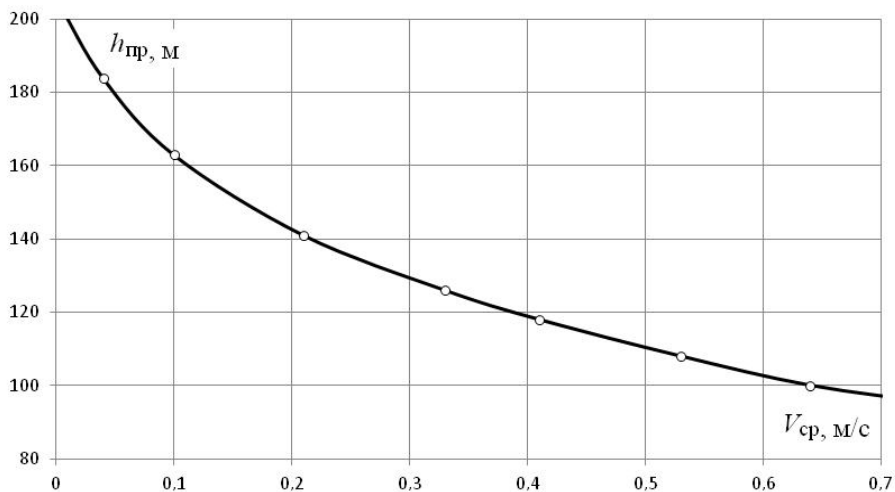
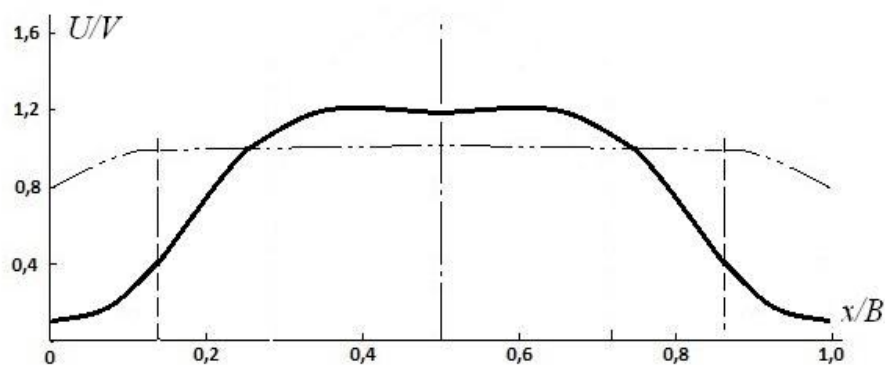


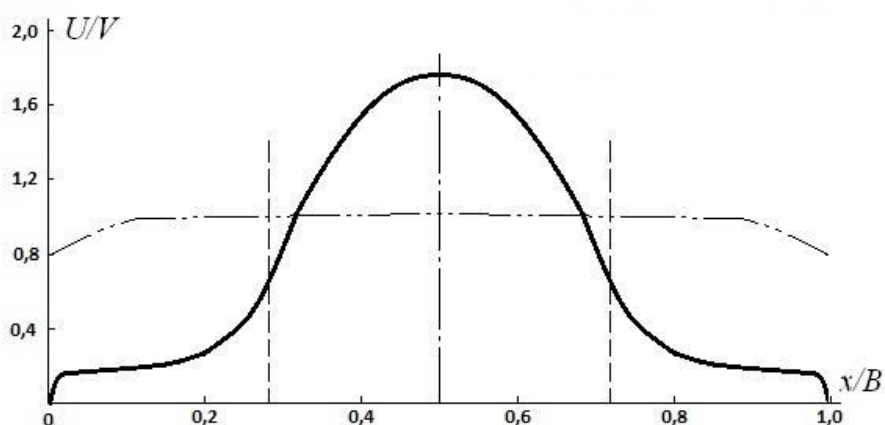
Рисунок 5 – Зависимость предельной глубины прорастания тростника от средней скорости потока

При неполном зарастании русла в зависимости от степени зарастания наблюдались два вида эпюры скоростей в плане (рисунок 6). При малых степенях зарастания с $\omega_p / \omega = 0,2$ (ω_p – часть площади живого сечения канала заросшего растительностью, ω – полная площадь живого сечения канала) в средней части русла сохраняется горизонтальный участок эпюры с примерно равными значениями скорости (рисунок 6, а). Начиная с некоторого значения $\omega_p / \omega \approx 0,45$ плавная эпюра (рисунок 6, б) имеет четко выраженный максимум. Граничное значение ω_p / ω , при котором один вид эпюры переходит в другой, равен примерно 0,4.

При наличии береговой растительности структура потока в направлении оси OX по горизонтали (от границы зарослей к оси потока) в общем случае формируется под влиянием растительности и шероховатости русла свободного от растительности. Вблизи границы зарослей и на некотором расстоянии от нее растительность подавляет своим влиянием донную зернистую шероховатость. Влиянием шероховатости дна здесь можно пренебречь.



а)



б)

Рисунок 6 – Эпюры скоростей при густоте 100–120 шт./м²

Анализ результатов натурных исследований показал, что для таких каналов в земляных руслах, как Келинтобинский магистральный канал Жанакорганской ИС, Правой илевой веток Георгиевской ИС, характерно влияние на шероховатость и гидравлические сопротивления зарастания русла водной растительностью в береговой зоне, преимущественно камышом и рогозом. При этом для Правой ветки Георгиевской ИС на участке ПК 229 – ПК 257 были получены очень высокие значения коэффициентов шероховатости $n = 0,0534-0,0799$, которые превысили нормативные значения по СНиП 2.06.03-85 [6] в 2,3–3,4 раза. Это привело к существенному снижению пропускной способности (в 2,2–3,8 раза) в сравнении с проектной.

На основании гидравлических исследований построен график зависимости коэффициентов гидравлического сопротивления λ от расходов Q , м³/с (рисунок 7). Анализ построенной зависимости показал удовлетворительную сходимость полученных результатов с натурными данными.

Кроме того, зона изменчивости гидравлических сопротивлений каналов в земляных руслах при расходах до 30 м³/с имеет расширенный диапазон изменения значений коэффициентов, который значительно сужается при расходах 60–80 м³/с и остается практически постоянным. Влияние зарастания русел каналов особенно сильно проявляется в начале зон шероховатости и сопротивлений при относительно небольших расходах до 10–30 м³/с, где значения коэффициентов шероховатости и гидравлических сопротивлений при зарастании превышают их по сравнению с нормальным состоянием русел каналов в 2–3,5 раза.

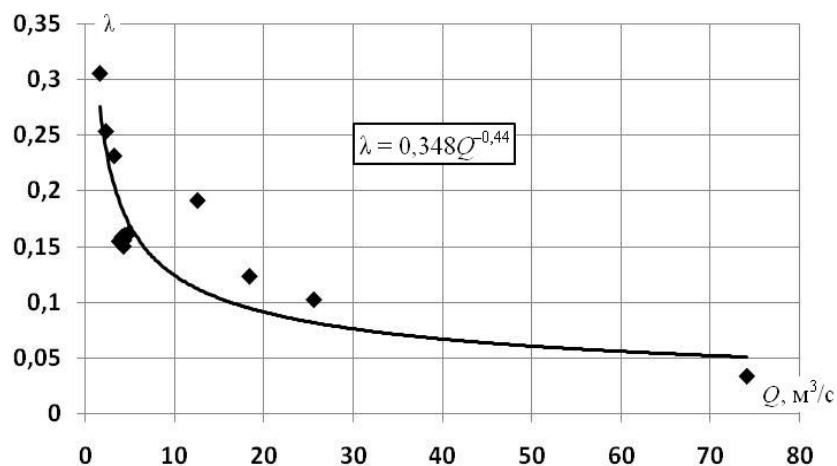


Рисунок 7 – График зависимости коэффициентов гидравлического сопротивления λ от расходов Q

Как для земляных, так и бетонных русел каналов можно выделить некоторую среднюю границу, которая будет соответствовать нормальному состоянию русла, а выше данной границы будут располагаться значения коэффициента шероховатости n или коэффициента гидравлического сопротивления λ , изменяющиеся при эксплуатации под влиянием зарастания.

Изменение пропускной способности земляного русла канала при различных степенях зарастания водной растительностью представлено на рисунке 8.

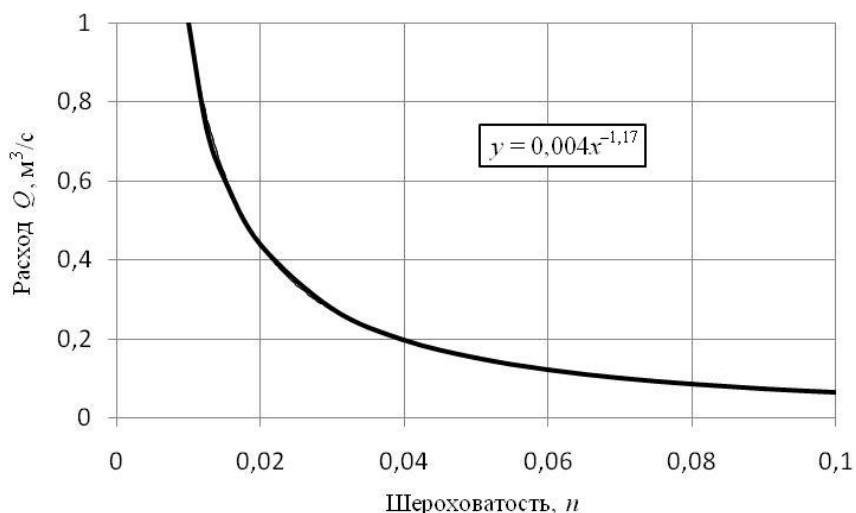


Рисунок 8 – Влияние коэффициента шероховатости русла, заросшего водной растительностью на пропускную способность канала

Для установления динамики изменения коэффициентов шероховатости заросшего и незаросшего русел каналов выполнены расчеты по определению влияния количества растений на величину коэффициента шероховатости, при равномерном распределении растительности по руслу (рисунок 9).

Увеличение коэффициента шероховатости русла канала при зарастании каналов водной растительностью до 0,02–0,03 приводит к значительному уменьшению пропускной способности и нарушению технологических требований к расходам в период первоначального затопления рисовых полей Жанакорганской ИС. При достижении значений коэффициента шероховатости 0,04–0,05 отмечается нарушение режима орошения риса.

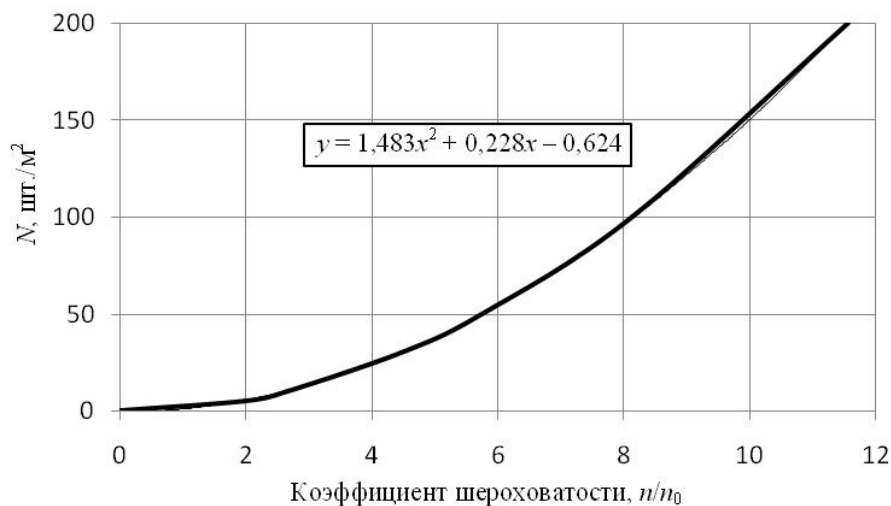


Рисунок 9 – Влияние плотности водной растительности на коэффициент шероховатости русла канала

Наличие водной растительности в канале существенно сказывается на увеличении коэффициента шероховатости русла при плотности $N > 10$ шт./м², а при меньшем значении это влияние составляет не более 5–10 % [7]. Исследования, проведенные на Жанакорганской и Георгиевской ИС, показали, что на каналах, находящихся в эксплуатации свыше 40 лет, густота растений изменяется от 20–30 до 100–120 шт./м², причем водная растительность покрывает дно и откосы каналов, что приводит к увеличению коэффициента шероховатости в 2–10 раз по сравнению с состоянием русел свободных от растительности каналов. Заращение водной растительностью магистральных каналов характеризуется расположением растительности в основном на откосах каналов при густоте растений $N = 30–100$ шт./м².

Список использованных источников

- 1 Исамбаев, А. И. Тростниковые заросли в среднем течении реки Сырдарьи / А. И. Исамбаев // Тр. института ботаники АН КазССР / Алма-Ата: АН КазССР, 1962. – Т. 13. – С. 45–56.
- 2 Исамбаев, А. И. Влияние хозяйственного использования тростниковых зарослей на их возобновление и производительность / А. И. Исамбаев // Тр. института ботаники АН КазССР / Алма-Ата: АН КазССР, 1969. – Т. 13. – С. 231–260.
- 3 Демидовская, Л. Ф. Морфолого-анатомические особенности тростника и его цикл развития / Л. Ф. Демидовская, Р. А. Кириченко // Тр. института ботаники АН КазССР / Алма-Ата: Наука, 1969. – Т. 19. – С. 93–139.
- 4 Демидовская, Л. Ф. Распространение и запасы тростника в Казахстане / Л. Ф. Демидовская, А. И. Исабаев, Л. К. Елисеева // Тр. института ботаники АН КазССР / Алма-Ата: Наука, 1969. – Т. 19. – С. 3–21.
- 5 Вагапов, Р. И. Гидравлический метод борьбы с зарастанием ирригационных каналов / Р. И. Вагапов, Р. А. Молдашев // Проблемы экологии АПК и охрана окружающей среды: сб. науч. тр. / РНИ «Бастау», 1997. – С. 80–81.
- 6 Мелиоративные системы и сооружения: СНиП 2.06.03-85.: утв. Госстроем СССР 17.12.85. – М.: ЦИТПГосстроя СССР, 1986. – 199 с.
- 7 Беновицкий, Э. Л. Вывод расчетных зависимостей для коэффициента шероховатости частично заросших русел / Э. Л. Беновицкий // Водные ресурсы. – 1988. – № 1. – С. 68–74.