

Мелиорация и рекультивация, экология

УДК 502/504:631.1:681.5

Ю. П. ДОБРАЧЕВ, А. В. МАТВЕЕВ

Государственное научное учреждение

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова

СТРУКТУРА УПРАВЛЕНИЯ АГРОМЕЛИОРАТИВНЫМИ РЕЖИМАМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПОЛЯ

Меняющиеся природные и экономические условия заставляют рассматривать задачу управления агромелиоративными режимами как минимум на трех уровнях: стратегическом (при выборе оптимального агромелиоративного комплекса в долгосрочном плане), тактическом (учет пестроты почвенных условий при распределении выделенных ресурсов на агромелиоративные мероприятия) и оперативном (по текущим агрометеоусловиям и характеристикам мелиоративного режима земель) и привлекать для создания систем управления современные информационные технологии.

Комплексная статистическая модель, информационные технологии, ресурсное обеспечение, точное земледелие, оперативное управление поливами.

Quickly changing natural and economic conditions make us consider the management task of agro-reclamation regimes on minimum 3 levels: strategic (when choosing an optimal agro-reclamation complex in the long-term plan), tactical (taking into account diversity of soil conditions when distributing the allocated resources on the agro-reclamation measures) and operating (on the current agro-meteo-conditions and characteristics of the lands reclamation regime) and apply modern information technologies for development of control systems.

Complex statistical model, information technologies, resource provision, accurate farming, operational management of irrigation.

Динамика состояния мелиорируемых земель, формирующаяся под влиянием природных факторов и агромелиоративных мероприятий, характеризуется совокупностью показателей, для которой используется понятие мелиоративного режима сельскохозяйственного поля. В работах И. П. Айдарова, А. И. Голованова, Ю. Н. Никольского приведена теория и методология исследований, а также даны фундаментальные определения понятия мелиоративного режима [1, 2]. Управление мелиоративным режимом с целью получения экономически и экологически обоснованного урожая основных культур севооборота,

повышения уровня окультуренности почв и сохранения благоприятной экологической ситуации в агроландшафте предполагает создание необходимых условий для почвообразовательных процессов. Для того чтобы обеспечить необходимый уровень продуктивности сельскохозяйственных культур, воспроизводство плодородия почвы и сохранить экологически допустимое состояние окружающей среды, необходимо согласовать природную динамику факторов почвенного плодородия с природно-мелиоративными процессами. В этой связи для регулирования и управления почвенными процессами с помощью агромелиоративных

мероприятий (с учетом их продолжительного последствия на агроэкосистему) актуально применение математических моделей, современных информационных технологий и технических средств [3, 4].

Основные функции информационной технологии управления агромелиоративными режимами сельскохозяйственных угодий можно сформировать по резуль-

татам решения ряда оптимизационных задач, различающихся по их положению в сложной иерархической структуре сельскохозяйственного производства на мелиорируемых землях.

Информационное обеспечение системы поддержки принятия решений в области агромелиорации представим в виде трех взаимосвязанных страт (рис. 1) [5, 6].



Рис. 1. Блок-схема информационного обеспечения управления агромелиоративными режимами сельскохозяйственного поля

На верхнем уровне используются данные и результаты расчетов для принятия решений стратегического плана: выбор для заданных условий наиболее эффективного состава агромелиоративных мероприятий с учетом потребностей почвы, типа севооборота и экологических требований. Кроме того, на этом этапе определяется уровень интенсификации технологии выращивания – планируемая урожайность культуры и соответствующие параметры агромелиоративного режима, при которых может быть получен максимальный прирост чистого дисконтированного дохода (ПЧДД) в режиме реализации выбранного комплекса мелиоративных и агротехнических мероприятий.

Поиск рационального варианта ресурсного обеспечения инвестиционного проекта комплексной мелиорации земель на примере ОПХ «Полково» (город Рязань, поселок Солотча) основан на решении оптимизационной задачи состава мелиоративных мероприятий для конкретной территории с учетом актуального агромелиоративного состояния почв и степени их окультуренности. Целевая функция задается максимальным значением прироста чистого дисконтированного дохода и включает стоимость каждого из видов агромелиоративных мероприятий в зависимости от их количественных характеристик (частоты и глубины заложения дрен, дозы извести, органических

и минеральных удобрений, оросительной нормы и др.), а также цены на получаемую сельскохозяйственную продукцию. Основные ограничения, включенные в задачу, обеспечивают контроль экологически допустимого состояния мелиорируемых земель.

Результаты расчетов показали, что основные рентабельные варианты комплексной мелиорации залежных земель (ПЧДД составляет от 15 до 818 тыс. р./га) ориентированы на получение урожайности: многолетних трав (сена) – 11,9; зерновых – 4,9; овощных культур – 13...14 т/га (табл. 1). Необходимый

агромелиоративный режим для этих вариантов может быть обеспечен за счет использования орошения (оросительная норма 75 % от зональной), проведения культуртехнических мероприятий, внесения органических (ежегодная доза 3...6 т/га) и минеральных удобрений (НРК 240 кг/га) и известкования почв (0,5 расчетной дозы). Для более окультуренных земель получены рентабельные варианты для кормового (276 тыс. р./га) и овощного (535 тыс. р./га) севооборотов при использовании орошения и средних доз минеральных удобрений.

Таблица 1

Основные рентабельные варианты комплексной мелиорации для земель с разной степенью окультуривания почвы (дерново-подзолистые супесчаные почвы в ОПХ «Полково»)

Севооборот	№ варианта	Культур-техника	Осушение, % от максимального значения	Орошение	Органические удобрения, т/га	Минеральные удобрения, кг/га	Известкование, % от дозы	ЧДД, р.	Урожайность, т/га
Залежные земли									
Кормовой (травы)	13	+	–	–	3,0	*	–	32 440	1,9
Зерновой	24	+	–	77 %	3,0	Под вынос	52 %	15 290	2,24
Овощной (картофель)	26	+	–	–	5,5	260	–	818 965	12,0
Низкая степень окультуривания почвы									
Кормовой (травы)	29	–	–	90 %	3,0	Под вынос	–	150 896	8,5
Зерновой	Рентабельных вариантов нет								
Овощной (картофель)	19	–	–	20 %	4,5	200	50 %	535 320	19,8
Средняя степень окультуривания почвы									
Кормовой (травы)	5	–	–	–	5,3	–	–	76 660	3,9
Зерновой	12	–	–	–	3,0	Под вынос	–	17 905	1,2
Овощной (картофель)	22	–	–	94 %	3,0	200	50 %	733 365	23

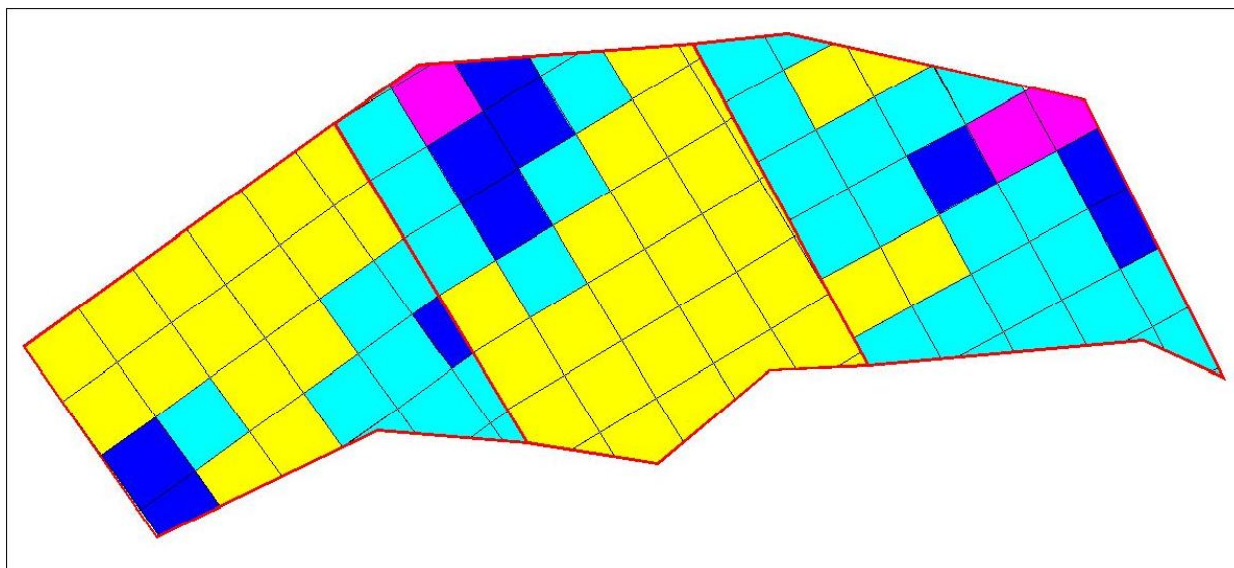
* Затраты на агротехнические мероприятия принимаются постоянными и не учитываются.

На втором уровне формируется управленческая информация тактического значения, используемая для оптимизации технологии выращивания сельскохозяйственных культур на отдельном поле, а именно: расчет оптимального соотношения между дозой вносимых минеральных удобрений и оросительной нормой, дифференцированное распределение доз мелиорантов

и удобрений по отличным друг от друга (агрохимическим свойствам почв) участкам поля, обеспечивающее по всему полю получение максимального урожая продукции. На этом этапе используется комплекс информационных технологий для реализации подходов точного земледелия при поддержании агромелиоративных режимов почв в течение периода вегетации растений [7].

Для проведения сценарных и аналитических исследований по применению информационного обеспечения точного земледелия на примере распределения азотных удобрений по полям ОПХ «Полково» (модельный объект Тинки-II) были собраны, обработаны и проанализированы аэрокосмические фотоматериалы территории, данные агрохимических анализов с картографическим отображением результатов кластерного анализа, сформированы ГИС-

карты с отображением идентифицированных участков, однородных по содержанию минерального азота (рис. 2). Разработанные алгоритмы расчета дифференцированных доз азотных удобрений по участкам (с учетом коэффициентов использования подвижного азота почвы и минеральных удобрений при сохранении общего объема удобрений, вносимых на все поле) с помощью обобщенной статистической модели позволили рассчитать валовой выход продукции.



Условные обозначения	Поле 1 (23 га)		Поле 2 (31,5 га)		Поле 3 (23 га)	
	Содержание азота, кг/га	Дифференцированная доза, кг/га	Содержание азота, кг/га	Дифференцированная доза, кг/га	Содержание азота, кг/га	Дифференцированная доза, кг/га
Yellow	21...31	187	58...68	68	39...43	84
Cyan	32...46	171	66...78	51	44...51	73
Blue	47...58	160	79...88	38	52...59	63
Magenta	—	—	89...100	< 33	60...85	< 58

Рис. 2. Картограмма однородных по содержанию азота в слое почвы 0...60 см трех полей севооборота и дифференцированных доз внесения азотных удобрений (размер элемента 100x100 м)

Анализ результатов прогноза показал, что прирост урожая зависит от исходного содержания элементов минерального питания в почве, доз вносимых удобрений и отзывчивости культуры. Применение высоких доз удобрений (180...240 кг/га) при исходно низком содержании азота в почве показало, что эффект от дифференцированного внесения азотных удобрений практически отсутствует. При малых дозах удобрений (30...60 кг/га) только за счет одного вида удобрений (азота) валовой прирост сбора

урожая на бедных дерново-подзолистых почвах может достигать 3...5 % (табл. 2).

Проведенные исследования позволили апробировать элементы информационной технологии, используемые в точном земледелии, и оценить степень их применения в мелиорации. При дифференцированном внесении мелиорантов и удобрений обеспечиваются благоприятные экологические условия в агроландшафте, в том числе за счет снижения инфильтрационного выноса биогенных элементов в грунтовые воды.

Планируемые и расчетные дозы азотных удобрений. Урожайность культур севооборота

№ поля	Культура	Планируемая хозяйством доза, кг/га	Расчетная (оптимальная) доза, кг/га	Планируемая хозяйством урожайность, т/га	Среднее значение урожайности, т/га	Урожайность, рассчитанная по технологии точного земледелия, т/га
1	Многолетние травы	180...240	230	10,0	10,4	11,0
2	Рожь озимая (однолетние травы)	60...90	72	3,0	2,24	2,35
3	Рожь озимая (однолетние травы)	60...90	72	3,0	2,24	2,31

На нижнем уровне решаются задачи оперативного управления технологией выращивания сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях: подготавливается актуальная информация о погодных условиях, росте и развитии посева в целях назначения рациональных сроков и норм поливов, подкормки, прогнозируется урожайность и сроки уборки в зависимости от складывающихся агрометеорологических условий.

Информационная технология управления агромелиоративными режимами почв включает элементы оперативного управления, в частности управления орошением. Оценка водного режима почвы сельскохозяйственного поля и прогноз его развития под влиянием складывающихся погодных условий и орошения выполняются путем водобалансовых расчетов на имитационной модели агроценоза с использованием информации о влажности почвы, о текущих и актуальных агрометеорологических и технологических данных – погодных условиях, сроках сева, фенологических характеристиках развития культуры, нормах и сроках полива.

Основная часть оперативной информации регистрируется и накапливается с помощью технических и программных средств (автоматическая метеостанция, доступные Интернет-ресурсы о прогнозе погоды, сведения о проведенных поливах, Web-сайт и др.). Эти данные анализируются с помощью динамической модели агроценоза, предназначенной для расчета продуктивности агроценоза при реализации некоторого плана полива [8]. В зависимости от складывающихся погодных

условий реализуется пошаговое принятие решений о норме и сроках полива в течение всего периода вегетации культуры. Таким образом, осуществляется процесс оптимального управления поливами по критерию максимальной урожайности.

Оценка адекватности функционирования комплекса информационных средств выполнена на основе данных полевого опыта по орошению многолетних трав (тимофеечно-кострецовой смеси) в ОПХ «Полково». Динамические ряды фактической и расчетной влажности почвы в течение всего периода вегетации коррелируют между собой ($R = 0,75$); расчетная урожайность многолетних трав при орошении близка к фактической (по укосам: расчетное значение – 3,6 и 2,63 т/га, фактическое значение – 3,65 и 2,42 т/га соответственно) (рис. 3, 4). Проведенный анализ показал допустимую точность расчетных методов и предлагаемых информационных средств для их применения в системе оперативного управления орошением.

Технология расчета оперативного режима орошения с использованием Web-сайта включает: авторизацию пользователя в системе; заполнение регистрационной анкеты; формирование пакета данных модели орошаемого агроценоза (на основе периодических сообщений пользователя и данных Интернет-ресурсов); предварительный прогон и проверку валидности расчетов; обслуживание периодических обращений пользователя в течение поливного сезона по оперативному планированию поливов; мониторинг за ходом формирования урожая в зависимости

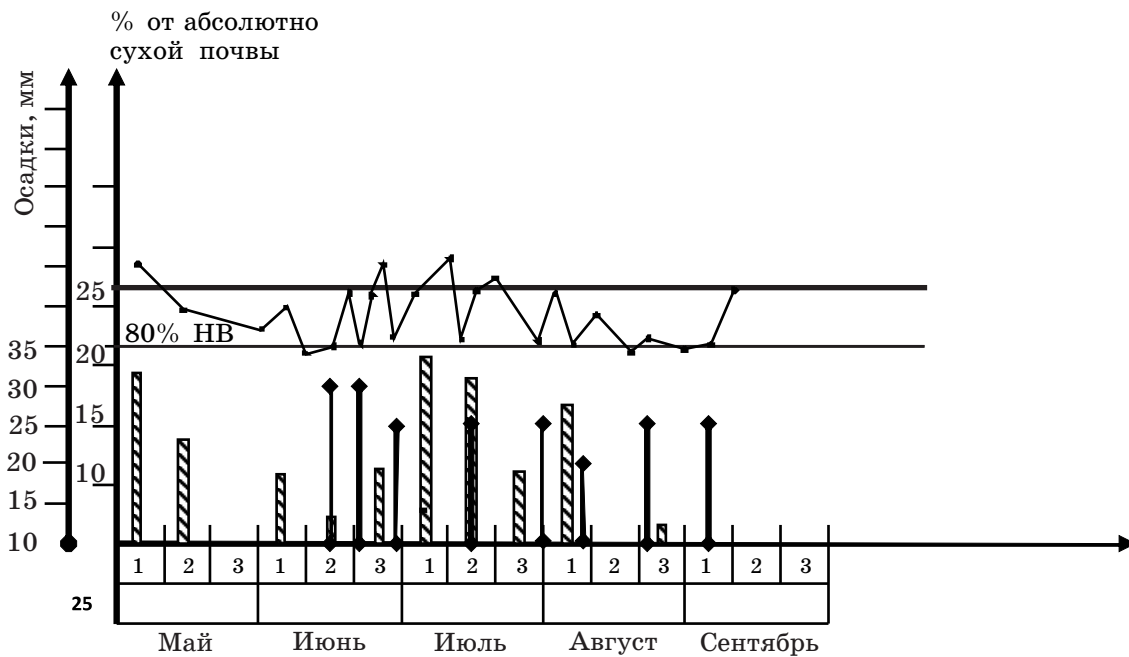


Рис. 3. Динамика влажности почвы, осадки и поливы за период вегетации многолетних трав (по данным Меццерского филиала ГНУ ВНИИГиМ, 2007 год): \uparrow полив, мм; \square осадки, мм; \blacktriangle влажность почвы, % от абсолютной сухой почвы по весу

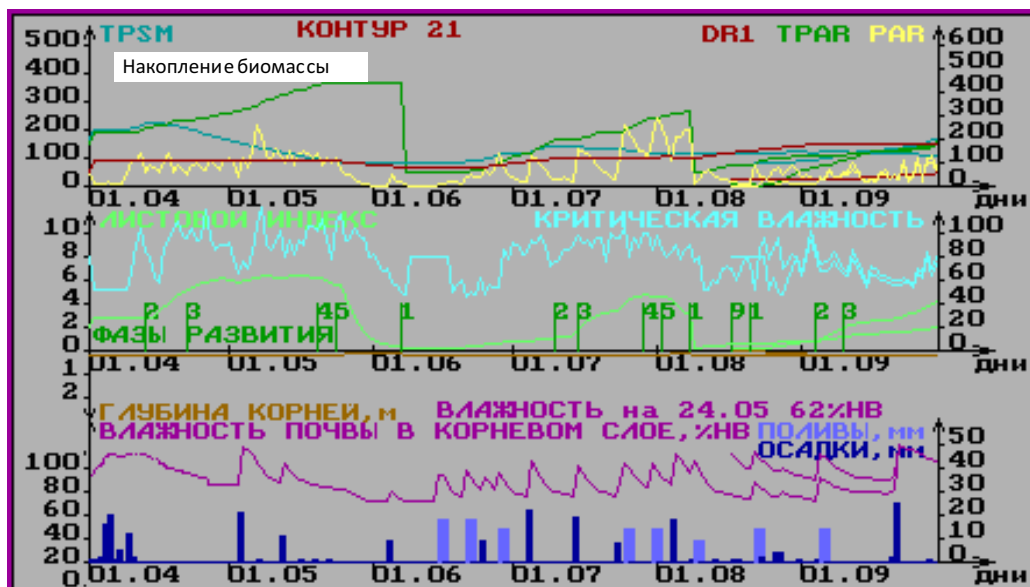


Рис. 4. Динамика влажности корнеобитаемого слоя почвы и накопления биомассы многолетних трав (численный эксперимент по условиям 2007 года ОПХ «Полково»). Урожайность по укосам: 3,6 т/га, 2,63 т/га

от складывающихся погодных условий, фактического эксплуатационного режима орошения и агротехнических мероприятий; контроль экологической обстановки. С целью повышения достоверности и адекватности расчетов в следующем вегетационном периоде проводится анализ итоговых результатов по фактической и расчетной урожайности в сложившихся

условиях вегетационного периода с учетом фактического графика полива, обеспечивающий адаптацию модели и обновление базы данных.

Оперативный план орошения представляется в форме Web-документа в виде прогноза для всего вегетационного периода, детализированного только по параметрам очередного полива, с указанием

даты и поливной нормы, предполивной влажности почвы и др.

На всех трех уровнях управления агрономелиоративным режимом сельскохозяйственного поля используется комплексная статистическая модель [9,10]:

$$y_i = Y_i \left[1 - D(A_1 - ka_1a_2)^{-\gamma_1} \cdot (A_2 - a_2)^{-\gamma_2} \right],$$

где Y_i и y_i – действительно возможная (потенциальная) и расчетная урожайность i -й сельскохозяйственной культуры, т/га; A_1, A_2 – оптимальные значения факторов агрономелиоративного режима; a_1, a_2 – актуальные значения факторов; D, k, γ_1 и γ_2 – эмпирические и размерностные коэффициенты.

Модель позволяет адекватно описать влияние различных факторов агрономелиоративного режима почвы на продуктивность агроценоза на основе фактических и расчетных параметров состояния почвы: уровня грунтовых вод, содержания гумуса, кислотности и механического состава почв, дозы вносимых удобрений, оросительной нормы (рис. 5).

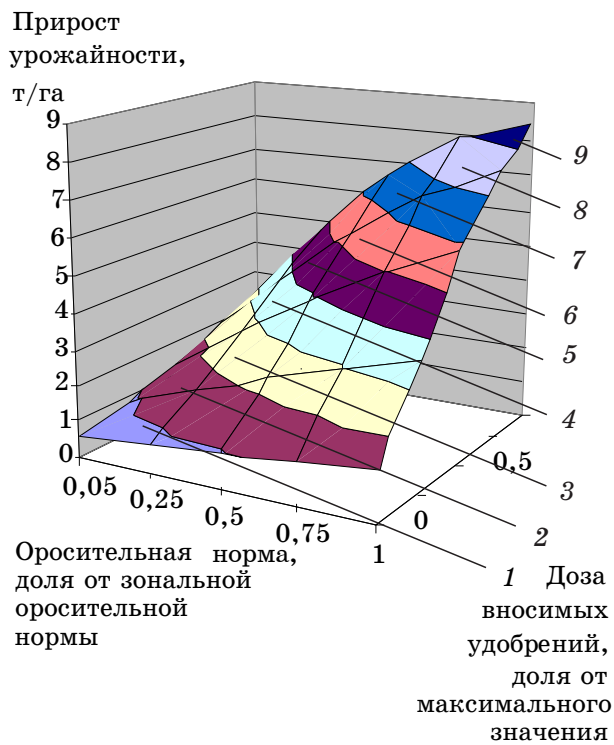


Рис. 5. Поверхность отклика функции прироста продуктивности многолетних трав при совместном воздействии орошения и доз минеральных удобрений. (Дозы удобрений и оросительная норма выражены в долях от максимальных зональных величин). Значения прироста урожайности: 1 – 0...1 т/га; 2 – 1...2 т/га; 3 – 2...3 т/га; 4 – 4...5 т/га; 5 – 5...6 т/га; 6 – 6...7 т/га; 7 – 7...8 т/га; 8 – 8...9 т/га

Выводы

Выполненные авторами оценки экономической эффективности использования информационных технологий для управления агрономелиоративным режимом почв на трех организационных уровнях принятия решений подтверждают перспективность их использования в практике эксплуатации мелиоративных систем.

Единая информационно-аналитическая интегрированная система, включающая три уровня управления агрономелиоративными режимами мелиорируемых земель, позволяет принимать обоснованные и своевременные решения по рациональному использованию ресурсов. Это способствует росту производительности труда, снижению себестоимости продукции и повышению эффективности хозяйствования.

1. Айдаров И. П., Голованов А. И., Никольский Ю. Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых земель. – М.: Агропромиздат, 1990. – 304 с.
2. Голованов А. И. Эколого-экономическое обоснование мелиоративного режима: труды Волгоградского СХИ, 1993. – С. 12–20.
3. Кирейчева Л. В. Информационные технологии управления комплексными мелиорациями агроландшафтов / Природобустройство и рациональное природопользование – необходимые условия социально-экономического развития России: сборник научных трудов. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2005. – Т. 2. – С. 100–104.
4. Юрченко И. Ф. Информационные технологии обоснования мелиорации. – М.: РАСХН, ВНИИГиМ, 2000. – 283 с.
5. Головатый В. Г., Добрачев Ю. П., Юрченко И. Ф. Модели управления продуктивностью мелиорируемых агроценозов. – М.: РАСХН, ВНИИГиМ, 2001. – 98 с.
6. Матвеев А. В. Информационные технологии в решении задач точного земледелия на мелиорируемых землях. – Коломна: ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2005. – С. 241–244.
7. Белавцева Т. М. Технологии точного земледелия, их перспективы и возможности использования на мелиорированных землях. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2009. – 112 с.
8. Добрачев Ю. П. Теория и технология управления орошением на основе эколого-физиологических моделей: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М.: РАСХН,

ВНИИГиМ, 1998. – 55 с.

9. **Матвеев А. В.** Статистическая модель продуктивности агроценоза для описания агромелиоративных режимов. – М.: ВНИИА, 2005. – 552 с.

10. **Добрачев Ю. П., Матвеев А. В.** Аппроксимация влияния агроэкологических факторов на продуктивность агроценоза. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2005. – С. 172–176.

Материал поступил в редакцию 01.02.11.

Добрачев Юрий Павлович, доктор технических наук

Тел. 8 (499) 153-07-29

E-mail: dobrachev@vniigim.ru

Матвеев Андрей Валерьевич, соискатель

Тел. 8 (499) 976-46-59

E-mail: andrey@vniigim.ru

УДК 502/504:556.164:631.587

Г. А. СЕНЧУКОВ, В. Д. ГОСТИЩЕВ

Федеральное государственное научное учреждение

«Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНОГО СТОКА ДЛЯ ОРОШЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В связи с дефицитом водных ресурсов показана актуальность и необходимость более качественного использования местного стока. В поле зрения авторов вопросы ретроспективы, современного состояния и перспектив использования местного стока для орошения земель. Уделено внимание вопросам лиманного орошения, а также вопросам усовершенствования технологий орошения на базе использования местного стока.

Местный сток, регулирование стока, малые водохранилища, пруды, лиманы, технологии орошения, севообороты, режим орошения, мобильное орошение, пойменные и склоновые участки.

In connection with the deficit of water resources in the country there is shown an urgency and necessity of a more qualitative usage of the local run-off. The authors consider the questions of a retrospective view, present state and prospects of a local run-off usage for lands irrigation. Some attention is paid to irrigation of coastal lakes as well as questions of improvement of irrigation technologies on the basis of the local run-off.

Local run-off, regulation of run-off, small reservoirs, ponds, coastal lakes, irrigation technologies, crop rotation, regime of irrigation, mobile irrigation, floodplain and slope plots.

Основным водопотребителем в агропромышленном комплексе нашей страны является орошение. В перспективе, согласно «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года», предполагается существенно увеличить объем использования водных ресурсов – до 20 км³ в год и более [1].

Располагая значительными водными ресурсами и используя в среднем не более 3 % речного стока ежегодно, ряд

регионов испытывает острый дефицит в воде, обусловленный в первую очередь неравномерным распределением водных ресурсов по территории. В зонах недостаточного увлажнения и сухих степей для возделывания многих культур хватает света и тепла, но мало воды. В то же время ранней весной и в период выпадения ливневых дождей эти районы часто избыточны водой, которая, не задерживаясь