

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ И ИНТЕНСИВНОСТИ ЗАИЛЕНИЯ ОТКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В СЫРДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Долидудко А.И.

Научно-исследовательский центр Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии Центральной Азии (НИЦ МКВК), Ташкент, Узбекистан

***Аннотация.** В данной статье приведена краткая информация об эксплуатационной надежности открытой коллекторно-дренажной сети, причинах ее отказа, интенсивности заиления и периодичности механической очистки. Приведены расчеты фактического и логнормального определения периодичности очистки, а также распределения интенсивности и прогноз возможного слоя заиления системы открытого дренажа.*

***Ключевые слова:** мелиоративное состояние орошаемых земель, открытый горизонтальный дренаж, заиление, эксплуатационная надежность, очистка КДС*

PATTERNS OF FAILURE AND INTENSITY OF SILTATION OF OPEN HORIZONTAL DRAINAGE IN THE SYRDARYA REGION OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

Dolidudko A.I.

Scientific-Information Center of the Interstate Commission for Water Coordination of Central Asia (SIC ICWC), Tashkent, Uzbekistan

***Abstract.** This article provides brief information about the operational reliability of an open collector-drainage network, the reasons for its failure, the intensity of siltation and the frequency of mechanical cleaning. Calculations of the actual and lognormal determination of the frequency of cleaning, as well as the intensity distribution and forecast of the possible siltation layer of the open drainage system are presented.*

***Keywords:** reclamation condition of irrigated lands, open horizontal drainage, siltation, operational reliability, purification of CDS*

На сегодняшний день вопросы улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель, предотвращение заболачивания, строительство и реконструкция коллекторно-дренажных систем, а также надежная эксплуатация открытого горизонтального дренажа являются актуальными. При борьбе с засолением орошаемых земель и снижением урожайности сельскохозяйственных культур большую роль играют дренажные системы. Открытый горизонтальный дренаж по сей день остается одним из основных видов дренирования земель с малыми уклонами и генетически не напорных типов режима грунтовых вод. На территории Республики Узбекистан открытый горизонтальный дренаж получил широкое распространение благодаря простоте конструкции и высокой механизации строительных работ.

Анализ литературных данных [5,8,9], а также опыт эксплуатации КДС и натурные исследования в Шурузьякском массиве Сырдарьинской области показывают, что работоспособность дренажной сети зависит от многих организационно-технических, природных и хозяйственно-экономических факторов, качества проекта и строительных работ, количества сооружений в нем, организации и качества технической эксплуатации систем, технологии орошения и др.

Создание надежных систем, сооружений, оборудования служит предметом рассмотрения теории надежности [7]. В основе теории надежности лежат теоретико-вероятностные соображения. Так как внешние условия эксплуатации и внутренние параметры системы носят случайный характер, отказ обычно обозначается как случайное событие, а надежность – как вероятностная характеристика системы. Например, такие факторы, снижающие работоспособность КДС как зарастание водорослями, сброс поливной воды, размыв откосов, режим работы водоприемника, уклон, мутность воды имеют случайный характер. Поэтому надежность дренажных систем может быть правильно описана и рассчитана при помощи теоритических методов вероятностей и теории случайных процессов [3].

Эксплуатационная надежность открытой коллекторно-дренажной сети - это поддержание технического состояния системы, при котором обеспечивается нормальная работа системы дренажа и прогнозный мелиоративный режим на орошаемых землях [10]. Критериями условий оценки требуемой эксплуатационной надежности открытой КДС является своевременный отвод дренажных вод в характерные периоды гидрогеологического года, при котором обеспечивается оптимальный мелиоративный режим почв. Эксплуатационная надежность относительно к существующим системам, в случае открытого горизонтального дренажа главным образом определяется значениями удельной протяженности и глубины дрен.

Эксплуатационную надежность дренажных систем нельзя рассматривать в отрыве от водообеспеченности и качества оросительной воды [6]. В современных условиях нарастающего дефицита оросительной воды, в Узбекистане устанавливаются лимиты на орошаемые земли. В связи с этим основной функцией дренажа является дренирование необходимых объемов фильтрационных вод из оросителей и инфильтрационных вод с орошаемых территорий. Она может осуществляться при других его основных параметрах, отличающихся от проектных или расчетных, соответствующих оптимальному мелиоративному режиму. Поэтому под эксплуатационной надежностью открытого горизонтального дренажа в процессе практической эксплуатации, следует понимать поддержание такого технического уровня системы, при котором при определенной водообеспеченности создается наиболее благоприятный мелиоративный эффект дренажных систем. Такой принцип позволяет по иному подойти к решаемой задаче [6, 7].

Одним из основных понятий теории надежности является отказ. Отказом называется явление, после которого наступает одно из недопустимых

предельных состояний; это событие, при котором система полностью или частично утрачивает работоспособность [6].

Отказы бывают постепенные и внезапные. Постепенные отказы КДС являются результатом медленного воздействия различных факторов по истечению какого-либо отрезка времени (t), при этом медленно снижается дренированность, и через определенное время наносится ущерб урожаю [6]. Внезапные отказы происходят вследствие установки перемычек на КДС, размывов или оплывания откосов, при этом прекращается отток грунтовых вод, дренированность земель на определенном участке равняется нулю.

Отказы в разных почвенно-мелиоративно-гидрогеологических условиях происходят по-разному. С целью исследования устойчивости откосов КДС, используя научные труды НИИИВП, проектного института «Узсувлоийха» и литературные источники [3,9,10] принята следующая типизация профилей почвогрунтов (табл. 1).

Таблица 1 - Типизация профилей почвогрунтов с целью определения интенсивности заиления открытой КДС

Обозначение типов почвогрунтовых профилей	Характеристика почвогрунтовых профилей
I	Слоистое строение, облегчающее к низу
II	Суглинки легкие и средние, не гипсованные, d_w более 0,004 мм
III	Суглинки легкие и средние, гипсованные (>5%), суглинки тяжелые и глина, не гипсованные d_w менее 0,004 мм
IV	Тяжелые суглинки и глина, гипсованные (>5%), d_w менее 0,004 мм

При этом, исходим из того, что устойчивость откосов КДС увеличивается с утяжелением механического состава почвенно-грунтовых профилей и ростом содержания гипса. По результатам полевых исследований, также была выявлена тесная связь ($\xi=0,73$) между устойчивостью откосов КДС и эффективным диаметром грунтов, причем на обследованном коллекторе и дренах с почвогрунтовыми профилями III и IV типа в основном встречается грунт с эффективным диаметром (d_w) до 0,004 мм, а в коллекторах и дренажах с почвогрунтовыми профилями I и II типа встречается грунт с эффективным диаметром (d_w) менее 0,004 мм.

Для анализа практического повтора очистки и интенсивности заиления открытой дренажной сети проведено обобщение и анализ многолетних материалов Нижнесыдарьинского БУИСа о ремонтно-восстановительных работах КДС района.

Используя методику, изложенную в работах [1,2,7], произведена статистическая обработка данных (табл. 2, 3) о мехочистке и заилении КДС.

Таблица 2 - Статистические характеристики эмпирического распределения времени на отказ

Типы почвогрунтовых профилей	Численность единиц выборочное совокупнос. n	Статистические характеристики						
		Среднее арифмет. \bar{x} , лет	Мода, M_0 , лет	Размах R , лет	Среднеквадратич. отклонение, σ , лет	Дисперсия, σ^2 , лет	Коэффициент вариации, V , %	Средняя ошибка выборки μ_x , лет
I	88	2,98	2,5	7	1,577	2,486	52,9	0,16
II	190	3,04	3,5	8	1,514	2,292	49,8	0,11
III	94	3,57	3,5	8	1,403	1,968	39,3	0,14
IV	21	4,38	4,5	5	2,035	4,125	46,3	0,44

Таблица 3 - Статистические характеристики эмпирического распределения интенсивности заиления КДС

Типы почвогрунтовых профилей	Численность единиц выборочное совокупнос. n	Статистические характеристики						
		Среднее арифмет. \bar{x} , см/год	Мода, M_0 , см/год	Размах R , см/год	Среднеквадратич. отклонение, σ , см/год	Дисперсия, σ^2 , см/год	Коэффициент вариации, V , %	Средняя ошибка выборки μ_x , см/год
I	47	23,5	20	59	14,06	197,68	59,9	2,05
II	30	15,9	15	45	10,72	114,92	67,0	1,95
III	48	14,7	15	33	7,86	61,78	53,5	1,13

При этом с учетом того, что конструкция, принципы и условия работы открытых коллекторов и дрен существенно не различаются (незначительное различие имеется в режиме работы, как большие амплитуды колебания уровня воды в коллекторах по сравнению с дренами за счет сброса поливной воды), в объем выборки включены коллектора и дрена. Для наглядного представления частоты очистки и интенсивности заиления коллекторно-дренажных сетей построены соответствующие графики (рис. 1, 2).

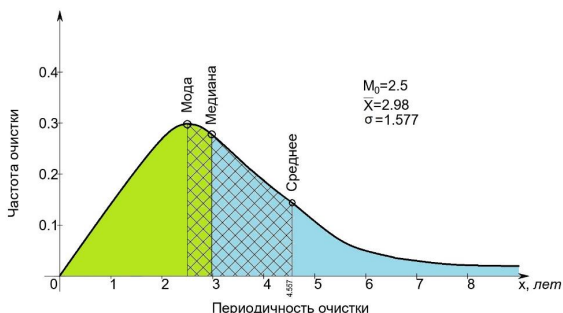


Рисунок 1 - График частоты очистки открытого горизонтального дренажа

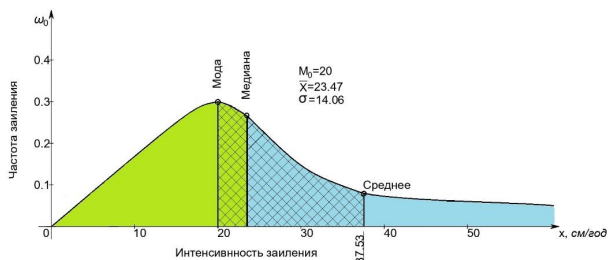


Рисунок 2 - График интенсивности заиления открытого горизонтального дренажа

Полученное эмпирическое распределение повторов очистки и интенсивности заиления открытой дренажной сети наилучшим образом аппроксимируется теоретическим логарифмически нормальным законом распределения.

По методике, изложенной в работах [1,6] производим расчет теоретических логнормальных распределений и проверку согласия опытного распределения с теоретическим.

Логнормальное распределение определяется двумя параметрами: среднее ($\bar{\ln}x$) и среднеквадратичным отклонением логарифмов ($\sigma \cdot \ln x$) (табл. 4).

Таблица 4 - Основные характеристики логарифмически-нормального распределения

Тип почвенно-грунтовых профилей	Частота очистки КДС		Интенсивность заиления КДС	
	$\bar{\ln}x$	$\sigma \ln x$	$\bar{\ln}x$	$\sigma \ln x$
I	1,131	0,437	2,915	0,709
II	1,169	0,418	2,572	0,702
III	1,362	0,334	2,475	0,667
IV	1,437	0,515		

Функция плотности логнормального распределения ($f(x)$) имеет вид:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \ln x \sqrt{2\pi}} \cdot l^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \bar{\ln x}}{\sigma \ln x}\right)^2} \quad (1)$$

$$\text{где } \bar{\ln x} = \frac{\sum (\ln x)m}{\sum m} \quad (2)$$

$$\sigma \ln x = \sqrt{(\bar{\ln x})^2 - (\ln \bar{x})^2} \quad (3)$$

$$(\bar{\ln x})^2 = \frac{\sum (\ln x)^2}{\sum m} m \quad (4)$$

Теоретические частоты логнормального распределения подсчитываем по следующим формулам

- для первой частоты:

$$m'_i = N \int_0^{x_i} \frac{1}{\sigma \ln x \sqrt{2\pi}} \cdot l^{-\frac{1}{2}z^2}; d_z = N\varphi_z \quad (5)$$

- для всех остальных частот:

$$m'_i = \int_{x_{i-1}}^{x_i} \frac{1}{\sigma \ln x \sqrt{2\pi}} \cdot l^{-\frac{1}{2}z^2}; d_z = N[\varphi_{(t_i)} - \varphi_{(z_{i-1})}] \quad (6)$$

где $\varphi(z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot l^{-\frac{1}{2}z^2} d_z$ – интеграл Лапласа.

Данные фактической (m) и теоретической (m') частоты вносим на график (рис. 3).

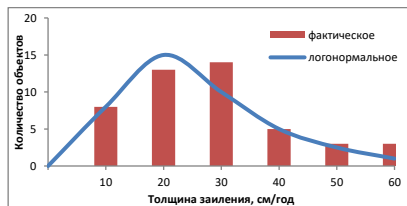
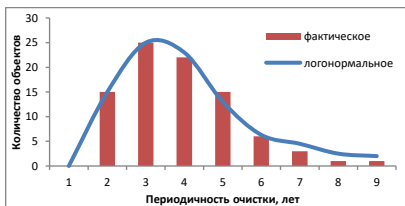


Рисунок 3 - Фактическое и логнормальное определения периодичности очистки и интенсивности заиления открытого горизонтального дренажа

Сопоставляем согласие опытного распределения с теоретическим по критериям устойчивости Джури и приближенного равенства логарифмов медианы фактического распределения средней арифметической из логарифмов вариантов [6].

1. Критерий устойчивости Джури:

$$\frac{\sum |\ln x - \ln \bar{x}|}{n \cdot \sigma \cdot \ln x} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} = 0,798 \quad (7)$$

Для рассматриваемого типа почвогрунта отклонение составило от 1,2 до 16%.

2. Определяем критерий осуществления приближенного равенства логарифмов медианы фактического распределения средней арифметической из логарифмов почвогрунта [2]:

$$\ln \cdot Me \approx \bar{\ln x} \quad (8)$$

Разница в логарифме медианы и среднеарифметической составила 0,3-7,9%.

Используя параметры логарифмически-нормального распределения, рассчитана формула плотности распределения значений толщины заиления:

$$f(x) = 0,563 \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - 2,915}{0,709} \right)^2} \quad (9)$$

Используя данные приведенных формул построен график распределения интенсивности заиления системы открытого дренажа, а также для прогноза возможного слоя заиления (рис. 4). С вероятностью $f(x) = 0,5$ можно сказать, что толщина заиления на грунтах слоистого строения облегчающаяся к низу будет составлять в среднем 15-25 см/год на не гипсованных легких и средних суглинках.

Соответственно, принимая значение $f(x)$, возможно составление прогнозных показателей слоя заиления открытого горизонтального дренажа. Основываясь на теоретическом распределении интенсивности заиления открытого горизонтального дренажа, составлен график возможности заиления системы открытого дренажа (рис. 4-5). Соответственно по ней можно определить толщину слоя заиления при различной вероятности, необходимой для составления прогнозных показателей ухудшения работоспособности КДС.

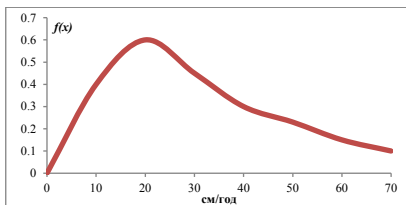


Рисунок 4 - График распределения интенсивности заиления системы открытого дренажа

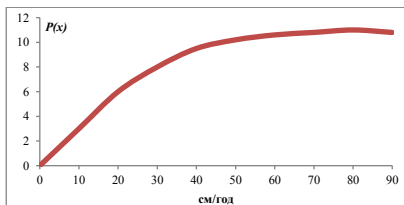


Рисунок 5 - График возможности заиления системы открытого дренажа

Список использованных источников

1. Венецкий, И.Г. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе / И.Г. Венецкий, В.И. Венецкая. – Москва: «Статистика», 1979.
2. Гаипназаров, Н. Планирование ремонтно-восстановительных работ в системах открытого горизонтального дренажа в целях управления мелиоративным режимом (на примере Голодной степи): автореф. дис. ... канд.тех.наук / Гаипназаров Н. – Ташкент, 1992. – 26 с.
3. Долидудко, А.И. Повышение надежности эксплуатации открытой коллекторно-дренажной сети при улучшении мелиоративного состояния орошаемых земель / А.И. Долидудко // Вестник мелиоративной науки. -2021. -№ 3. - С. 19-30.
4. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - М.: Колос, 1979.
5. Духовный, В.А. Горизонтальный дренаж орошаемых земель / В.А. Духовный. - М.: Колос, 1979.
6. Икрамов, Р.К. Мелиоративный мониторинг и кадастр орошаемых земель / Р.К. Икрамов и др. – Ташкент, 2008.
7. Мирцхулава, Ц.Е. Надежность гидромелиоративных систем / Ц.Е. Мирцхулава. - М.: Колос, 1974.
8. Хамраев, Ш.Р. Влияние открытой коллекторно-дренажной сети на мелиоративное состояние орошаемых земель / Ш.Р. Хамраев, А.И. Долидудко // Сборник статей XXXIX международной научно-практической конференции «Advances in Science and Technology», Москва, 15 сентября 2021 г. – Москва, 2021. - С. 122-124.
9. Чахвадзе, Г.З. О расчете устойчивости откосов коллекторов и дрен Голодной степи / Г.З. Чахвадзе // Труды САНИИРИ. – Ташкент, 1960. - Вып. 109.
10. Dolidudko, A. Method of Increasing the Reliability of the Open Horizontal Drainage System For the Purpose of Managing the Melioration Regime of the Syrdarya Region / A. Dolidudko, M. Rakhimova // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2021. - Vol. 8. - Issue 9. - Pp. 18109-18114.

References

1. Venetsky, I.G. Basic mathematical and statistical concepts and formulas in economic analysis / I.G. Venetsky, V.I. Venetskaya. – Moscow: "Statistics", 1979.
2. Gaipnazarov, N. Planning of repair and restoration works in open horizontal drainage systems in order to manage the reclamation regime (on the example of the Hungry Steppe): author's abstract. dis. ... candidate of Technical Sciences / Gaipnazarov N. – Tashkent, 1992. – 26 p.
3. Dolidudko, A.I. Improving the reliability of operation of an open collector and drainage network while improving the reclamation condition of irrigated lands / A.I. Dolidudko // Bulletin of Meliorative Science. -2021. - No. 3. - pp. 19-30.
4. Dospikhov, B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results) / B.A. Dospikhov. - M.: Kolos, 1979.

5. Dukhovny, V.A. Horizontal drainage of irrigated lands / V.A. Dukhovny. - M.: Kolos, 1979.
6. Ikramov, R.K. Meliorative monitoring and cadastre of irrigated lands / R.K. Ikramov et al. – Tashkent, 2008.
7. Mirtskhulava, Ts.E. Reliability of hydro-reclamation systems / Ts.E. Mirtskhulava. - M.: Kolos, 1974.
8. Khamraev, Sh.R. The influence of a collector-drainage open network on the reclamation state of irrigated lands / Sh.R. Khamraev, A.I. Dolidudko // Collection of articles of the XXIX international scientific and practical conference "Achievements of science and technology techniques", Moscow, September 15, 2021 – Moscow, 2021. - pp. 122-124.
9. Chakhvadze, G.Z. On calculating the stability of reservoir slopes and drains of the Hungry steppe / G.Z. Chakhvadze // Proceedings of SANIIRI. – Tashkent, 1960. - Issue 109.
10. Dolidudko, A. A way to increase the reliability of an open horizontal drainage system in order to control the reclamation regime of the Syrdarya region / A. Dolidudko, M. Rakhimova // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2021. - Volume 8. - Issue 9. - pp. 18109-18114.

УДК 628.3:631.879

DOI 10.37738/VNIIGIM.2024.47.81.011

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Дробин М. Ю., аспирант

ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», г. Новочеркасск, Российская Федерация

***Аннотация** Целью исследования являлось изучение опыта использования осадка сточных вод в сельском хозяйстве в качестве органоминеральных удобрений. На основании собранных данных можно сделать вывод, что внесение осадка сточных вод в экологически безопасных дозах благоприятно влияет на состояние земель сельскохозяйственного назначения: улучшает их агрофизические и агрохимические показатели, способствует увеличению плодородия почв. Выявлено, что различия в химическом составе осадков сточных вод требуют обязательного исследования при подборе их норм внесения для различных типов почв.*

***Ключевые слова:** осадок сточных вод, экологические показатели, агрохимические показатели, повышение плодородия почв*

EXPERIENCE IN THE APPLICATION OF SEWAGE SLUDGE IN AGRICULTURE

Drobin M. Yu., graduate student

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russia

***Annotation.** The purpose of the study was to study the experience of using sewage sludge in agriculture as organomineral fertilizers. Based on the collected data, it can be concluded that the introduction of sewage sludge in environmentally safe doses has a beneficial effect on the condition of agricultural lands: it improves their agrophysical and agrochemical indicators, contributes to an increase in soil fertility. It has been revealed that differences in the chemical composition of*