

## Мелиорация и рекультивация, экология

УДК 502/504:556.13:631.6

**Г. В. ОЛЬГАРЕНКО**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»

**Ф. К. ЦЕКОВЕВА**

Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта

### **ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ АГРОБИОЦЕНОЗОВ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

*Даны предложения по повышению экологической безопасности орошения на основе совершенствования методов расчета суммарного испарения и планирования поливов. Представлены исходные материалы, необходимые для оперативного планирования поливов, характеристики изменчивости параметров моделей расчета суммарного испарения и режимов орошения. Даны рекомендации по планированию экологически безопасных режимов орошения.*

*Суммарное испарение, экологически безопасные режимы орошения, эффективность орошения, оперативное планирование поливов.*

*There are given proposals on improvement of the environmentally safe irrigation on the basis of improvement of calculation methods of the total evaporation and irrigation planning. The necessary materials for the efficient irrigation planning, characteristics of the variability of the models parameters for calculation of total evaporation and irrigation modes, recommendations on the ecologically safe irrigation planning are given.*

*Total evaporation, environmentally safe irrigation regimes, irrigation efficiency, efficient irrigation planning.*

Орошение в степной и сухостепной зонах позволяет увеличить продуктивность агробиоценозов в 2–3 раза. Однако одновременно с положительным эффектом в зоне действия гидромелиоративных систем отмечается ухудшение экологической обстановки. Развитие таких негативных процессов, как подъем уровня грунтовых вод, вторичное засоление и осолонцевание почв, водная эрозия, загрязнение природных вод происходит из-за недостаточно высокого технического уровня оросительных систем и низкого качества управления орошением и водопользованием. Нередко при самом высоком техническом уровне оросительных систем неэффективное управление орошением приводит к значительным потерям воды

на сток и инфильтрацию, нерациональному расходованию энергетических, материально-технических ресурсов и ухудшению экологической обстановки.

Управление процессом орошения на гидромелиоративных системах сопряжено со значительными трудностями, так как потребность в воде изменяется во времени и зависит от большого числа стохастических факторов. При оценке альтернативных вариантов необходимо учитывать физическую и физиологическую природу водопотребления сельскохозяйственных культур с учетом пространственно-временной изменчивости почвенно-климатических условий, технические, экономические, социальные и экологические аспекты орошения.

Модели для оперативного управления поливами описывают процессы формирования урожайности сельскохозяйственных культур в заданных диапазонах почвенно-климатических, организационно-хозяйственных условий и влагообеспеченности. Можно смоделировать процессы формирования и динамики оптимального режима орошения, взаимосвязи почвенных, метеорологических параметров, физиологических показателей роста биомассы растений при различной влагообеспеченности и заданных агротехнических условиях (рисунок).



Структурная схема модели управления орошением

В мировой практике функционирует множество разнообразных информационных систем и моделей, реализуемое качество управления которых зависит как от уровня обеспеченности потребителей средствами связи, вычислительной техникой, так и от точности применяемых расчетных зависимостей информационного обеспечения.

Планирование режима орошения сводится к решению уравнения водного баланса и определению почвенных влагозапасов орошаемого участка на начало и конец расчетного периода. Если инструментальное определение количества осадков, метеорологических показателей вполне доступно, то инструментальное определение влажности почвы не может обеспечить объема информации, необходимого для массовой корректировки поливных режимов и объема водоподачи. Поэтому изменение влагозапасов определяют по уравнению водного баланса с расчетом суммарного испарения (эвапотранспирации) на основе эмпирических моделей. Ошибки при расчете эвапотранспирации в значительной степени влияют на точность определения влагообеспеченности посевов, а следовательно, и на точность нормирования орошения.

Поскольку полностью учесть совокупность всех внешних факторов невозможно, используют упрощенные методы расчета, включающие главные факторы – воздействующие на испарение и поддающиеся измерению и учету (таблица).

Для оценки условий тепло-, влагообеспеченности могут быть использованы следующие характеристики: испаряемость, величина осадков и дефицит естественного увлажнения. Им свойственна наибольшая теснота связи с суммарным испарением, величиной оросительных

Парные коэффициенты корреляции суммарного испарения, оросительных норм и урожайности с основными метеорологическими факторами

Показатель	$E_w$	$t$	$d$	$P$	$E_w - P$	$ET$	$M_{op}$	$\sigma$
Испаряемость $E_w$	1	0,94	0,96	-0,84	0,85	0,96	0,72	0,75
Температура воздуха $t$	0,94	1	0,82	-0,85	0,93	0,75	0,60	0,08
Дефицит влажности воздуха $d$	0,96	0,82	1	-0,76	0,91	0,88	0,75	0,15
Осадки $P$	0,84	-0,85	-0,76	1	-0,95	0,18	0,69	0,10
Дефицит естественного увлажнения $E_w - P$	0,85	0,93	0,91	-0,95	1	0,85	0,98	0,62
Суммарное испарение $ET$	0,96	0,75	0,88	-0,80	0,85	1	0,80	0,86
Оросительная норма $M_{op}$	0,75	0,60	0,70	0,69	0,98	0,80	1	0,53
Стандартное отклонение $\sigma$	84,9	180,2	179	58,5	98,6	78,0	114	7,6

норм и урожайностью. (Наибольшая теснота связи, характеризуемая коэффициентом корреляции 0,96, отмечена у суммарного испарения с испаряемостью, выступающей как комплексная характеристика гидрометеорологических условий). Различные коэффициенты корреляции и уровень изменчивости характеристик указывают на отсутствие прямолинейных зависимостей между ними, позволяют сделать вывод о том, что наиболее точная количественная оценка влияния гидрометеорологических условий на рост и развитие растений, суммарное испарение посевов может быть получена с использованием нелинейных математических зависимостей.

Главное требование к моделям – достаточно точно отражать изменение водного режима посевов.

Анализ работ А. М. Алпатьева, С. В. Выхованко, Э. Г. Евтушенко, Ю. П. Добрачева, А. Р. Константинова, В. Б. Местечкина, В. П. Остапчика, С. И. Харченко, Н. М. Химины, Д. Б. Циприса, А. Ю. Черемисинова, С. А. Яковлева и исследования авторов [2, 3, 9–11] позволяют утверждать, что ни одна из предложенных моделей не является универсальной, пригодной для любых почвенно-климатических условий.

Одной из причин снижения качества информационного обеспечения технологий управления орошением, повышающей опасность принятия неоптимальных управленческих решений, является изменчивость параметров моделей (биоклиматических коэффициентов), отражающих связь внешних условий с биологическими характеристиками растений и суммарным испарением.

В работах В. И. Алексеева, Н. В. Данильченко, А. Р. Константинова, Е. В. Струнникова, Н. В. Химины, Д. Б. Циприса, А. Ю. Черемисинова указываются следующие причины изменчивости: отличие погодных условий конкретного года от «средних» за период исследований; различный уровень влагообеспеченности в одни и те же фазы развития растений; использование в моделях прямолинейной связи между  $ET$  и  $E_0$ ; некорректная постановка экспериментов; нерепрезентативность данных метеостанций [1,10,11]. Исследования, проведенные авторами, позволяют снизить или устранить влияние этих факторов, заметно улучшить усло-

вия применения моделей для определения суммарного испарения.

Совершенствование эмпирических моделей в основном сводится к повышению достоверности исходной информации, получению региональных коэффициентов, оценке их изменчивости от тепло- и влагообеспеченности расчетного периода. Наиболее существенно точность моделей повышает учет влияния водного стресса на урожайность сельскохозяйственных культур (в систему учета включены данные по депрессии испарения за счет увеличения водного стресса). Но здесь, по мнению авторов, не учитывается еще один фактор изменчивости – при постановке экспериментов не соблюдается фактор «единственного различия».

Для получения коэффициентов используют данные, полученные в разные годы, объединяя их для отдельных расчетных периодов (например, для одной фазы развития культуры, но в разные годы исследований). Но дело в том, что даже при соответствии «средних» климатических характеристик разных лет изменчивость их в каждый конкретный год значительно различается (например, при одинаковых среднесуточных температурах максимальные и минимальные отклонения могут существенно различаться).

Даже при сходных средних агрометеорологических показателях в разные годы, месяцы, декады их режим распределения может быть различным внутри расчетного периода, что сказывается на росте и развитии растений, а следовательно, и на суммарном испарении. При экспериментальном определении параметров моделей этот фактор необходимо учитывать. Существующие стандартные методики не дают возможности количественно оценить влияние этого фактора изменчивости.

Предложена новая методика, позволяющая получить количественные показатели изменчивости параметров моделей. Опытный участок разделяют на два блока: в одном организуют проведение исследований по стандартным методикам, в другом проводят посев сельскохозяйственных культур со сдвигом во времени, что позволяет получить разные фазы развития растений на едином метеорологическом фоне при одинаковых режимах распределения метеорологических факторов внутри периода и при одинаковой

изменчивости факторов внешней среды.

Величины инфильтрации, влагообмена в зоне аэрации изменчивы как во времени, так и в пространстве. Главные причины этого – изменчивость влагонасыщения зоны аэрации и изменчивость гидрометеорологических условий. Наиболее высокая точность расчетов возможна лишь тогда, когда условия тепло-, влагообеспеченности вегетационного периода соответствуют тем, при которых получены аналитические зависимости и их параметры. Следовательно, необходимо получить серию математических уравнений и графиков, описывающих влияние изменения гидрометеорологических и гидрологических факторов на величину инфильтрации и расхода грунтовых вод на испарение. Такие зависимости позволяют достаточно точно, с ошибками, не превышающими 15 %, рассчитывать величины влагообмена в зоне аэрации при многообразном сочетании условий и теплообеспеченности вегетационного периода.

Анализ научно-технических материалов М. И. Будыко, А. Р. Константинова, В. П. Остапчика, С. В. Харченко, Н. М. Химины и других исследователей указывает на реальную возможность повышения точности расчетов по моделям за счет учета количественной изменчивости биоклиматических коэффициентов в зависимости от метеорологических условий и влагообеспеченности посевов в конкретные фазы развития растений [2, 4–9].

Достоинством методов является возможность оценки влияния влагообеспеченности посевов на соотношение суммарного испарения и испаряемости. Однако испарение принимается одинаково пропорциональным влагозапасам почвы во все фазы развития растений, что неверно с точки зрения физиологии растений, так как прямая пропорциональность между влагозапасами и водопотреблением в природе часто нарушается. На различных этапах онтогенеза избыток или недостаток влаги по-разному сказывается на приросте биомассы и интенсивности испарения сельскохозяйственных культур. В данных моделях присутствуют эмпирические коэффициенты, неучет изменчивости которых под влиянием изменчивости условий влагообеспеченности может приводить к существенным ошибкам. Ограничивает их применение локальный характер формул для расчета испарения и испаряемости,

а также ненадежность учета с помощью биоклиматических коэффициентов культур, биологических особенностей водопотребления растений в разные фазы развития при различной влагообеспеченности.

Для конкретных почвенно-климатических условий необходимо получение закономерностей изменчивости параметров (биоклиматических коэффициентов) с учетом вероятностного характера агрометеорологических условий, влагообеспеченности посевов и биологических особенностей сельскохозяйственных культур на разных этапах онтогенеза.

#### Выводы

Универсального метода расчета суммарного испарения, одинаково пригодного для различных почвенно-климатических условий и природных зон, не существует. Для конкретных почвенно-климатических условий необходимо уточнять эмпирические параметры, биоклиматические коэффициенты культур, используемые в расчетных методах, учитывать пространственно-временную изменчивость, агрометеорологическую обстановку, влагообеспеченность посевов, биологические особенности культур.

Для повышения качества информационного обеспечения процесса планирования орошения, точности расчетов суммарного испарения требуется проведение комплексных водно-балансовых и агрометеорологических исследований системы «почва – растение – атмосфера».

Совершенствование моделей для нормирования орошения повысит точность расчетов суммарного испарения, динамики влагозапасов, оперативного планирования поливов, а следовательно, и эффективность управления использованием водных ресурсов. В итоге снизятся потери оросительной воды на инфильтрацию и сток, спадает интенсивность развития ирригационной эрозии, уменьшится экологическая обстановка на орошаемых землях, возрастет эффективность орошения.

1. Константинов А. Р., Струнников Э. А. Нормирование орошения: методы, их оценка, пути уточнения // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 1. – С. 19–28. – № 2. – С. 33–42.

2. Остапчик В. П. Информационно-советующая система управления орошением. – Киев: Урожай, 1989. – 248 с.

3. Ольгаренко В. И., Ольгаренко Г. В.,



**Рыбкин В. Н.** Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем; под ред. В. И. Ольгаренко. – Коломна: Инлайт, 2006. – 391 с.

4. Расчет режимов орошения сельскохозяйственных культур и проектных норм водопотребности: методические рекомендации; под общ. ред. Г. В. Ольгаренко. – Коломна: ООО «Инлайт», 2012. – 151 с.

5. **Волков А. С., Тульверт В. Ф., Фиалковский П. Г.** Сравнительная оценка методов расчета испарения при орошении // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – № 4. – С. 13–14.

6. **Капустина Т. А., Аванесян И. М., Спирина Е. Ю.** Исследование и оценка циклических изменений климатических показателей по природным зонам агроландшафтов Нечерноземья и ЦЧО: сб. науч. трудов ФГОУ ВПО МГУП. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2005. – Ч. 2. – С. 217–223.

7. **Айдаров И. П., Голованов А. И., Никольский Ю. Н.** Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель. – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 58 с.

8. **Галямин Е. П.** Оптимизация оперативного распределения водных ресурсов в орошении. – Л.: Гидрометеиздат, 1981.

– 272 с.

9. **Головатый В. Г., Добрачев Ю. П., Юрченко И. Ф.** Модели управления продуктивностью мелиорируемых агроценозов. – М.: ВНИИГиМ, 2001. – 166 с.

10. **Константинов А. Р., Химин Н. М.** Унифицированная методика расчета норм водопотребности применительно к автоматизированной системе нормирования водопользования в орошаемом земледелии. – Ленинград: ЛГМИ, 1987. – 184 с.

11. **Черемисинов А. Ю.** Управление водными режимами экологически сбалансированной агросистемы на орошаемых черноземах: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Волгоград: Волгоградский СХИ, 1993.

Материал поступил в редакцию 26.09.12.

**Ольгаренко Геннадий Владимирович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор

Тел. 8 (496) 617-00-29

E-mail: raduga@golutvin.ru

**Цекоева Фатима Касполовна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, декан факультета географии и геоэкологии

Тел. 8 (4012) 53-36-18

E-mail: tsekoeva@yandex.ru

УДК 502/504:614.841.42:553.97

**А. И. ГОЛОВАНОВ, К. С. СТУДЕНОВА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

## ОБОСНОВАНИЕ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ШЛЮЗОВАНИЯ В МЕЩЕРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

*Рассмотрены вопросы профилактики пожаров на осушенных торфяниках Мещерской низменности, являющихся следствием аномально жаркой и сухой погоды лета 2010 года. Пожары на осушенных торфяниках возникают в результате понижения уровня грунтовых вод и отрыва их капиллярной каймы от торфяных горизонтов почв. Предлагаются методы борьбы с пожарами, в частности шлюзование.*

*Торфяные пожары, осушенные торфяники, противопожарное шлюзование, метеоданные Мещерской низменности, дефицит увлажнения, глубина грунтовых вод.*

*There are considered questions of fire prevention on the drained peatbogs of the Meshcher lowland being a consequence of the abnormal hot and dry summer of 2010. Fires on the drained peatbogs arise as a result of the ground water level lowering and their capillary fringe tearing off from soil peat horizons. Lockage is proposed as a method of fires control.*

*Peat fires, drained peatbogs, fire prevention lockage, weather information of the Meshcher lowland, moistening deficit, ground water depth.*