

УДК 631.95 + 626.87:33

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ РАЗВИТИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ ВОДНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

**А.Л. Бубер, Ю.П. Добрачев, Г.Н. Суханов**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Рассмотрение вопросов размещения водных мелиораций на региональном уровне с учетом основных природных компонентов ландшафта - его литогенной основы, почв, природных вод, биоты и условий, определяющих их фундаментальные свойства, а также эколого-экономических и социальных факторов является актуальным направлением исследований по научно-методическому обеспечению водохозяйственных задач в АПК.

Принимаемые в настоящее время отраслевые программы развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса предъявляют жесткие инновационные эколого-экономические требования к параметрам реализации этих программ. Вследствие этого, определение качественного и количественного состава водохозяйственных и гидромелиоративных мероприятий должно осуществляться путем решения оптимизационных задач с обязательным соблюдением экономических, экологических и технологических критериев, требований и ограничений.

Существенной особенностью задачи размещения осушительных и оросительных систем в границах региона является определяющая роль перемещаемых ресурсов: земли, пригодной для орошения; ресурсов климата (условия увлажнения, температура, солнечная радиация); наличие источников воды для орошения или приемников для водоотведения. Достаточно инертными в этой задаче являются ресурсы рабочей силы и др. факторы инфраструктуры региона. Все это накладывает ограничения на развитие и размещение водных мелиораций на сельскохозяйственных угодьях, определенных границами агроландшафта, водосбора, водохозяйственного участка или территориально-административного деления. Среди конкурирующих по эффективности вариантов использования ограниченных объемов водных ресурсов или капиталовложений в гидромелиоративные мероприятия наиболее очевидными, прежде всего, представляются варианты их территориального размещения, приоритет которых определяется значимой неоднородностью локализации почвенно-климатических и гидрологических условий для эффективного ведения орошаемого/осушаемого земледелия.

Задача территориального размещения капитальных вложений в объекты гидромелиоративного строительства традиционно решается на основе укрупненных средних нормативов в моделях оптимального размещения сельскохозяйственного производства на перспективу, как это представлено в документах [2]. Модели размещения объектов АПК по стране, республикам, областям, к настоящему времени уже достаточно разработаны [3, 4] При формировании оптимизационной модели размещения объектов орошаемого земледелия необходимо детально учитывать специфические ограничения: по водным ресурсам (с учетом возможностей и порядка их освоения), сельскохозяйственным угодьям (нуждающимся и пригодным для

орошения/осушения), по специальной технике и другие [1, 5]. Кроме того, очень важен в такой модели количественный учет почвенно-климатических, гидрогеологических и гидрологических факторов, влияющих на водный обмен мелиорируемого агроландшафта (дренажный сток, УГВ, оросительные и поливные нормы) и на производство, поскольку от частоты и остроты водного дефицита существенно зависит окупаемость капиталовложений в орошение.

Обоснование необходимости и интенсивности водных мелиораций включает ландшафтную идентификацию территории, оценку геоморфологических, литологических, гидрогеологических и климатических условий, структуры почв и состава растительного покрова, что позволяет определить потребности в орошении и осушении с помощью математических моделей количественного описания влагооборота в сопряженных элементарных ландшафтах с учетом климатических и агромелиоративных факторов. Использование математических моделей, описывающих двумерный характер передвижения влаги в почвах и грунтах ландшафтных катен водосборов, позволяет прогнозировать водный режим почв фаций, оценить объемы и качественные показатели возвратных и дренируемых вод.

Различные варианты развития орошаемого земледелия, обеспечивающие планируемое приращение сельскохозяйственной продукции за счет имеющегося территориального природного ресурса, необходимо рассматривать как равноправные. Поэтому нельзя ориентировать формирование моделей размещения гидромелиоративных систем вне связи с общей структурой водохозяйственного комплекса и сельскохозяйственного производства региона. В моделях линейного программирования это формально сводится к заданию следующих групп переменных с соответствующими им нормативами затрат:

- развитие отраслей за счет расширения существующих площадей мелиорируемых земель без существенных капиталовложений (за счет более эффективного использования имеющихся земельных и водных ресурсов путем технологической модернизации производства);
- развитие производства продукции на существующих площадях с различными вариантами капиталовложений (реконструкция осушительных, оросительных систем, комплексная мелиорация земель и прочее);
- развитие производства на мелиорируемых землях с вновь построенными гидромелиоративными системами.

Решение проблемы выбора вариантов капитальных вложений в гидромелиорацию (модернизация, реконструкция, строительство новых объектов) начинается с выбора путей развития сельского хозяйства, когда определяется та ограниченная сумма капиталовложений в ирригацию, которая предполагалась известной при рассмотрении вариантов территориального размещения. Главный и основной критерий оценки конкурирующих между собой инвестиций - уровень финансово-экономической эффективности. Дополнительные критерии, выраженные в стоимостных, натуральных и качественных показателях в абсолютном или относительном исчислении, применяются для оценки отдельных аспектов мероприятий [1].

Сложность формирования рациональной стратегии инвестиций, которая определяет прогноз потребности в водных ресурсах, заключается в том, что программные мероприятия по мелиорации земель имеют многоцелевой и комплексный характер и значимость решения определяется показателями

финансово-экономической эффективности инвестиций и рядом других показателей, отражающих последствия реализации мероприятий в сферах экологии, природопользования, социальной и т.д. Следовательно, необходима постановка многокритериальной оптимизационной задачи, оценка приоритетов для каждой области проявления последствий от реализации мероприятий, с учетом региональной специфики экологических проблем, инвестиционной привлекательности отдельных частей (административных образований) регионов.

Комплексная оценка экономических, социальных, природно-ресурсных, экологических, технологических и финансовых аспектов мероприятий позволяет выделять приоритетные и наиболее подготовленные к реализации мероприятия. Для определения финансово-экономической эффективности инвестиций в мероприятия применяется метод оценки эффективности инвестиционных проектов, основанный на расчете дисконтированных денежных потоков за период функционирования объекта (расчет показателей эффективности: чистого дисконтированного дохода за расчетный период, внутренней нормы рентабельности, срока окупаемости инвестиций). Дополнительные критерии, выраженные в стоимостных, натуральных и качественных показателях в абсолютном или относительном исчислении, применяются для оценки отдельных аспектов мероприятий и, кроме того, могут входить в качестве ограничений, целевых индикаторов.

Рассмотрим отдельные блоки оптимизационной задачи регионального уровня размещения средств на мелиоративные системы (МС), в которой главным аргументом будут водные ресурсы и эффективность их использования.

Прогноз развития мелиораций в регионе необходимо формировать, исходя из принципа максимизации эколого-экономического эффекта с учетом экологических и технологических ограничений. Отметим, что при оценке эффективности распределения целесообразно рассматривать не только коммерческую, но и общественную эффективность.

Формально приток чистого дисконтированного дохода (ПЧДД) инвестиционного проекта по отдельной МС можно записать так:

$$ПЧДД = \sum_{t=0}^T (P_t - C_t - I_t - N_t) (1+r)^{-t} + L_T (1+r)^{-T} \Rightarrow \max ,$$

и принять за целевую функцию; где  $P_t$  – величина притоков (в частности, стоимость прибавки урожая, полученной за счет орошения);  $C_t$  – текущие оттоки, в том числе затраты на доставку воды от места водозабора до водовыдела, эксплуатационные затраты, затраты на ликвидацию негативных экологических последствий, налоги (при оценке коммерческой эффективности);  $I_t$  – инвестиции на реализацию водных мелиораций;  $N_t$  – ежегодные затраты на предотвращение негативных явлений;  $L_T$  – эффект, который может быть получен за пределами расчетного периода;  $r$  – норма дисконта (в общем случае – переменная величина).

Принимаем допущение, что на всех мелиоративных системах затраты на агротехнические мероприятия одинаковы и, следовательно, их можно не учитывать.

Прибавка урожая складывается из повышения урожайности за счет применения водных мелиораций, использования новых, более совершенных гидромелиоративных технологий, расширения площади орошаемых/осушаемых земель ( $S$ ). При расчете продуктивности целесообразно использовать функцию, описывающую урожайность сельскохозяйственных культур от средней по

севообороту оросительной ( $q$ ) или осушительной ( $h$ ) нормы. Тогда действительно возможный прирост урожайности от водного фактора  $\Delta Y(q, q_n)$  при реализации проекта будет отличаться для различных групп мелиорируемых земель в зависимости от предыстории их эксплуатации. Результаты за один год  $t$  для  $i$ -той мелиоративной системы представим как

$$P_t = z_p \cdot S_t \cdot \Delta Y(q, q_n),$$

где  $z_p$  – цена единицы  $p$ -того вида растениеводческой продукции,  $p = \{1, 2, 3\}$  – кормовой, зерновой, овощной;  $S_t$  – орошаемая площадь реконструируемой или строящейся МС;  $q_n$  – зональная (нормативная) оросительная норма. Зависимость прироста урожайности от оросительной нормы имеет вид, представленный на рисунке 1.

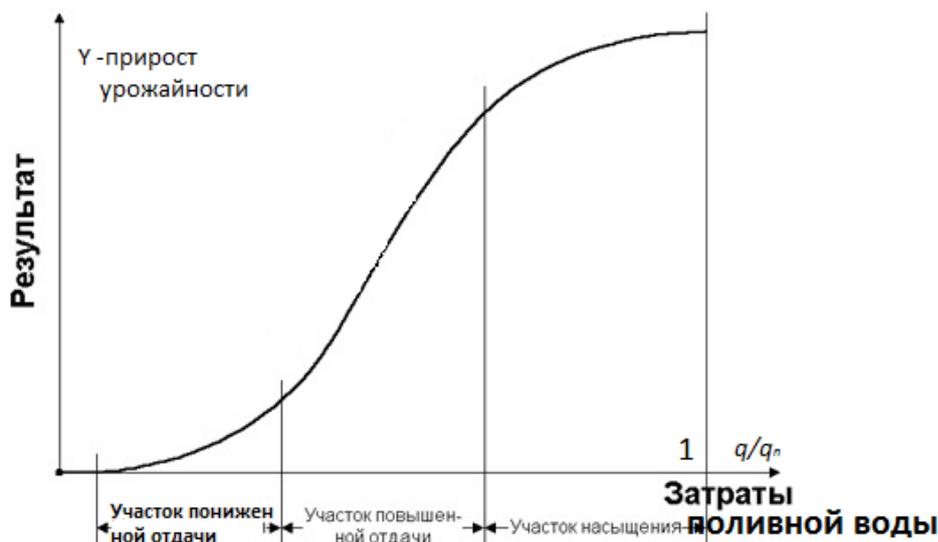


Рисунок 1 - Вид зависимости прироста урожайности с.-х. культур севооборота от оросительной нормы, выраженной в долях от зональной нормы

Представим ежегодные текущие затраты на подачу воды  $C_{mp}$  и эксплуатацию  $C_{экс}$  мелиоративной системы в виде зависимостей от объема изъятых воды на орошение:

$$C_t = C_{mp} + C_{экс},$$

Будем полагать следующий вид зависимости затрат от количества используемых водных ресурсов:

$$C_{mp} = S_t \cdot q \cdot Z_{\text{Э}}(r, l, H) / \eta; \quad C_{\text{экс}} = z_{\text{экс}} \cdot S \cdot (q/m) + Z_{\text{Э}}(H_m, Q);$$

где  $Z_{\text{Э}}(r, l, H)$  – функция затрат электроэнергии на доставку единицы объема воды от водозабора до водовыдела, руб/м<sup>3</sup>;  $r$  – сечение канала или трубопровода;  $l$  – длина канала;  $H$  – разница в геодезических отметках точки водозабора и выдела;  $H_m$  – технологический напор в оросительной сети;  $\eta$  – к.п.д. водотранспортной системы;  $Q = S_t \cdot q / \eta$  – общий объем воды, поданной на орошение земель МС, м<sup>3</sup>.

Ежегодные затраты на предотвращение и ликвидацию негативных экологических последствий представим в виде функции, аргументом которой является избыточное (нерациональное) количество использованной воды на орошение сельскохозяйственных культур. Общее количество влаги, приходящее на поля и которое не вызывает изменений в равновесии водного режима, можно оценить по величине суммарного испарения растительного покрова  $E$  (эвапотранспирация) и оттока (притока) влаги с поверхностным и подземным стоком  $h_{cm}$  (дренированность территории), не приводящим к чрезмерному

повышению уровня грунтовых вод. Сравнивая величину допустимого (экологически безопасного) поступления влаги на мелиорируемые земли с возможным поступлением осадков  $R$  и поливной воды  $q$ , можно количественно оценить величину возможного экологического ущерба (подтопление или повышение уровня грунтовых вод, усиление диффузионного стока, загрязнение водных объектов):

$$N_i \sim K \cdot [(R + q \cdot \eta_{mc}) - (E + h_{cm})]^k,$$

где  $R$  – осадки, мм;  $\eta_{mc}$  – к.п.д. технологии полива;  $E$  – эвапотранспирация, мм;  $h_{cm}$  – слой поверхностного и подземного стока, мм;  $k$  – адаптационный коэффициент, зависящий от площади орошаемых земель  $S$ , минерализации грунтовых вод, близости МС к природоохранным зонам и населенным пунктам, характеристик водоупора и др.;  $K$  – размерностный коэффициент.

Записанная схема оптимизационной задачи требует дополнительного определения ограничений, задания нормативов по стоимости работ, связанных с техническим перевооружением, реконструкцией и др. В результате решения такого типа оптимизационной задачи для каждой из существующих мелиоративных систем в границах одного водохозяйственного участка (найти максимум ПЧДД от объема водозабора на орошение) получим:

- значение прироста чистого дисконтированного дохода как показателя экономической эффективности инвестиций;
- прогноз объема водозабора за вегетационный период;
- показатель эффективности использования воды, руб./м<sup>3</sup>;
- продуктивность орошаемого земледелия;
- площадь орошения (по ограничению на водный ресурс или величину инвестиций);
- показатель антропогенной нагрузки на водосбор.

Инструментом и формой применения такого подхода к определению приоритетов конкурирующих вариантов стратегии размещения инвестиций является матрица «затраты-выгоды», которая составляется для всей совокупности МС и рассматриваемых мероприятий по водохозяйственным участкам региона по видам проявления возможных выгод в экономической, социальной и водохозяйственной сферах. Исходной позицией составления матрицы является идентификация мероприятий программы по территориальной принадлежности, направлениям реализации, решаемым задачам.

Форма таблицы для оценки эффективности мероприятий и выбора приоритетов

Код водохозяйственного участка	№ МС	Инвестиции, млн. руб.	Возможные приоритеты			
			Экономич. ПЧДД, млн. руб.	Природноресурсн., м <sup>3</sup> /год	Экологические	Эффектив. социальн. (раб. м.)
	1					
	2					
	...					
Итого:						
Ограничения						

Формирование различных конкурентных стратегий использования водных ресурсов АПК можно осуществить, выстраивая записанные в таблице характеристики функционирования объектов в ранжированные ряды и накладывая ограничения по итоговым значениям по объектам каждого водохозяйственного участка в отдельности и по всем участкам региона в соответствии с индикаторами отраслевой или социально-экономической программы развития.

#### **Литература**

1. Григорьев Е.Г. Водные проблемы России: проблемы и методы государственного регулирования. М.: «Научный мир», 2007. 238с.
2. Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель России на период до 2020 года //Концепция федеральной целевой программы (проект) М.: . ВНИИГиМ, 2010. 55 с.
3. Рекомендации по формированию и экономическому анализу сценариев восстановления оросительных систем на региональном уровне: отчет о НИР (промежут.): 1.7 / ФГНУ «РосНИИПМ»; рук.: Щедрин В. Н. - Новочеркасск, 2006. 102 с.
4. Воропаев Г.В., Исмаилов Г.Х., Федоров В.М. Моделирование водохозяйственных систем аридной зоны СССР /М.: «Наука», 1984. 312 с.
5. Рекс Л.М. Системные исследования мелиоративных процессов и систем. Москва, 1995. 124 с.