



ПРИРОДОПОДОБНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕСТАЙНИНГА ЛИМАННЫХ АГРОЭКОСИСТЕМ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

Э.Б. Дедова, А.А. Дедова, Р.М. Шабанов, А.А. Дедов

Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, Москва, Россия

Аннотация. Лиманные агроэкосистемы Российского Прикаспия обеспечивают рациональное использование местного поверхностного стока и водных ресурсов гидромелиоративных систем, служат надежным источником качественных кормов при низкой себестоимости продукции. Эколого-мелиоративные исследования показали, что в условиях усиливающейся аридизации климата проявляются деграционные процессы, приводящие к снижению продуктивности кормовых угодий. Цель данной работы — обоснование теоретических и методологических приемов природоподобной технологии восстановления сестайнинга лиманных агроэкосистем в условиях изменения климата в засушливых условиях Прикаспия. Разработана концептуальная модель природоподобной технологии, которая создаёт условия для повышения экологической устойчивости, сохранения и восстановления сестайнинга лиманных агроэкосистем и повышения их продуктивности. В основе этой модели лежит создание модифицированного поливидового фитоценоза с использованием культур, обладающих высокой питательно-кормовой ценностью.

Представлены научно-обоснованные мероприятия по оптимизации всех параметров лиманной агроэкосистемы, способствующие ее восстановлению. При этом отражены регулируемые факторы: режим затопления, система удобрений, мелиоративные приемы обработки почвы, режим использования естественного травостоя. Разработаны агро-мелиоративные приемы, обеспечивающие улучшение сестайнинга деградированных лиманных угодий на ключевом участке системы лиманного орошения инженерного типа «Малый Капитан» Республики Калмыкия. Установлено, что приемы мелиоративной обработки почвы («щелевание»), проведенные в II–III декаду октября на глубину 0,4 м с расстоянием между щелями 1,5 м обеспечивают повышение урожайности сена на 16–20%. Внесение минеральных удобрений ($N_{30-50}P_{10-20}$ кг/га действующего вещества) при продолжительности затоплений 20–30 дней на фоне проведения мелиоративной обработки способствует получению 3,77 и 4,67 т/га сена, что на 34–60% больше контрольного варианта.

Ключевые слова: природоподобная технология, лиманные агроэкосистемы, сестайнинг, агро-мелиоративные приемы, удобрения, урожайность

Original article

NATURE-LIKE RESTORATION TECHNOLOGY FOR LIMAN AGRO-ECOSYSTEMS' SEASTAINING IN THE NORTHERN CASPIAN

E.B. Dedova, A.A. Dedova, R.M. Shabanov, A.A. Dedov

Federal Research Center of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russia

Abstract. Liman agroecosystems of the Russian Caspian region ensure the rational use of local surface runoff and water resources of hydro-reclamation systems, serving as a reliable source of high-quality fodder at low production costs. Ecological and reclamation studies have shown that under conditions of increasing climate aridization, degradation processes emerge, leading to a decline in the productivity of fodder lands. The aim of this work is to substantiate theoretical and methodological approaches for nature-like technology of restoring the sustainability of liman agroecosystems under climate change in the arid conditions of the Caspian region. A conceptual model of nature-like technology has been developed, providing conditions for enhancing ecological stability, maintaining and restoring the sustainability of liman agroecosystems, and increasing their productivity through the creation of a modified multi-species phytocenosis based on crops with high nutritional and fodder value. Scientifically substantiated measures for optimizing all parameters of the liman agro-ecosystem are presented, contributing to its restoration. The regulated factors are reflected, including: the flooding regime, the fertilization system, ameliorative soil tillage practices, and the utilization regime of natural grass stand. Agromeliorative techniques have been developed to improve the sustainability of degraded liman lands at the key site of the engineered liman irrigation system «Maly Kapitan» in the Republic of Kalmykia. It has been established that ameliorative soil tillage practices («slitting») carried out in the II–III decade of October to a depth of 0,4 m, with a spacing of 1,5 m between slots, increase hay yield by 16–20%. The application of mineral fertilizers ($N_{30-50}P_{10-20}$ kg/ha of active substance), combined with a flooding duration of 20–30 days and ameliorative tillage, results in hay yields of 3,77 and 4,67 t/ha, which is 34–60% higher than the control variant.

Keywords: nature-like technologies, liman agroecosystems, sustaining, agromeliorative practices, fertilizers, yield

Введение. Современная стратегия повышения продуктивности агроэкосистем на основе адаптивно-ландшафтных экологических подходов направлена на интеграцию мелиоративных и агротехнологических приемов в природные экосистемы с учётом их специфики и минимизацией негативного воздействия на окружающую среду. Природоподобные технологии направлены на восстановление биопроductивности нарушенных лиманных угодий за счет «оживления» мелиоративных технологий в природные экосистемы и обеспечение устойчивого кормопроизводства. Лиманы Северного Прикаспия представляют собой уникальную природную экосистему, сформировавшуюся в условиях аридного климата в замкнутых понижениях с преобладанием совокупности

сообществ многолетних и однолетних травянистых растений и периодическим увлажнением почвы талыми водами [3,7]. В аридных условиях Республики Калмыкия лиманное орошение позволяет с наименьшими производственными затратами получать 4–4,5 т/га высококачественного сена естественных и сеяных трав при рациональном использовании местного поверхностного стока, а также водных ресурсов мелиоративных систем, что служит надежным источником качественных кормов. Однако лиманные сенокосы и пастбища обладают низкой продуктивностью и не позволяют полностью удовлетворить потребности животных в кормах. Общая потребность в грубых кормах во всех формах хозяйствования по региону составляет более 700 тысяч тонн [5].

Цель данной работы — разработка агро-мелиоративных приемов природоподобной технологии восстановления сестайнинга лиманных агроэкосистем в условиях изменения климата в аридных условиях Северного Прикаспия.

Методология исследований. Методические подходы базируются на современных теоретических и практических разработках в области мелиорации земель и природоподобных технологий [1–3, 12–15, 17], основанных на агро-фитомелиоративных приемах, направленных на предотвращение и восстановление деградации земель и повышения её продуктивности.

«ПТ технологии» (природоподобные технологии) — это принципиально новые технологии, которые не наносят урон окружающему миру, а существуют с ним в гармонии и позволяют

восстановить нарушенный человеком баланс между биосферой и техносферой. «Сестайнинг» — это свойство агроэкосистем восстанавливать ресурсы почв и естественных кормовых угодий, сохранять биологическое разнообразие и при этом обеспечивать достаточно высокий выход растениеводческой и животноводческой продукции. Оценка и прогнозирование эколого-мелиоративной обстановки на системах лиманного орошения проводилась на основе геоботанических обследований с использованием данных дистанционного зондирования.

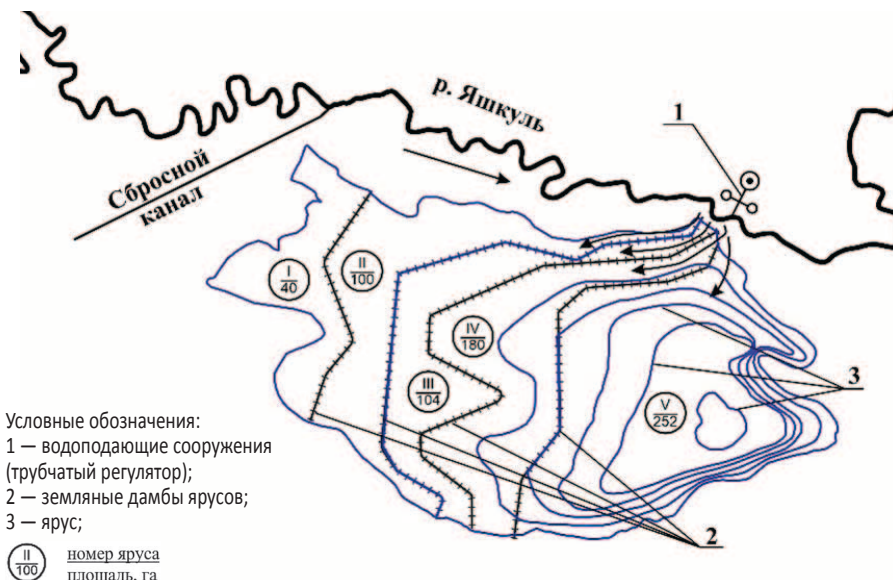
Полевые эксперименты проводятся на системе лиманного орошения инженерного типа «Малый Капитан» Республики Калмыкия с 2020 года по сегодняшний день (рис. 1).

Результаты исследований. В засушливых условиях важную роль в создании прочной кормовой базы для животноводства, наряду с регулярным орошением, играет лиманное орошение, режим которого наиболее приближен к естественным циклам круговорота веществ и энергии [1,5,13]. Значительную перспективу в этом аспекте представляет развитие лиманного орошения. На территории Калмыкии к середине 80-х гг. прошлого века было построено почти 90 тыс. га инженерных систем лиманного орошения как на местном стоке, так и подпитываемых от обводнительно-оросительных систем [3-4, 8, 14]. В настоящее время площадь инженерных систем лиманного орошения, по данным Информационного портала ФГБНУ ВНИИ «Радуга» [8] составляет 36,2 тыс. га, при этом орошают только 26-27 тыс. га.

Чтобы улучшить характеристики лиманной агроэкосистемы, восстановить плодородие почв и естественные кормовые угодья, необходимо разработать научно-методическую базу и организовать комплекс мер по улучшению естественного травяного покрова. Для этого была создана теоретическая модель восстановления лиманных агроэкосистем в условиях изменения климата в засушливых районах российского Прикаспия (рис. 2), которая основана на следующих принципах:

- рассмотрение фитогеоценоза лиманов как системы, состоящей из подсистем почв, грунтовых вод, фитоценоза;
- основными факторами, определяющими благоприятные условия взаимодействия компонентов лиманной фитогеоценоза, являются: механические и физико-химические свойства почв; химический состав, минерализация, глубина залегания грунтовых вод; состав фитоценоза;
- для поддержания благоприятных экологических условий для длительного развития или восстановления продуктивности фитоценоза в условиях лиманного орошения необходимы управляющие мелиоративные технологии;
- мелиоративные воздействия на лиманные фитоценозы должны быть экологически безопасными, имитировать природные процессы, необходимые для роста и развития растений и повышения их продуктивности, а также сестайнинга лиманных агроэкосистем в условиях изменения климата в аридном поясе европейской части РФ.

В концепции обоснованы мероприятия по оптимизации всех параметров агроэкосистемы, способствующие ее восстановлению: степени засоления почв и подстилающих их пород в слоях 0-1,0 и 0-2,0 м; общих запасов токсичных



Условные обозначения:
1 — водоподводящие сооружения (трубчатый регулятор);
2 — земляные дамбы ярусов;
3 — ярус;

II 100 номер яруса
площадь, га

Рисунок 1. Картограмма многоярусной системы лиманного орошения «Малый Капитан» Черноземельской обводнительно-оросительной системы Республики Калмыкия

Figure 1. Sketch map of the multi-tier liman irrigation system «Maly Kapitan» within the Chernozemelskaya water diversion and irrigation system, Republic of Kalmykia

солей; степени солонцеватости почв и их комплексности; глубины залегания, общей минерализации и химического состава грунтовых вод; степени заболоченности лиманных массивов; уровня плодородия почв (гумусированности и содержания питательных элементов); степени загрязнения почв тяжелыми металлами; агрофизических показателей почвы (плотность и водопроницаемость); геоботанического состава растительности; продуктивности лиманных угодий; качества и химического состава получаемых кормов; формирование поливидового злакового травостоя на землях лиманного орошения; повышение экологической устойчивости и продуктивности лиманных агроландшафтов.

Для достижения поставленной цели природоподобная технология должна предусматривать:

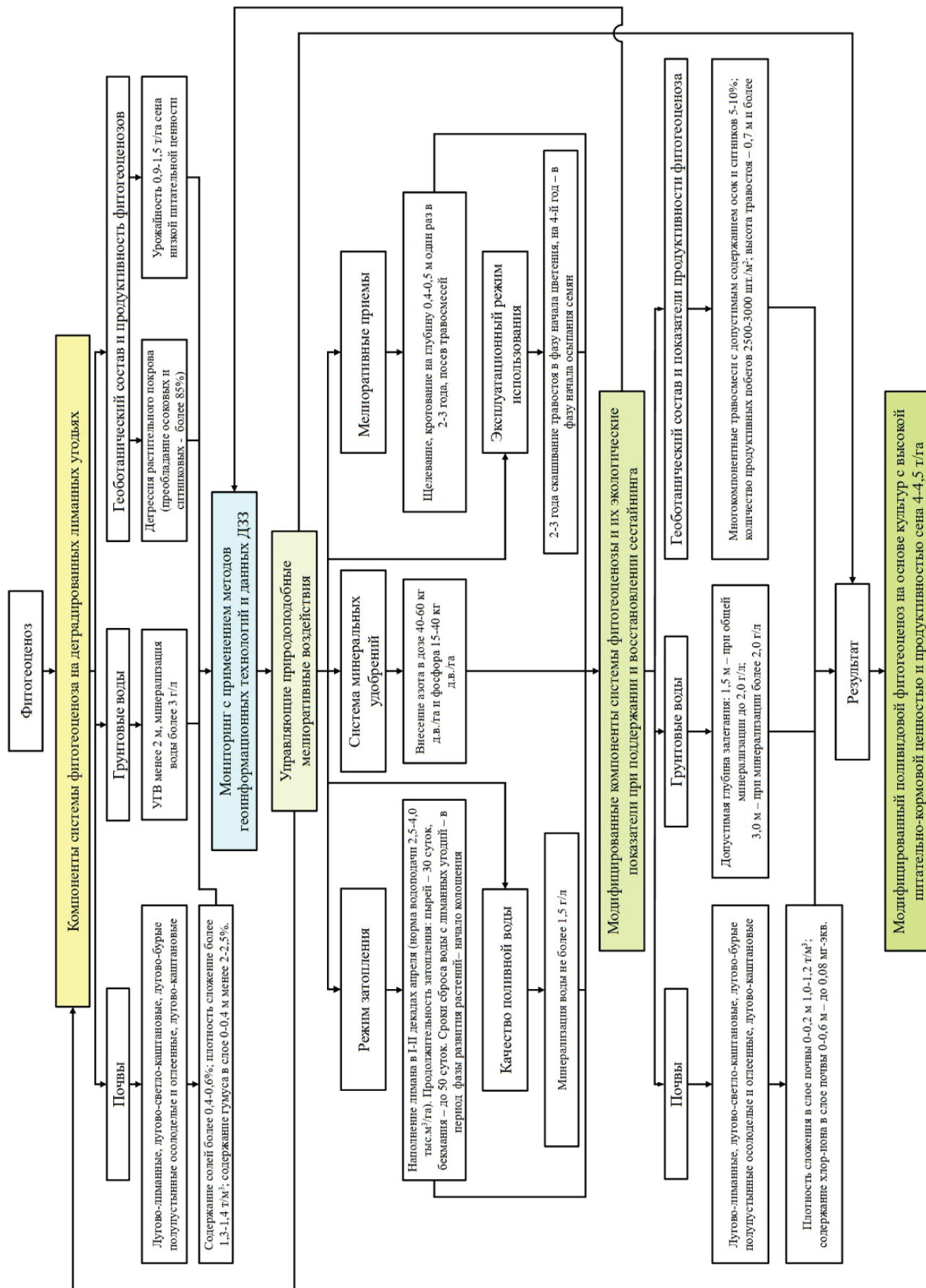
- предотвращения ухудшения эколого-мелиоративного состояния заливных сенокосно-пастбищных угодий;
 - системный мониторинг для контроля состояния лиманных агроландшафтов, оценки развития деградационных процессов, прогнозирования, планирования и управления реализацией мелиоративных мероприятий по предупреждению и минимизации возможного эколого-экономического ущерба;
 - проведение почвенно-мелиоративной и солевой съемки, геоботанических обследований с использованием данных дистанционного зондирования Земли, определение состояния фитоценоза по показателю количества фотосинтетической активной биомассы NDVI (вегетационному индексу) в условиях лиманного орошения;
 - на основе данных мониторинга, почвенно-мелиоративной и солевой съемки, геоботанических обследований разработку адаптивного комплекса мелиоративных мероприятий по повышению плодородия земель и продуктивности лиманных угодий.
- Научно-обоснованный комплекс агротехнических мероприятий, адаптированный к природно-ландшафтным условиям, обеспечивает:
- оптимизацию режима затопления с учетом почвенно-мелиоративного состояния и ви-

дового состава фитогеоценозов на каждом конкретном лиманном участке;

- обоснование системы регулярного минерального питания травостоев в дозах, обеспечивающих высокий уровень продуктивности и экологическую безопасность;
- поддержание в надлежащем состоянии всех инженерных сооружений лиманной оросительной системы, включая подводящие и сбросные каналы, разделительные и ограждающие валы и дамбы;
- разработку и применение адаптивных технологических операций по уходу за лиманным травостоем, включающих систему обработки почвы и улучшения ее структурных свойств, меры по борьбе с ядовитой, вредной и сорной растительностью.

Инженерные системы лиманного орошения располагаются в основном в зоне действия Черноземельской (ЧООС) и Сарпинской (СООС) обводнительно-оросительных систем Республики Калмыкия. Средняя урожайность на орошаемых лиманных сенокосах по республике находится на низком уровне и не превышает 14,5 ц/га, значения валового сбора при этом не выходят за пределы 30 тыс. тонн. Причины этого кроются в несоблюдении адаптивных технологий лиманного орошения, отсутствии технологических мер по улучшению сенокосных земель и в неудовлетворительном состоянии инженерных систем лиманного орошения из-за многолетней эксплуатации без ремонта и реконструкции [4-6].

Обсуждение результатов полевых исследований. Полевые исследования по разработке агро-мелиоративных приемов, обеспечивающих улучшение сестайнинга деградированных лиманных угодий, проводились на ключевом участке системы лиманного орошения инженерного типа «Малый Капитан» (площадь 700 га). Система лиманного орошения была построена в начале 1970-х годов. Состоит из 5 ярусов, сформированных земляными валами. Оросительная вода минерализацией 1,1-1,45 г/л подается из Гашунского распределителя ЧООС. Опытный участок располагается в одноименном урочище, представляет из себя замкнутое лиманное понижение, типичное для Прикаспийской низменности.



Риснок 2. Концептуальная модель природоподобной технологии восстановления сестайнга лиманных агроэкосистем в условиях изменения климата в аридных условиях Северного Прикаспия
Figure 2. Conceptua model of nature-inspired technology for restoring seastaining in liman agro-ecosystems under climate change conditions in the arid zone of the Northern Caspian region



Ранее использовался для периодического увлажнения водами местного поверхностного стока, поступающего во время ранневесеннего паводка с восточного склона Ергенинской возвышенности через русло реки Яшкуль. Многоярусная система лиманного орошения «Малый Капитан» в результате длительного функционирования без проведения должных мероприятий по режиму эксплуатации претерпела изменения. Так, на этом участке образовались области с различным водным режимом (рис. 3): от территорий участка, которые не затопляются, до участков с длительной продолжительностью затопления (более 40 суток).

Почвенный покров лиманного участка представлен зональными луговыми среднесуглинистыми, тяжелосуглинистыми и глинистыми почвами. Основным компонентом, формирующим естественный растительный покров в лимане, является пырей ползучий (*Erythra repens* (L.). Так, в поясах затопления от 15 до 30 суток, его доля составляет 90% [6]. На данном участке наблюдается наибольшая продуктивность естественного травостоя до 3,0 т/га. По мере уменьшения времени стояния воды доля *Erythra repens* (L.) сокращается до 20%, уступая место в структуре травостоя прибрежнице солончаковой (*Aeluropus litoralis* (Gouan.) Pari.) — 30%, житняку гребневидному (*Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv.) — 10% и козлобороднику луговому (*Tragopogon pratensis* L.) — 2%. На участке с затоплением более 30 суток большое количество гидрофитных видов растений: сусака — до 70%, осоки дернистой (*Carex cespitosa* L.), тростника обыкновенного (*Phragmites australis*) и камыша морского (*Bolboschoenus maritimus* (L.) — 2-5%, при этом доля пырея ползучего не превышает 25%. На данных поясах затопления урожайность сена падает до 1,0 т/га.

Результаты исследований влияния агрономелиоративных приемов на продуктивность лиманных угодий, включающих проведение мелиоративной обработки почвы («щелевание») осенью на глубину 0,4 м и расстоянием между щелями 1,5 м, показали повышение урожайности сена на 16-20% по сравнению с контрольным вариантом (табл. 1).

Отмечена наибольшая урожайность сена (2,82 т/га) в варианте с продолжительностью затопления 20-30 дней. При этом наименьшая продуктивность наблюдалась в варианте с продолжительностью затопления менее 7 дней и без проведения мелиоративной обработки почвы — 0,59 т/га. Установлено влияние внесения доз минеральных удобрений и продолжительности затоплений на урожайность сена. В варианте с продолжительностью затопления сенокосных угодий 2030 дней на фоне проведения мелиоративной обработки получено 3,77 и 4,67 т/га сена с вариантами фонов минеральных удобрений $N_{30}P_{10}$ и $N_{50}P_{20}$ соответственно, что на 34-60% больше контрольного варианта.

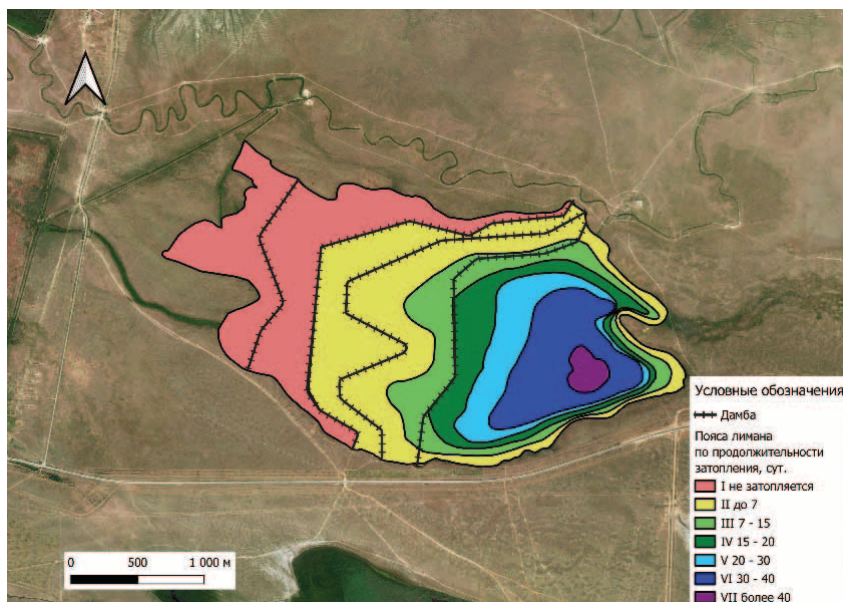


Рисунок 3. Картосхема продолжительности затопления (сутки) по ярусам на инженерной системе лиманного орошения «Малый Капитан»

Figure 3. Schematic map showing flooding duration (days) across tiers in the «Maly Kapitan» engineered liman irrigation syst

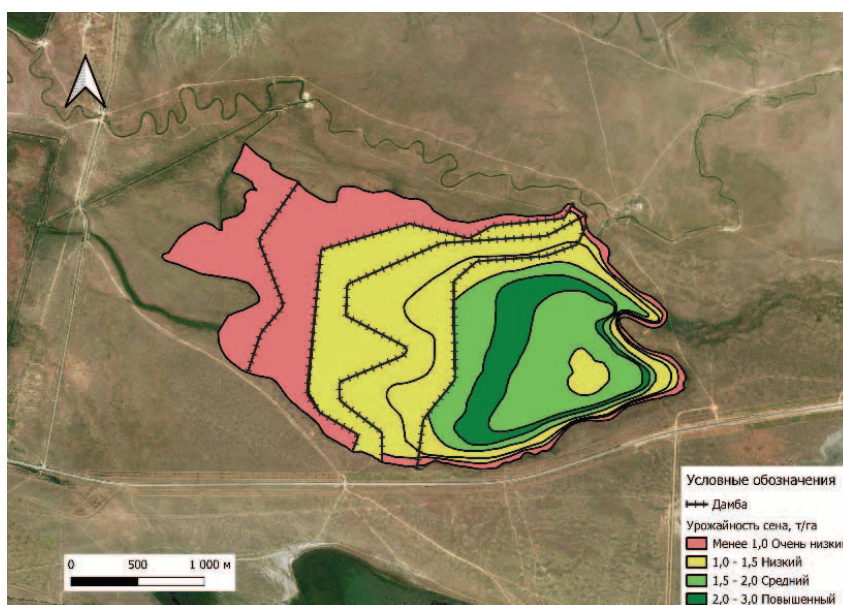


Рисунок 4. Картосхема урожайности сена (т/га) по ярусам на инженерной системе лиманного орошения «Малый Капитан»

Figure 4. Schematic map illustrating hay productivity (tons per hectare) across tiers in the «Maly Kapitan» engineered liman irrigation system

Таблица 1. Влияние агрономелиоративных приемов и продолжительности затоплений на урожайность сена инженерной системы «Малый Капитан», ц/га
Table 1. Effect of agromeliorative measures and flooding duration on hay yield «Maly Kapitan» irrigation system

Продолжительность затопления, дни (фактор А)	Контрольный вариант — «без обработки и внесения минеральных удобрений»	Мелиоративная обработка почвы (фактор В)		
		«щелевание»	дозы внесения удобрений, кг/га д.в. (фактор С)	
			$N_{30}P_{10}$	$N_{50}P_{20}$
<7	0,59	0,73	0,82	0,90
7-15	0,11	1,22	1,72	1,98
15-20	1,48	1,67	2,30	2,81
20-30	2,59	2,82	3,77	4,67
30-40	0,76	0,89	1,18	1,25
Средняя	1,29	1,46	1,96	2,32
$HCP_{05} A = 0,08$ $HCP_{05} B = 0,05$ $HCP_{05} C = 0,22$ $HCP_{05} ABC = 0,43$				



Таким образом, для реализации повышения продуктивности естественной травяной растительности лиманных угодий в пределах 4,5-5,0 т/га необходимо проведение агрономических приемов, обеспечивающих улучшение сестайнинга деградированных угодий за счет оптимизации водного и питательного режимов, а также целесообразно проведение подсева трав для восстановления густоты естественного травостоя. Обеспечение и поддержание оптимального режима затопления лиманных угодий возможно при выполнении работ по реконструкции и модернизации гидротехнических сооружений (валов, дамб, водовыпусков, водосбросов, магистральных и сбросных каналов).

Заключение. Разработанная концептуальная модель природоподобной технологии восстановления сестайнинга лиманных агроэкосистем на основе системного адаптивно-ландшафтного подхода способствует созданию условий для повышения экологической устойчивости и увеличения продуктивности сельскохозяйственных угодий за счет создания модифицированного поливидового фитогеоценоза, обладающего высокой питательно-кормовой ценностью. При этом обеспечивается баланс между антропогенной деятельностью и сохранением естественной устойчивости лиманных агроэкосистем.

Список источников

1. Borodychev V.V., Dedova E.B., Sazanov M.A., Dedov A.A. Ecosystem monitoring of water resources and reclamation facilities // Russian Agricultural Sciences. 2017. T. 43. № 4. С. 347-352. DOI: 10.3103/S1068367417040048.
2. Гриценко В.Г. Лиманы Калмыкии и их улучшение. Элиста: АПП «Джангар», 1997. 64 с.
3. Дедова Э.Б., Бородычев В.В., Сазанов М.А. Лиманное орошение Калмыкии: состояние и пути эффективного использования: монография. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2015. 272 с.
4. Дедова А.А., Широкова В.А., Дедова Э.Б., Шабанов Р.М. Разработка ГИС-проекта Черноземельской обводнительно-оросительной системы Республики Калмыкия для обоснования мелиоративных мероприятий // Международный сельскохозяйственный журнал. 2024. № 3. С. 246-249. DOI: 10.55186/25876740_2024_67_3_246.
5. Dedova, E.B. Technological regulations for improving the ecological state and increasing fodder production on estuary irrigation systems of the Caspian Lowland / E.B. Dedova, V.A. Shevchenko, A.A. Dedov, R.M. Shabanov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 1045(1). Pp. 012174. DOI: 10.1088/1755-1315/1045/1/012174.
6. Дедова Э.Б., Иванова В.И., Дедов А.А. Геоботанический анализ состояния лиманных угодий Республики Калмыкия // Научная жизнь. — 2019. — Т. 14, № 8(96). — С. 1207-1218.

Информация об авторах:

- Дедова Эльвира Батыревна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, заместитель директора по науке, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0640-911X>, Researcher ID: C-1822-2014, Scopus: 57130902500, dedova@vniigim.ru
- Дедова Алёна Андреевна**, младший научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5515-155X> Scopus: 57322248100, alena.zhe@bk.ru
- Шабанов Рустам Михайлович**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8012-692X>, Researcher ID: J-6604-2018, Scopus: 57220038266, rustam1_9@mail.ru
- Дедов Андрей Анатольевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8533-9374>, Researcher ID: J-7897-2018, Scopus: 57220024765, dedov69.69@mail.ru

Information about the authors:

- Elvira B. Dedova**, doctor of agricultural sciences, professor of the Russian academy of sciences, deputy director of science, chief researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0640-911X>, Researcher ID: C-1822-2014, Scopus: 57130902500, dedova@vniigim.ru
- Alena A. Dedova**, junior research assistant, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5515-155X>, Scopus: 57322248100, alena.zhe@bk.ru
- Rustam M. Shabanov**, candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8012-692X>, Researcher ID: J-6604-2018 Scopus: 57220038266, rustam1_9@mail.ru
- Andrey A. Dedov**, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8533-9374> ResearcherID: J-7897-2018 Scopus: 57220024765, dedov69.69@mail.ru

7. Доскач А.Г. Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М.: Изд-во «Наука», 1979. 140 с.
8. Жезмер В.Б., Адьяев С.Б., Шабанов Р.М. Алгоритм анализа гидромелиоративной системы с целью выявления причин снижения эксплуатационной надежности и производительности // Природообустройство. 2023. № 1. С. 54-61.
9. Информационный портал ФГБНУ ВНИИ «Радуга» [Электронный ресурс] <http://inform-raduga.ru>.
10. Кониева Г.Н., Иванова В.И., Адучиева М.Г. Анализ изменений основных климатических показателей на территории Республики Калмыкия за многолетний период // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 177-184.
11. Кирушин В.И. Развитие парадигмы сельскохозяйственного природопользования (к 175-летию В.В. Докучаева) // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2021. Специальный выпуск. С. 5-26. DOI: 10.19047/0136-1694-2021-D-5-26.
12. Мамин В.Ф. Проблемы сохранения и улучшения природных лиманов Прикаспия // Использование земель лиманного орошения в современных условиях: Сборник научных трудов. Волгоград: ВНИИОЗ, 2000. С. 33-46.
13. Парфенова Н.И., Исаева С.Д., Зинковский В.Н., Руднева Л.В. и др. Экологическое обоснование мелиорируемых земель. М.: ВНИИГиМ, 2001. 342 с.
14. Руднева Л.В., Сазанов М.А. Пути повышения продуктивности лиманных угодий в Республике Калмыкия // Использование земель лиманного орошения в современных условиях: Сборник научных трудов. Волгоград: ВНИИОЗ, 2000. С. 102-108.
15. Туктаров Б.И. Лиманное орошение в Заволжье. Саратов: ГАУ им. Н.И. Вавилова, 1998. 316 с.
16. Шевченко В.А., Исаева С.Д., Дедова Э.Б. Модель принятия решений в инновационных проектах развития сельскохозяйственного водопользования // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 2 (386). С. 124-128. DOI: 10.55186/25876740_2022_65_2_124.
17. Шумаков В.А., Шумаков Б.Б. Лиманное орошение. М.: Сельхозгиз, 1963. 132 с.

References

1. Borodychev, V.V., Dedova, E.B., Sazanov, M.A., Dedov, A.A. (2017). Ecosystem monitoring of water resources and reclamation facilities. Russian Agricultural Sciences, vol. 43, no. 4, pp. 347-352. DOI: 10.3103/S1068367417040048.
2. Gritsenko, V.G. (1997) *Limany Kalmykii i ikh uluchshenie* [Estuaries of Kalmykia and their improvement], Elista, Dzhangar.
3. Dedova, E.B., Borodychev, V.V., Sazanov, M.A. (2015). *Limannoe oroshenie Kalmykii: sostoyanie i puti effektivnogo ispol'zovaniya* [Estuary irrigation in Kalmykia: the state and ways of effective use], Volgograd, Volgogradskiy GAU.
4. Dedova, A.A., Shirokova, V.A., Dedova, E.B., Shabanov, R.M. (2024). *Razrabotka GIS-proekta Chernozemel'skoy obvodnitel'no-orositel'noy sistemy Respubliki Kalmykia dlya obosnovaniya meliorativnykh meropriyatiy* [Gis project development of the Chernozemelskaya irrigation system of the Republic of Kalmykia for the substantiation of reclamation

- measures]. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal*, no. 3, pp. 246-249. DOI: 10.55186/25876740_2024_67_3_246.
5. Dedova, E.B., Shevchenko, V.A., Dedov, A.A., Shabanov, R.M. (2022). *Technological regulations for improving the ecological state and increasing fodder production on estuary irrigation systems of the Caspian Lowland*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 1045(1), pp. 012174. DOI: 10.1088/1755-1315/1045/1/012174.
6. Dedova, E.B., Ivanova, V.I., Dedov, A.A. (2019). *Geobotanicheskiy analiz sostoyaniya limannykh ugodiy Respubliki Kalmykia* [Geobotanical analysis of the inundable lands in the Republic of Kalmykia]. *Nauchnaya zhizn'*, v. 14, no. 8(96), pp. 1207-1218.
7. Dorskach, A.G. (1979). *Prirodnoe raionirovanie Prikaspijskoi polupustini* [Natural zoning of the Caspian semi-desert], Moscow, Nauka.
8. Zhezmer, V.B., Ad'yaev, S.B., Shabanov, R.M. (2023). *Algoritm analiza gidromeliorativnoy sistemy s tsel'yu vyvayleniya prichin snizheniya ekspluatatsionnoy nadezhnosti i proizvoditel'nosti* [An algorithm for analyzing a hydro-reclamation system in order to identify the causes of a decrease in operational reliability and productivity]. *Prirodobustroystvo*, no. 1, pp. 54-61.
9. Informatsionnyy portal FGBNU VNIИ «Raduga». <http://inform-raduga.ru/gts/3203>.
10. Konieva, G.N., Ivanova, V.I., Aduchieva, M.G. (2023). *Analiz izmeneniy osnovnykh klimaticheskikh pokazatelei na territorii Respubliki Kalmykiya za mnogoletniy period* [Analysis of changes in the main climatic indicators in the territory of the Republic of Kalmykia over a long period of time]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vishshee professionaloe obrazovanie*, no. 2 (70), pp. 177-184.
11. Kiryshin, V.I. (2021). *Razvitiye paradigmy sel'skokhozyaystvennogo prirodoopol'zovaniya (k 175-letiyu V.V. Dokuchaeva)*. *Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva. Spetsial'nyy vypusk*, pp. 5-26. DOI: 10.19047/0136-1694-2021-D-5-26.
12. Mamin, V.F. (2000). *Problemy sokhraneniya i uluchsheniya prirodnnykh limanov Prikaspiya*. *Ispol'zovanie zemel' limannogo orosheniya v sovremennykh usloviyakh*, Volgograd, VNIIOZ, pp. 33-46.
13. Parfenova, N.I., Isaeva, S.D., Zinkovskiy, V.N., Rudneva, L.V. i dr. (2001). *Ekologicheskoe obosnovanie melioriruemyykh zemel'* [Ecological justification of reclaimed lands], Moscow, VNIIGIM.
14. Rudneva, L.V., Sazanov, M.A. (2000). *Puti povysheniya produktivnosti limannykh ugodiy v Respublike Kalmykia*. *Ispol'zovanie zemel' limannogo orosheniya v sovremennykh usloviyakh*, Volgograd, VNIIOZ, pp. 102-108.
15. Tuktarov, B.I. (1998). *Limannoe oroshenie v Zavolzh'e* [Estuary irrigation in the Volga region], Saratov, GAU im. N.I. Vavilova.
16. Shevchenko, V.A., Isaeva, S.D., Dedova, E.B. (2022). *Model prinyatiya reshenii v innovatsionnykh proektakh razvitiya sel'skokhozyaystvennogo vodopol'zovaniya* [Decision-making model in innovative projects for the development of agricultural water management]. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal*, no. 2 (386), pp. 124-128. DOI: 10.55186/25876740_2022_65_2_124.
17. Shumakov B.A., Shumakov B.B. (1963). *Limannoe oroshenie* [Estuary irrigation], Moscow, Sel'khozgiz.