

повышенную дозу внешнего облучения людей. Рыхление почвы перед промывкой и испарением в межполивной период повышает эффективность промывки в 1,5–2 раза.

Таким образом, осуществив промывку почвы на территориях, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС, указанными способами в летне-осенний и зимне-весенний периоды можно добиться сравнительно высокого снижения удельной активности почвы.

#### Выводы

Промывку цезия необходимо организовать в первую очередь на территориях, непосредственно примыкающих к школам, детским садам, больницам, административным и другим общественным зданиям с большим скоплением людей.

В качестве источника орошения целесообразно использовать воду внутренних водопроводов зданий, подключаясь к наружным водовыпускам.

При уборке снега на городских территориях необходимо складировать его на выявленных «цезиевых пятнах» возле

зданий (указаны в статье), постепенно добиваясь снижения радиационного фона.

Лучшим временем суток для поливов в летний период является середина дня, когда почва прогревается на солнце. При этом интенсивность вымыва возрастает.

1. **Василенков С. В.** Вымывание цезия-137 из почвы периодическими поливами // Мелиорация и водное хозяйство. – 2008. – № 6. – С. 34–37.

2. **Василенков С. В.** Вынос цезия-137 эвапотранспирационным потоком влаги // Вестник Саратовского ГАУ. – 2009. – № 2. – С. 47–50.

Материал поступил в редакцию 18.01.12.

**Василенков Сергей Валерьевич**, кандидат технических наук

Тел. 8(483) 412-45-90

E-mail: [poivp@bgsha.com](mailto:poivp@bgsha.com)

**Демина Ольга Николаевна**, кандидат технических наук

Тел. 8-910-235-24-98

E-mail: [poivp@bgsha.com](mailto:poivp@bgsha.com). [ol20nik@yandex.ru](mailto:ol20nik@yandex.ru)

УДК 502/504:338.43:631.6

Г. Е. ОМАРОВА

Таразский государственный университет имени М. Х. Дулати, Республика Казахстан

## СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ОРОШЕНИЯ

*На основе многофакторного анализа природно-хозяйственных данных исследуемого региона были составлены комплексные математические модели для модернизации технологии орошения.*

*Континентальность, регион, орошение, интенсификация, прогноз, вегетационный период, способ и технология орошения, массивы орошаемых земель, природообустройство, агроландшафт, многофакторная база данных, географическая информационная система, продуктивность, водообеспеченность, природообустройство.*

*On the basis of the multiple-factor analysis of the natural-economic data of the region under investigation there were made mathematical models for modernization of the irrigation technology.*

*Continentality, region, irrigation, intensification, forecast, vegetation period, method and technology of irrigation, massifs of irrigated lands, environmental engineering, agro-landscape, multiple-factor data base, geographic information system, productivity, sufficiency of water supply.*

Территория южного региона Казахстана характеризуется резкой континентальностью климата. В условиях аридной зоны республики наблюдается низкая продуктивность земель, и главное средство ее интенсификации – орошение. В естественных условиях огромные массивы земель характеризуются продолжительностью вегетационного периода, высокой суммой активных температур, которые создают благоприятные условия для возделывания сельскохозяйственных культур только при орошении. Орошаемое земледелие должно отвечать прогнозируемым изменениям экологических, экономических и социальных условий. Оно требует комплексного решения задач, связанных с использованием водных ресурсов.

При существующей системе земледелия природные ресурсы используются неэффективно, а интенсификация сельскохозяйственного производства сопровождается резким ухудшением состояния природной среды, которая приводит к деградации и опустыниванию почв. Такое положение дел в сельском хозяйстве не отвечает концепции устойчивого развития общества и противоречит принципам природообустройства, основной целью которых является обеспечение согласования требований социально-экономического развития и природных систем, сохранение и воспроизводство плодородия почв и водных ресурсов. Использование водных ресурсов Казахстана затруднено из-за крайне неравномерного распределения их по территории страны [1–3].

Задачи водохозяйственных мероприятий – обеспечить водой орошаемые земли, исключить загрязнение и истощение водных ресурсов, сохранить экологическую обстановку региона. Для их решения проведен комплексный анализ и сбор многолетних природно-хозяйственных показателей исследуемого региона, собраны данные существующих и предлагаемых способов и технологий орошения, которые вводятся в многофакторную базу данных геоинформационных систем ГИС.

Многофакторная база данных позволяет выбирать, обосновывать, оценивать и контролировать изменения процессов в любые промежутки времени исследования. При этом учитываются заданные технологии сельскохозяйственного производства, структура посевов сельскохо-

зяйственных культур, ограничения по природно-производственным ресурсам. Задача состоит в том, чтобы с учетом требований сельскохозяйственных культур к воде и земле найти оптимальные варианты их развития. Такая постановка задачи предполагает определение производственного потенциала хозяйств при рациональном использовании водно-земельных ресурсов. Требования растений к воде отражаются уровнем полученных урожаев сельскохозяйственных культур при правильном применении ресурсосберегающих технологий орошения. Для решения поставленной задачи введены следующие обозначения:  $x_{ik}$  – площадь  $i$ -й культуры с  $k$ -м технологическим способом возделывания;  $x_{\lambda k}$  – площадь сельскохозяйственных угодий  $\lambda$ -го вида с  $k$ -й технологией возделывания;  $y_{\mu}$  – объем производства  $\mu$ -й продукции растениеводства; индексы:  $i$  – культуры растениеводства,  $\mu$  – продукции растениеводства,  $k$  – технологического способа производства,  $r$  – вида производственного ресурса.

Диапазоны изменения индексов образуют определенные множества:  $I_1$  – множество видов орошаемых культур;  $I_2$  – множество видов неполивных культур;  $K_1$  – множество технологических способов в орошаемом земледелии;  $K_2$  – множество технологических способов в неполивном земледелии;  $R$  – множество видов производственных ресурсов;  $M$  – множество видов растениеводческой продукции.

На орошаемых землях применяются два вида технологий – полив полными нормами (полностью удовлетворяются потребности в воде в многоводный год) и полив заниженными нормами с выходом на уровень продуктивности ( $S = 0,8$  в маловодный год). На поливных землях используются два технологических способа возделывания культур – традиционные технологии и прогрессивная агротехника. Таким образом, в модели выделяются следующие технологические способы производства:  $k = 1$  – технология орошения культур полными нормами (многоводный год);  $k = 2$  – технология орошения культур заниженными нормами (маловодный год);  $k = 3$  – традиционные технологии возделывания неполивных культур;  $k = 4$  – прогрессивные технологии возделывания неполивных культур.

Система ограничений экономико-

математической модели имеет следующий вид.

1. Система ограничений по использованию земельных ресурсов:

а) всей площади пашни –

$$\sum_{i \in I_1} \sum_{k \in K_1} x_{ik} + \sum_{i \in I_2} \sum_{k \in K_2} x_{ik} \leq \alpha S,$$

где  $\alpha$  – коэффициент земельного использования;  $S$  – площадь пашни;

б) орошаемой площади –

$$\sum_{i \in I_1} \sum_{j \in K_1} x_{ik} \leq S_{\text{орош}},$$

где  $S_{\text{орош}}$  – орошаемая площадь земель, подготовительных в хозяйстве.

2. Система ограничений по соблюдению севооборотных соотношений:

а) на орошаемых землях –

$$\underline{\alpha}_i S_{\text{орош}} \leq \sum_{k \in K_1} x_{ik} \leq \bar{\alpha}_i S_{\text{орош}}, i \in I_1,$$

где  $\underline{\alpha}_i, \bar{\alpha}_i$  – соответственно нижняя и верхняя доли содержания  $i$ -й культуры в орошаемой площади;

б) на неполивных землях –

$$\underline{\beta}_i S \leq \sum_{k \in K_2} x_{ik} \leq \bar{\beta}_i S, i \in I_2,$$

где  $\underline{\beta}_i, \bar{\beta}_i$  – соответственно нижняя и верхняя доли содержания  $i$ -й неполивной культуры в общей площади пашни.

3. Система ограничений по использованию водных ресурсов:

а) в целом за вегетационный период –

$$\sum_{i \in I_1} \sum_{k \in K_1} q_{ik} x_{ik} \leq Q,$$

где  $q_{ik}$  – оросительная норма  $i$ -й культуры при  $k$ -м технологическом способе возделывания;  $Q$  – объем водоподдачи за вегетационный период;

б) в напряженный период –

$$\sum_{i \in I_1} \sum_{k \in K_1} m_{ik} x_{ik} = Q_1,$$

где  $m_{ik}$  – поливная норма  $i$ -й культуры при  $k$ -м технологическом способе возделывания;  $Q_1$  – объем водоподдачи в напряженный период, определяется в процессе решения задачи; можно ввести в модуль ограничения по распределению водных ресурсов по этапам вегетационного периода, при этом должны выполняться следующие соотношения:

$$\sum_{i \in I_1} \sum_{k \in K_1} m_{ik}^t x_{ik} = Q_t,$$

где  $Q_t$  – водопотребление на  $t$ -м этапе;

$$\sum_{t \in T} m_{ik}^t = q_{ik};$$

$$\sum_{i \in T} Q_t = Q.$$

4. Система ограничений по использо-

ванию трудовых, финансовых и прочих производственных ресурсов:

$$\sum_{i \in I_1} \sum_{k \in K_1} b_{ik}^r x_{ik} + \sum_{i \in I_2} \sum_{k \in K_2} b_{ik}^r x_{ik} + \sum_{\lambda \in I_3} \sum_{k \in K_3} b_{\lambda k}^r x_{\lambda k} + \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_4} b_{jk}^r x_{jk} \leq F^r, r \in R.$$

5. Система ограничений по производству сельскохозяйственной (растениеводческой) продукции:

$$\sum_{i \in I_1} \sum_{k \in K_1} u_{ik}^\mu x_{ik} + \sum_{i \in I_2} \sum_{k \in K_2} u_{ik}^\mu x_{ik} = P^\mu, \mu \in M.$$

6. Система ограничений по охране водно-земельных ресурсов:

а) по проведению почвозащитных мероприятий –

$$\sum_{i \in I_1} \sum_{k \in K_1} V_{ik} x_{ik} + \sum_{i \in I_2} \sum_{k \in K_2} V_{ik} x_{ik} = V_1,$$

где  $V_1$  – затраты на почвозащитные мероприятия;

б) по охране водных ресурсов –

$$\sum_{i \in I_1} \sum_{k \in K_1} V_{ik}^b x_{ik} = V_2,$$

где  $V_2$  – затраты на водоохраные мероприятия.

7. Система ограничений по формированию суммарных экономических показателей:

а) стоимости продукции –

$$\sum_{\mu \in M} c^\mu p^\mu = C,$$

где  $c^\mu$  – цены растениеводческой продукции;

б) себестоимости продукции –

$$\sum_{\mu \in M} s p^\mu + \sum_{\eta \in N} s^\eta p^\eta + \sum z_{\lambda r} x_{\lambda k} = Z;$$

в) платы за водные ресурсы –

$$dQ = Z_0,$$

где  $p$  – тариф на воду;

г) балансовой прибыли сельскохозяйственного предприятия –

$$C - Z - Z_0 - Z_1 = PR;$$

д) платы за кредит и проценты –

$$(1 + \delta)(V_1 + V_2)E_H = V,$$

где  $\delta$  – процентная ставка;  $E_H$  – нормативный коэффициент эффективности;

е) налога на прибыль –

$$n_0 (PR - V) = NL;$$

ж) чистой прибыли предприятия –

$$PR - V - NL = PN.$$

В качестве целевой функции можно использовать экстремальное значение

следующих экономических показателей:  
 $PN \rightarrow \max$ ;  $Z + Z_0 + Z_1 + V \rightarrow \min$ ;  
 $PR \rightarrow \max$ ;  $M \rightarrow \min$ ;  
 $C \rightarrow \max$ ;  $NL \rightarrow \min$ .

Поскольку размеры агроформированных резко отличаются друг от друга, для обеспечения их сравнительной характеристики предлагается удельный показатель эффективности орошаемых хозяйств – чистая прибыль на один гектар земли.

Реализация описанной модели возможна при наличии следующих составляющих:

оптимального сочетания орошаемых земель;

оптимальной структуры севооборотов сельскохозяйственных культур;

оптимального выбора технологий орошения;

оптимального использования водно-земельных и трудовых ресурсов;

балансового соотношения по производству и использованию ресурсов сельского хозяйства;

оптимального временно-пространственного распределения водных ресурсов в зависимости от года водообеспеченности;

соблюдения севооборотных соотношений на орошаемых и неполивных землях;

учетанормативах издержек на почвоохранные и водоохраные мероприятия;

оптимальных объемов производства рассматриваемых видов сельскохозяйственной продукции;

выделения средств на реализацию мероприятий [3, 4].

В качестве исходной информации принят прогноз урожайности сельскохозяйственных культур при различных технологиях возделывания. В модели имитированы различные производственные ситуации: индексация цен на сельскохозяйственную продукцию, динамика размеров земельных и объемов водных ресурсов, изменение значений других экономических показателей. Модели орошаемого земледелия построены с учетом изменения влажности почвы и сохранения плодородия почв.

Полученные результаты решаемой задачи позволяют получить полную экономическую оценку эффективности водных и земельных ресурсов, принять оптимальные управленческие решения по рациональному водопользованию и охране водных ресурсов. Расчеты позволяют создать эффективную систему контроля состояния водообеспеченности (система

мониторинга водной среды) и управления качеством водных ресурсов.

Геоинформационный подход и новейшие информационные технологии позволяют конструировать карты водообеспеченности для различных водных источников, разных временных сезонов и рассматриваемых уровней управления водными ресурсами, наиболее опасных загрязнителей. Эти продукты картографирования служат ценными инструментами анализа и прогноза водопотребления для соответствующих органов управления и принятия адекватных решений.

В основу оценки экономической эффективности водных ресурсов Казахстана по размещению и развитию сельскохозяйственного производства на орошаемых землях положена теория инновационной оценки в рыночных условиях. Сравнительная характеристика двойственных оценок оптимальных планов и инновационного подхода дает принципиальную основу формирования объективных оценок водных ресурсов.

Несомненна перспективность исследований предлагаемого проекта, так как состояние загрязнений водных объектов и улучшение качества водных ресурсов – постоянная проблема сельско- и водохозяйственного производства. Предложенные методы исследований гармонизируют взаимоотношения в системе «человек – природа» и позволяют дать оценку водосбережению и предотвращенному экологическому ущербу по основным направлениям снижения загрязнения и водоохранной деятельности.

С помощью методов системного анализа при изучении сельскохозяйственного использования природных ресурсов возможно комплексное рассмотрение как технико-экономических, так и экологических аспектов природопользования в этой отрасли хозяйства. При управлении использованием водных ресурсов для целей орошения возникает необходимость компромисса между противоречивыми задачами: снизить затраты на водоподачу и повысить чистый доход в растениеводстве с учетом возможного недополучения урожая при дефиците поливной воды; предотвратить происходящую при орошении минерализацию и загрязнение вод в реке-водоприемнике и соблюсти стандарты по качеству водных ресурсов и т. д. Рассмотрение природоохранных

задач при оптимизации использования земельных и водных ресурсов в сельском хозяйстве предполагает наличие количественных показателей, характеризующих воздействие на окружающую среду в зависимости от способа использования ресурсов, специализации и эффективности сельскохозяйственного производства. Основные процессы, связанные с влиянием сельскохозяйственного производства на качество земельных и водных ресурсов, характеризуются следующими показателями: вынос минеральных солей коллекторно-дренажным стоком в водные объекты и рост минерализации природных вод; вынос химических элементов с сельскохозяйственных водосборов. Оценки влияния антропогенных воздействий на качество используемых ресурсов и обратного воздействия ухудшенного качества этих ресурсов на эффективность сельскохозяйственного производства позволяют скорректировать планы развития сельскохозяйственного производства с учетом негативных побочных воздействий на водные и земельные ресурсы [5].

Многофакторная оценка водохозяйственной ситуации исключает заведомо неэффективные решения и позволяет решать задачи неопределенности информации, предоставляя для лиц, принимающих решения, согласованный инструмент региональной оценки, отображающий требования природы с позиций устойчивости и будущих поколений.

Руководители, специалисты по планированию и управлению водными ресурсами смогут использовать результаты расчетов на моделях в следующих случаях:

при поиске участков и звеньев неэффективного использования стока, перебора воды, непропорционального распределения стока;

при разработке эффективных планов распределения воды между различными пользователями и участками;

для того чтобы найти пути экономии воды и повышения продуктивности ее использования.

Новые технологии требуют радикальных изменений структур управления, оптимизации регламента, систематизации, закрепления и расширения теоретических и практических знаний по проектированию и использованию современных информационных технологий на основе анализа информационной среды водохозяйственной системы.

### Выводы

Выбор эффективной технологии орошения с учетом годовой водообеспеченности для современных сельскохозяйственных объединений является актуальным. Чтобы решить поставленную задачу, была составлена многофакторная база данных ГИС, которая и явилась основой выбора, обоснования, оценки и модернизации технологий орошения путем создания оптимальных моделей. В предлагаемой системе экономико-математических моделей рассматривается полный спектр факторов формирования урожаев сельскохозяйственных культур при различных технологиях возделывания, с соблюдением законов сохранения вещества и энергии, принципов рационального водопользования. Представлен алгоритм управления водным режимом сельскохозяйственных культур в различных погодных условиях.

Результаты исследований позволяют получить экономическую оценку эффективности водных и земельных ресурсов, принять оптимальное управленческое решение в области рационального водопользования и охраны водных ресурсов. Расчеты позволяют создать эффективную систему контроля состояния водообеспеченности (системы мониторинга водной среды) и управления качеством водных ресурсов.

1. Вагров М. Н., Кружилин И. П. Технология поверхностного орошения сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1980. – 208 с.

2. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник; под ред. Б. Б. Шумакова. – М.: Агропромиздат, 1990. – Т. 6. – 415 с.

3. Практикум по автоматизации и эксплуатации гидромелиоративных систем / Б. С. Серикбаев [и др]. – Ташкент: Мехнат, 1996. – С. 157–178 с.

4. Касьянов А. Е. Моделирование оптимального режима орошения // Гидротехника и мелиорация. – 1975. – № 10. – С. 42–45.

6. Контроль за рациональным использованием воды на поливных участках / С. И. Исабай [и др]. // Гидрометеорология и экология. – 2000. – № 2. – С. 163–167.

Материал поступил в редакцию 24.08.12.  
**Омарова Галия Едильбековна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Водные ресурсы»  
 E-mail: Galiyaomar@g mail.com