

УДК 627.4: 626.1

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОТКРЫТОЙ МЕЛИОРАТИВНОЙ СЕТИ И ПРОГНОЗ ТРАНСФОРМАЦИИ ЕЕ ПАРАМЕТРОВ

В.Н. Карнаухов, кандидат технических наук

М.Г. Реуцкая, научный сотрудник

РУП «Институт мелиорации»

Ключевые слова: канал, открытая сеть, пропускная способность, эрозия, заиление, межремонтный период

Введение

Процессы эрозии на осушенных торфяных почвах наносят серьезный урон Республике Беларусь не только по недобору урожая, но и по ухудшению работы открытой мелиоративной сети.

Разработанная структура оценки водно-эрозионных и дефляционных процессов, проходящих на мелиоративных системах [1], свидетельствует об их комплексном влиянии на главные элементы мелиоративной системы, почву и открытую сеть. В процессе непосредственного разрушения почвенного покрова происходит заиление открытой сети. В условиях эволюции торфяников в другие типы почв с одновременным формированием выраженного мезорельефа оценить воздействие эрозионных процессов на открытую сеть конкретной мелиоративной системы при помощи существующих методик, адаптированных к условиям Беларуси, не представляется возможным.

Известно, что в каждом регионе эрозия почв проявляется своеобразно и требует специальных исследований эффективности борьбы с ней. Вместе с тем, без решения таких вопросов на мелиоративных системах невозможно решить сложный комплекс задач, связанных с повышением продуктивности сельского хозяйства через эффективность эксплуатационных работ.

При назначении противоэрозионных мероприятий требуется не только качественная, но и количественная оценка масштабов распространения эрозионных процессов на осушенных землях, а также динамики их изменения в открытой проводящей сети во времени, т.е. причин и механизмов ее заиления. Для выполнения оценок, анализов и прогнозов состояния эрозионно-аккумулятивных процессов на мелиоративных системах в последнее время особое внимание уделяется методическим подходам по определению количественных характеристик состояния открытой мелиоративной сети.

Результаты исследований и их обсуждение

Основные проблемы открытой мелиоративной сети связаны с относительно медленной трансформацией их русел в сторону уменьшения глубины за счет заиления дна и

общего понижения поверхности прилегающих осушенных земель в процессе эксплуатации мелиоративных систем. Из анализа многолетних рядов наблюдений за процессами деформации каналов в регионе Полесья установлено, что преобладающий вид деформации – заиление.

При количественной оценке интенсивности заиления необходимо дополнительно учитывать следующие основные факторы: степень трансформации осушенного массива, структуру его использования и порядок водотока. Комплексный учет данных факторов, влияние которых неодинаково во времени и пространстве, необходим для назначения оптимальных мероприятий по техническому обслуживанию открытой мелиоративной сети.

Интенсивность протекания водно-эрозионных и дефляционных процессов непосредственно зависит от степени трансформации осушенных торфяных почв, которая принята в качестве временного порога их изменения. Степень трансформации осушенных торфяных почв рекомендуется разделить на два этапа:

- начальный этап использования при наличии мощности торфяной залежи $h_{ост}$ больше критической $h_{кр}$ ($h_{кр}=35...40$ см) $h_{ост}>h_{кр}$;

- этап повышенной минерализации пахотного горизонта ($h_{ост}\leq h_{кр}$), при котором в результате припашки на отдельных повышенных элементах рельефа минерального подстилающего слоя, перемешивания его в пахотном слое с торфом и перераспределения по площади при обработке почвы формируются новые органоминеральные почвы.

На втором этапе интенсивность процесса снижения содержания органического вещества заметно возрастает. При этом известно, что основным фактором, определяющим уменьшение органического вещества на участках, используемых под травами, где не производится обработка почвы и влиянием эрозии можно пренебречь, является минерализация. Дополнительным фактором, определяющим увеличение потерь торфа при использовании его в севообороте и под пропашными, является дефляция. При образовании бугристого микрорельефа в результате неравномерного понижения поверхности возрастает влияние водной эрозии, которая в свою очередь способствует усилению воздействия ветровой эрозии, особенно на повышенных элементах рельефа.

Учитывая сказанное, дополнительным фактором, определяющим интенсивность заиления каналов, является структура сельскохозяйственного использования осушенных торфяников. В качестве количественного показателя для прогнозирования водно-эрозионных и дефляционных процессов на мелиоративных системах рекомендуется использовать агродефляционный индекс севооборота K_b [2].

Согласно [3], открытую мелиоративную сеть можно разделить на три общепринятые группы: отдельно выделены каналы первого порядка или магистральные, впадающие непосредственно в водоприемник; каналы второго и последующих порядков – проводящая сеть; регулирующая сеть (осушители и собиратели). В связи с этим в качестве пространственной характеристики для открытой сети принят порядок каналов.

Количественный учет распределения наносов по участкам каналов открытой сети осуществляется на основании уравнений баланса поступления и расхода наносов [1]. Для учета необходимо знать связи расхода наносов с гидравлическими характеристиками потока, свойства донных отложений, характер поступления наносов с мелиорированных земель и др. При отсутствии данных инструментальных измерений изменение среднегодовых объемов заиления в межремонтный период определяется по эмпирическим зависимостям, построенным по опытным данным для объектов-аналогов.

В качестве примера на рис. 1 приведены графики, отражающие изменение среднегодовых объемов заиления элементов открытой сети от продолжительности межремонтного периода для осушенных торфяных почв региона Полесья при использовании их в севообороте с агродефляционным индексом в пределах $K_b=0,3...0,7$.

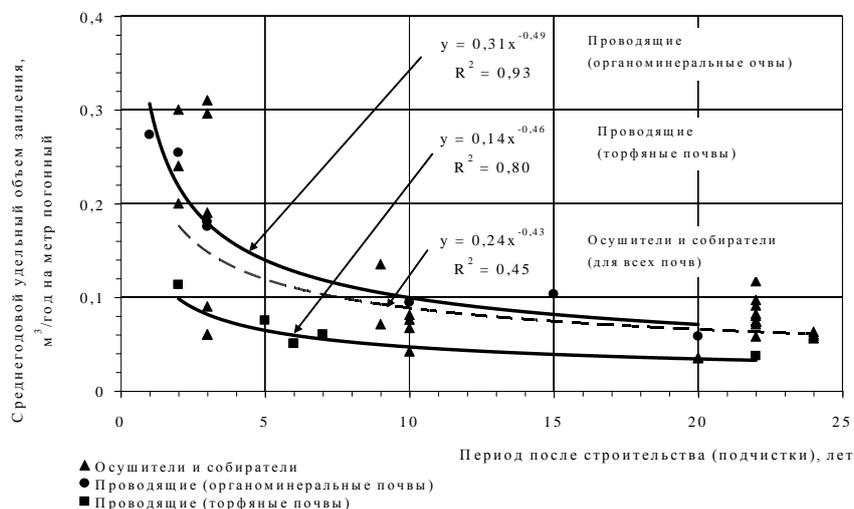


Рис. 1. Зависимости среднегодовых объемов заиления каналов на мелиоративной системе ПОСМЗил от периодичности подчистки

В отличие от проводящей сети, для которой получены достоверные степенные зависимости с коэффициентами аппроксимации R^2 в пределах 0,8-0,95, для открытых осушителей достоверная связь отсутствует ($R^2 < 0,5$). Объясняется это тем, что на заиление открытой осушительной сети непосредственно влияет случайное сочетание основных и второстепенных факторов, складывающееся на примыкающих осушенных площадях. Тем не менее, наблюдается общая тенденция уменьшения интенсивности заиления каналов во времени в межремонтные периоды. Используя аналогичные опытные данные для других условий, можно рассчитать ежегодные удельные по длине объемы заиления каналов на любой год после подчистки.

Поступление наносов с осушенных площадей зависит от множества факторов, но из данных расчета прослеживается определенная закономерность прямого влияния

удельной протяженности каналов по площади на объемы их заилиenia в расчете на один гектар осушенного массива. Чем более изрезан каналами осушенный массив, тем значительнее суммарные объемы отложений в каналах. Поэтому для планирования затрат на земляные работы по подчистке открытой сети необходимо дополнительно располагать сведениями об ее удельной протяженности.

На примере мелиоративной системы Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства (ПОСМЗил) был произведен расчет среднегодовых объемов наносов, поступивших в открытую сеть с прилегающих сельхозугодий (табл.1), построены зависимости объемов наносов от протяженности мелиоративной сети, отнесенных к площадям рассматриваемых полей, которые для исследуемых условий оказались близки к линейным (рис.2).

Таблица 1. Данные поступления наносов в открытую проводящую сеть и количественные характеристики опытного участка мелиоративной системы ПОСМЗил

Агродефляционный индекс севооборота отдельного поля K_b	Почва	Площадь поля, га	Суммарная длина каналов, км	Удельная длина каналов, км/га	Удельное среднегодовое отложение наносов за период после подчистки, м ³ /га	
					5 лет	6-й год
0,49	Органо-минеральная	367	8	0,022	2,94	1,37
0,66	Органо-минеральная	186	6,34	0,034	3,45	1,45
0,66	Торфяная	186	8,36	0,045	3,65	1,52
0,64	То же	188	8,89	0,047	4,09	1,69
0,78	»	178	4,96	0,028	2,22	0,92
0,66	»	190	3,97	0,021	1,58	0,66
0,51	»	142	8,90	0,063	5,42	2,23

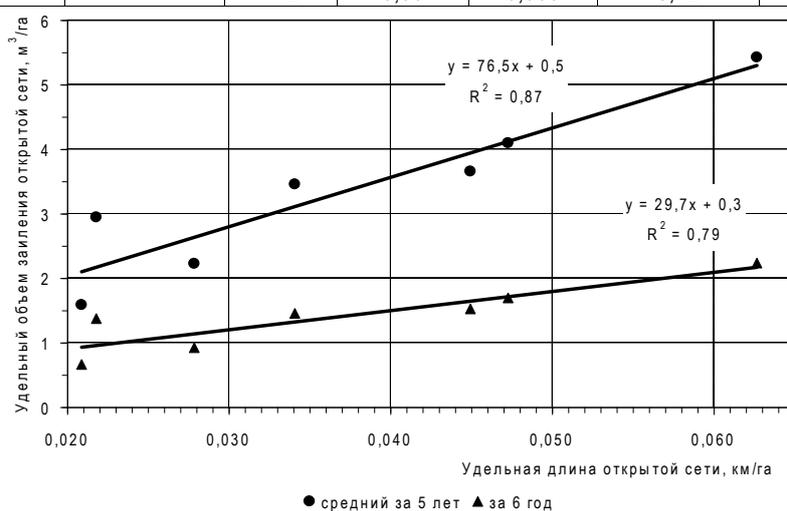


Рис. 2. Зависимости удельных среднегодовых объемов отложения наносов в открытой сети мелиоративной системы ПОСМЗил от ее удельной протяженности

Состояние открытой проводящей сети характеризуется способностью ее русел пропускать расчетные расходы воды при заданных уровнях (пропускной способностью). Количественно пропускная способность определяется расходом воды (Q) в расчетном створе русла при заданном уровне. Наличие деформаций (заиление), водной растительности, зарастание откосов, подпоры от сооружений и принимающих водотоков вызывают уменьшение пропускной способности.

При равномерном движении воды в русле при заданном (расчетном) уровне его наполнения потеря пропускной способности русла ΔQ от влияния различных факторов, уменьшающих пропускную способность, определяется по следующей зависимости:

$$\Delta Q = \frac{Q_6 - Q_i}{Q_6}, \quad (1)$$

где Q_6 и Q_i – соответственно, расход воды в русле при его нормальном состоянии (базовый вариант) и после его трансформации (зарастание, заиление и др.).

После преобразования с использованием структуры формулы Шези уравнение (1) можно представить в следующем уточненном виде:

$$\Delta Q = 1 - \frac{n_6}{n_i} \left(1 - \frac{h_3}{h_6} \right)^{1.7}, \quad (2)$$

где n_6 и n_i – соответственно, опытные коэффициенты гидравлической шероховатости русла при его нормальном состоянии (базовый вариант) и после его трансформации (зарастания);

h_6 – средняя глубина воды в русле при расчетных уровнях его наполнения для базового варианта, м;

h_3 – условный средний слой заиления русла, распределенный по ширине уреза при расчетных уровнях наполнения в базовом варианте, м.

Потеря пропускной способности русел открытой мелиоративной сети в процессе эксплуатации происходит от влияния следующих двух основных факторов, отраженных в зависимости (2):

- постепенного затухающего во времени процесса заиления русла условным слоем h_3 ;

- увеличения гидравлического коэффициента шероховатости n_i по мере зарастания русла растительностью по сравнению с базовым вариантом n_6 .

Величина изменения слоя заиления h_3 во времени прогнозируется по ежегодным объемам заиления дна на основании зависимостей, приведенных на рис. 1, или другим опытными данными.

Гидравлический коэффициент шероховатости n_i увеличивается во времени по мере зарастания русла сначала травяной растительностью, а затем кустарником различ-

ной густоты и плотности, если в канале не проводятся мероприятия по техническому уходу в межремонтный период (окашивание откосов и дна).

Для определения коэффициента шероховатости используют данные натуральных обследований растительности на откосах и дне каналов с применением рекомендаций [4].

При отсутствии таксонометрического описания все виды основной растительности в русле каналов рекомендуется разделять на следующие группы по времени при условии отсутствия уходовых работ в межремонтный период:

- скошенная трава (базовый вариант);
- нескошенные каналы первых трех лет использования;
- редкий кустарник (3-5-й год использования);
- кустарник средней плотности (6-12-й год использования);
- плотный кустарник (после двенадцатого года использования).

Пределы максимальных коэффициентов гидравлической шероховатости (уровень затопления соответствует средней высоте растительности) при отсутствии данных натуральных обследований принимаются по табл. 2.

Таблица 2. Пределы максимальных коэффициентов шероховатости для различных групп растительности

Характеристика растительности	Пределы изменения коэффициентов шероховатости n_{max}
Скошенная трава (нормальное состояние)	0,025-0,033
Нескошенные каналы до появления кустарника (высота растительности до 1,5 м)	0,035-0,05
Кустарник со средним диаметром стволов 3-7 см средней высотой 2-3 м при числе стволов на м ²	
<0,8 (редкий)	0,06-0,9
0,8-1,6 (средней плотности)	0,1-0,16
>1,6 (плотный)	0,17-0,26

Установлено [5], что коэффициент гидравлической шероховатости кустарниковой (и высокой луговой) растительности при глубинах потока в пределах $0 < H < 5h_p$ (h_p – средняя высота растительности) является величиной переменной. Причем с ростом глубины потока в пределах от $0,5h_p$ до h_p значение n_i поступательно возрастает до n_{max} . С дальнейшим повышением уровней затопления растительности коэффициент шероховатости уменьшается.

Для условий пропуска расходов с уровнями ниже средней высоты кустарниковой растительности (наблюдаемый режим в каналах), при отсутствии данных натуральных обследований, рекомендуется расчетный коэффициент шероховатости n_i определять по следующей эмпирической зависимости

$$n_i = 0,25(n_{max})^{0,57}. \quad (3)$$

Формула (3) применима при $n_{max} \geq 0,04$.

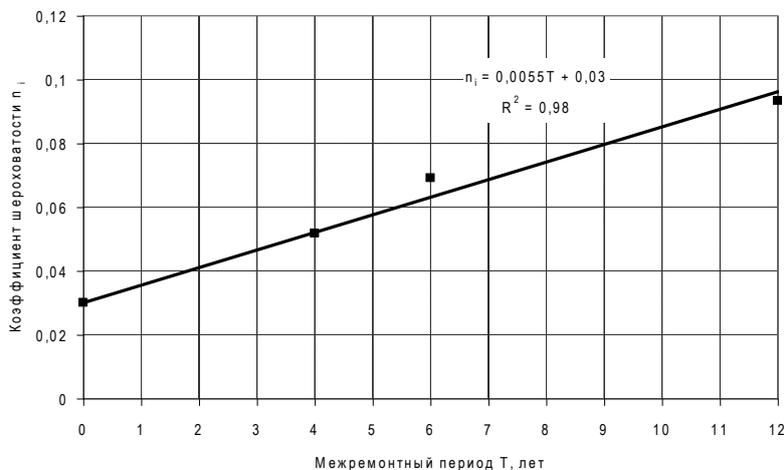


Рис. 3. Зависимость коэффициента гидравлической шероховатости канала от периода после его ремонта при пропуске ЛОП

В качестве примера на рис. 3 приведена линейная связь коэффициента гидравлической шероховатости от продолжительности межремонтного периода, полученная по экспериментальным данным для проводящих каналов мелиоративных систем на период пропуска летне-осенних паводков (ЛОП), прошедших стадию от нормального состояния до зарастания на 4-й год редким кустарником, 5-11-й годы – кустарником средней плотности и на 12-й год – плотным кустарником с характеристикой, приведенной в табл. 2.

Структура формулы, приведенная на рис. 3, удобна для применения на практике, поскольку свободный член линейного уравнения (0,03) соответствует коэффициенту гидравлической шероховатости для нормального (проектного) состояния русла канала и принимается по нормативам для рассматриваемых расчетных периодов (пропуск летне-осенних паводков, весеннего половодья, предпосевного периода или межени). Коэффициент при аргументе (0,0055) учитывает характер зарастания русла во времени и может быть определен опытным путем по одной или двум осредненным за год точкам для межремонтного периода.

В процессе составления прогноза по динамике пропускной способности открытой проводящей сети для региона Полесья анализировался гидравлический режим магистрального канала Б-1 мелиоративной системы ПОСМЗил. Из анализа данных установлено, что уровень воды в канале зависит не только от расходов, но и от ряда других факторов, случайно чередующихся во времени, таких как зарастание русла и увеличение гидравлических сопротивлений, временные подпоры от работы регулирующих сооружений и принимающих водотоков, заиление русла и др. Прогноз изменения пропускной способности магистрального канала Б-1 был составлен для опытного участка для трех случаев его естественного состояния: канал только заиленный (средний слой заиления 0,3 м); заиленный и слабо заросший ($n_i=0,04$); заиленный и сильно заросший ($n_i=0,08$). На рис. 4 представлено средневзвешенное поперечное сечение канала Б-1 для верхнего участка

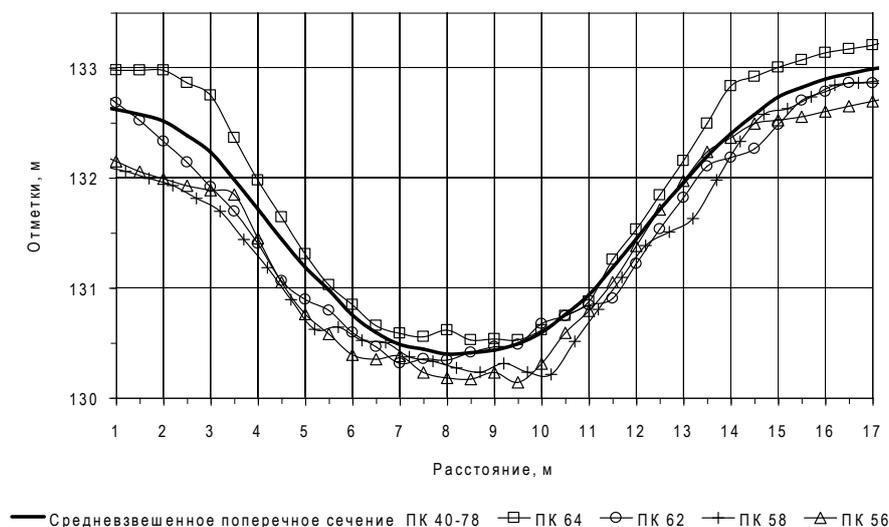


Рис. 4. Совмещенные поперечные сечения канала Б-1 на участке ПК 40-78

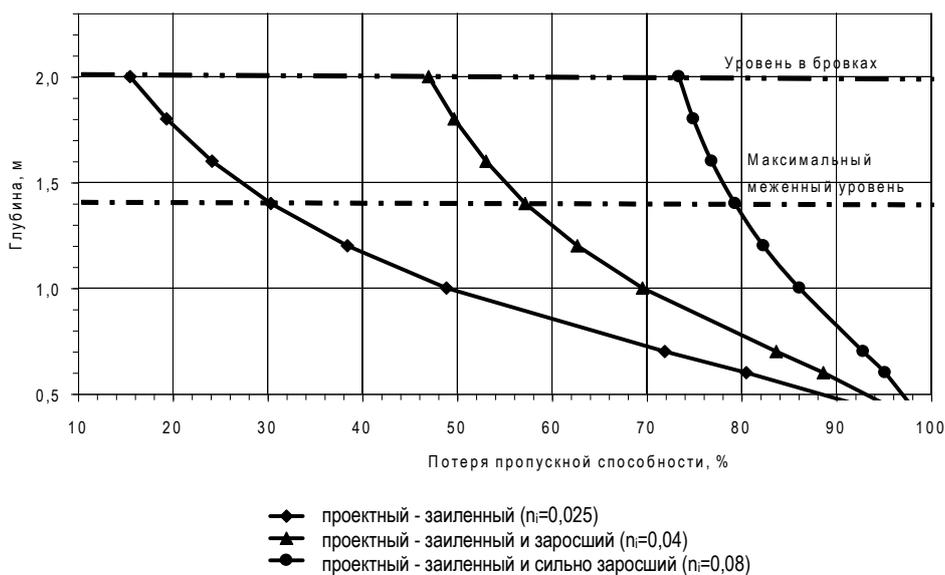


Рис. 5. Графики потерь пропускной способности средневзвешенного сечения канала Б-1 на участке ПК 40-78

(ПК 40-78) по состоянию на 2007 г., а на рис. 5 – потери пропускной способности для данного участка в зависимости от заиления и зарастания русла по сравнению с проектным.

Как видно из графиков рис. 5, изменение пропускной способности магистрального канала в процессе эксплуатации по сравнению с проектной имеет определенную особенность. На пропуск паводковых расходов в большей степени влияет зарастание русла, чем заиление. Сравнение пропускной способности канала проектных размеров с реаль-

но существующим состоянием показало, что при колебаниях уровня воды в диапазоне уровней пропуска паводковых расходов потери пропускной способности магистрального канала от заиления составляют 15-30%, если присутствует зарастание русла уже 45-55%, при заилении и сильном зарастании – 75-80%.

Похожая картина наблюдается и для каналов второго и последующих порядков открытой проводящей сети, где повторяется тенденция, аналогичная магистральным каналам.

Заключение

По результатам исследований можно отметить следующее.

1. Из анализа многолетних рядов наблюдений за процессами деформации каналов региона Полесья установлено, что преобладающими причинами их неудовлетворительного состояния являются заиление и зарастание.

2. Заиление открытой проводящей сети зависит от комплекса факторов, действие которых изменяется во времени и пространстве. При количественной оценке интенсивности заиления необходимо дополнительно учитывать следующие факторы: степень трансформации осушенного массива, структуру его использования и порядок водотока. Комплексный учет данных факторов, влияние которых неодинаково во времени и пространстве, необходим для планирования затрат на ремонтно-эксплуатационные мероприятия по техническому обслуживанию открытой мелиоративной сети.

3. В процессе эксплуатации открытая сеть не только деформируется, но и зарастает, причем последнее в большей степени, чем заиление, сказывается на уменьшении пропускной способности для проводящих каналов. Наоборот, для гидравлически нерасчитываемых каналов, к которым относятся осушители и часть собирателей, большее влияние на их работоспособность оказывает заиление, поскольку по пропускной способности в период пропуска половодий и паводков они конструктивно выполняются с некоторым запасом.

Литература

1. Карнаухов, В. Н. Структура оценки количественных характеристик эрозионных процессов на мелиоративных системах Полесья / В. Н. Карнаухов, М. Г. Реуцкая, Р. Г. Слагада // Мелиорация сельскохозяйственных земель в XXI веке: Проблемы и перспективы. Доклады межд. науч.-практ. конф. – Мн., 2007. – С. 155-159.
2. Черныш, А. Ф. Методические указания по прогнозированию водно-эрозионных и дефляционных процессов на обрабатываемых землях Беларуси / А. Ф.Черныш, Ю. А. Чижиков, А. В. Юхновец [и др.]. – Мн.: РУП «Институт почвоведения и агрохимии», 2006. – С.44.
3. ТКП 45-3.04-8-2005 (02250) Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования. – Мн., 2006. – 105 с.
4. Титов, В. Н. Методические указания по определению характера древесно-кустарниковой растительности на каналах мелиоративных систем / В. Н.Титов, К. А. Гуцанович – Мн.: РУП «Институт мелиорации», 2007. – 15 с.

5. Волков, А. Е. Мелиорация и освоение поймы Припяти / А. Е. Волков , В. Ф. Московиченко, В. Н. Козлов [и др.]. – Мн.: Ураджай. – 1982. – 247 с.

Summary

Karnaukhov V. , Reutskaya M. Estimation of Open Land Reclamation System State and Transformation Prediction of Its Parameters

Presented: systematic approaches on quantitative estimation of loads entering into the open land-reclamation system. Revealed: regularities of transformation of bed and hydraulic conditions of open land-reclamation system with respect to time and space. Stated: problems of complex influence of water-erosive and deflationary processes onto the elements of open land-reclamation system.

Поступила 19 декабря 2007 г.