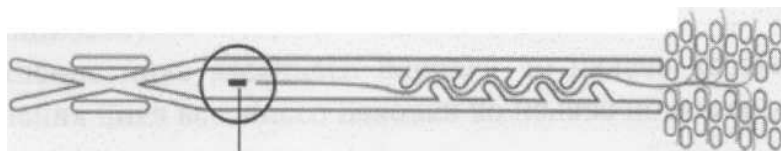


НАПРАВЛЕНИЕ ПОТОКА



ВЫХОД ВОДЫ

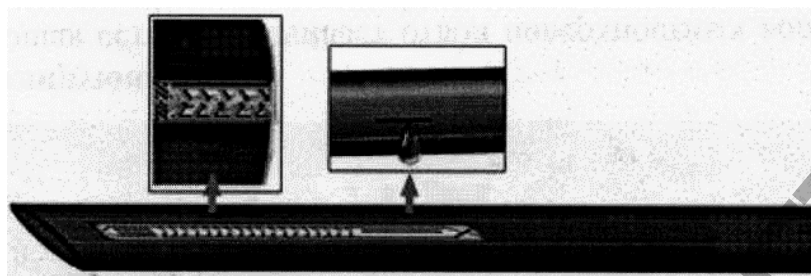


Рис. 3. Схема капельной ленты

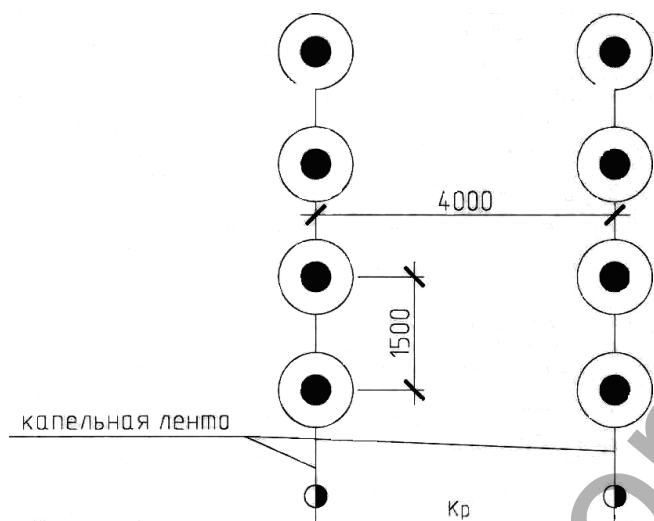


Рис. 4. Схема расположения капельной ленты

Система проста в уходе. Несколько раз за сезон рекомендуется промывать систему, удалив заглушку с выходного отверстия. Перед наступлением заморозков из системы необходимо слить всю воду.

Таким образом, заменив капельницы капиллярной лентой, получаем следующие преимущества:

1. Отпадает необходимость в устройстве капельниц.
2. Не требуется трубопровод для капельниц.
3. Нет необходимости устройства шпалер.
4. Появляется возможность перемещаться между деревьями.
5. Увлажнение почвы осуществляется по всему контуру корневой системы.
6. Низкая себестоимость по сравнению с оросительными способами полива.
7. Простота монтажа и замены комплектующих материалов.

Заключение. Замена проектирующего орошения с применением капельных трубок на широко используемые в мире капельные ленты позволяет значительно сократить капитальные затраты при орошении садов и уменьшить себестоимость конечной продукции.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рекомендации по орошению садов в Беларуси. – Горки, 1979.
2. Орошение садов и ягодников: справочное пособие. – Минск, 1985.
3. Мелиоративные системы и сооружения: ТКП 45-3.04-8-2005 // Нормы проектирования. – Минск, 2006.
4. Винникова, Н.В. Мелиорация и техника полива с.-х. культур / Винникова Н.В. [и др.] – М.: Россельхозиздат, 1976.
5. Маслов, Б.С. Справочник мелиоратора – М.: Россельхозиздат, 1980.
6. СНБ 2.04.02-2000.

Материал поступил в редакцию 14.04.15

VODCHITS N.N., GROMIK N.V., STELMASHUK S.S. Designing drip irrigation of gardens in Belarus

We considered the design of drip irrigation gardens with replacement of drip tubing for drip tape, which leads to lower capital costs and production costs.

УДК 631.559: 633.18.03

Турченко В.А., Рокочинский А.Н.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ДУНАЙ

Введение. Необходимость сочетания потребностей интенсификации земледелия с охраной окружающей среды при масштабных размерах мелиорированных территорий вызвали необходимость переосмысления направленности мелиораций и изменение подхо-

дов к обоснованию их состава на новых научных принципах. Поэтому, наряду с необходимостью повышения экономической эффективности, сегодня очень остро стоит проблема экологизации мелиораций вообще.

Турченко Василий Александрович, к.т.н., доцент, декан факультета водного хозяйства Национального университета водного хозяйства и природопользования.

Рокочинский Анатолий Николаевич, д.т.н., профессор, зав. кафедрой природообустройства и гидромелиораций Национального университета водного хозяйства и природопользования.

Украина, 33028, г. Ровно, ул. Соборная, 11.

Решение такой сложной проблемы возможно только благодаря реализации на практике современной концепции развития мелиорации, в том числе и в зоне рисосеяния Украины. Для рисовых оросительных систем (РОС) концепция основывается на применении новых подходов и прогрессивных технологий регулирования водно-воздушного, солевого и других режимов орошаемых земель рисовой системы.

Для достижения этой цели необходимо оценивать работу РОС по совокупности показателей, которые можно выразить в виде требований к факторам почвообразования и развития растений. Такая совокупность показателей, согласно [5], названа «природно-мелиоративным режимом».

Рисовая система при ее эксплуатации должна обеспечивать соблюдение всех требований природно-мелиоративного режима. Он может быть благоприятным, когда в результате выполнения всех мероприятий, входящих в систему земледелия, наблюдается рост производительности и плодородия почвы, и неблагоприятным - при засолении, осолонцевании, заболачивании почвы, усиленном разложении и потере органического вещества и тому подобное.

Рисовые системы имеют ряд особенностей, отличающих их от классических мелиоративных объектов зоны орошения. Эти особенности обусловлены сложными геологическими и гидрогеологическими условиями отведенных под их устройство территорий и наличием в севообороте ведущей культуры затопляемого риса. Специфика данной культуры заключается в особенностях технологии выращивания, а именно в необходимости поддержания слоя воды на поле в течение вегетационного периода. Поэтому РОС представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных единым технологическим процессом водоподающих, водоотводящих, регулирующих и других элементов в комплексе с рисовыми полями, на которых выращивается ведущая культура затопляемого риса и сопутствующие сухопутные культуры рисового севооборота. Результатом функционирования рисовых систем должно быть получение высоких устойчивых экономически целесообразных и экологически приемлемых урожаев выращиваемых культур рисового севооборота [2]. Поэтому, исходя из целевого назначения РОС, оценку эффективности их функционирования целесообразно осуществлять на основе соответствующего анализа, прежде всего производительности культур рисового севооборота, расходов воды на орошение и водоотведение, затрат электроэнергии при этом, природно-мелиоративных режимов и эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель рисовой системы.

Современные аспекты развития рисосеяния, а также повышение общей технологической, экономической и экологической эффективности рисовых оросительных систем Украины рассматриваются в научных трудах П.И. Коваленко, М.И. Ромащенко, В.А. Сташука, В.В. Дудченко, Л.Н. Грановской, В.В. Морозова и др. [1, 5, 8].

Проведение оценки эффективности функционирования Придунайских РОС, расположенных в дельте р. Дунай в Одесской области, требует определения соответствующей совокупности показателей, которые должны отражать все основные аспекты эффективности их функционирования в свете современных требований.

Обоснование такой совокупности показателей является необходимым условием совершенствования и, наконец, оптимизации процесса управления РОС с целью повышения общей эффективности их функционирования с соблюдением современных эколого-экономических требований на основе комплекса прогностико-оптимизационных моделей, в том числе и моделей урожайности культур рисовой севооборота.

Из вышеизложенного понятно, что такой сложный вопрос не может быть решен на основе единого, даже универсального показателя, а требует обоснования и определения комплекса критериев оценки эколого-экономической эффективности как совокупности наиболее значимых факторов влияния на процесс формирования урожайности культур рисового севооборота на орошаемых землях рисовой системы.

На основании анализа и обобщения данных многолетних исследований и соответствующих литературных источников нами была рассмотрена следующая совокупность показателей, освещающих различные стороны сложного процесса формирования урожая культуры риса:

H_g – глубина уровня грунтовых вод (УГВ) во вневегетационный период, м;

μ – минерализация грунтовых вод, г/л;

ν – интенсивность дренажного стока (скорость фильтрации с поверхности рисового чека), мм/сут;

M – величина водоподачи на мелиорированное поле за вегетационный период для создания необходимого слоя воды, м³/га;

$У$ – урожайность риса как главный показатель экономической эффективности функционирования РОС, ц/га;

A – комплексный показатель агро-эколого-мелиоративного состояния орошаемых почв РОС, отражающий условия формирования урожая ведущей культуры риса, баллы;

p – условия тепло- и влагообеспеченности периода вегетации, %.

Рассмотрим и охарактеризуем их более подробно.

Особое значение для формирования водно-солевого, кислородного режимов и протекания почвообразующих процессов играет урвневный режим грунтовых вод в так называемый межполивный период, который начинается с момента сброса воды или ее срабатывания с поверхности чека и длится до начала нового поливного сезона.

Уровень грунтовых вод в период вегетации риса поднимается к поверхности почвы и смыкается с поверхностными водами, а потому управлять его режимом в этот период невозможно и нецелесообразно. В период постоянного затопления посевов риса с целью изъятия продуктов болотного (анаэробного) распада и образовавшихся солей, а также обогащения почвы кислородом, который растворен в поливной воде, на рисовом поле должен обеспечиваться промывной режим со средней скоростью фильтрации с поверхности чека до 10 мм / сутки [3].

Следует отметить, что этот достаточно короткий период после сброса воды из рисового поля, по нашему мнению, является одним из важнейших периодов с точки зрения опреснения и оздоровления засоленных почв, которые при выращивании риса затоплением находятся в фильтрационно-неудовлетворительном состоянии. Этот период необходим для восстановления плодородия, а именно, чтобы болотные процессы в почвах были прерваны до следующего оросительного сезона. Это достигается снижением УГВ до глубины, при которой гидрологическая емкость зоны аэрации в любой момент времени больше объема ливня или затяжного дождя и ниже критической глубины залежания, когда может начаться их вторичное засоление.

Глубина залежания УГВ весной должна обеспечивать нормальные условия для посева риса и сопутствующих культур рисового севооборота и в оптимальные сроки. Она определяется путем установления зависимости водно-солевого режима от глубины УГВ различной минерализации и химического состава с учетом опыта получения плановых урожаев с/х культур.

На рисовой оросительной системе должно обеспечиваться не только понижение уровня грунтовых вод, но и обеспечиваться оптимальные скорости фильтрации для получения хорошего дренирования под рисом в период его вегетации, а также во вневегетационный период. Образованные за вегетационный период солевые растворы должны интенсивно опускаться в нижнюю часть почвенного профиля после сброса воды с поверхности, когда исчезают все источники дополнительного питания грунтовых вод, что обеспечит быстрое осушение территории. Интенсивность этого процесса, а также глубина осушения, которые зависят от водно-физических свойств почв и работы дренажно-сбросной сети, в принципе и определяют величину и интенсивность геологического круговорота воды РОС и, в целом, эффективность всей рисовой системы.

Таким образом, глубина УГВ H_g , их минерализация μ , а также интенсивность дренажного стока (скорость фильтрации с поверхности рисового чека) ν являются основными показателями для рисовых оросительных систем, с помощью которых выполняется оценка и характеризуется водно-солевой режим почв рисовых систем.

Мелиорируемое действие технологии выращивания затопляемого риса заключается в поддержании на рисовых полях необходимого промывочного водного режима как обязательного условия их использования в качестве угодий сельскохозяйственного назначения,

что обеспечивается величиной оросительной нормы M , которая расходуется на создание слоя воды на поле в соответствии с биологическими особенностями и потребностями культуры риса.

Урожай риса ($У$) выступает как интегральный показатель биологического круговорота на мелиорированных землях и также используется для оценки эффективности их водорегулирования.

По причине изменчивого характера климатических факторов, которые непосредственно участвуют в формировании водно-солевого режима почв и грунтовых вод, определяя направление грунтовых процессов как в естественном состоянии, так и в отдельные технологические периоды выращивания риса и сопутствующих культур, возникла необходимость введения такого показателя, как расчетная обеспеченность – $p, \%$, который отражает вероятность того, что определенное количество воды для орошения будет не меньше какой-то гарантированной величины (или равно ей), на которую рассчитаны параметры и выработка продукции системы.

И, наконец, так называемый комплексный показатель агро-эколого-мелиоративного состояния почв РОС А является фактически отражением влияния сложившегося природно-мелиоративного режима и агро-эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель РОС на развитие посевов риса. Этот показатель выступает в качестве комплексной (интегральной) характеристики воздействия водного, солевого, питательного и других режимов почв на условия формирования урожайности ведущей культуры риса и отражает, по сути, эффективное плодородие почвы в характерных для рисовой системы условиях, определяется отношением фактических значений урожая риса по годам исследований до максимально полученной ее величине в рассматриваемых условиях. Целесообразность введения такого обобщенного комплексного показателя обусловлена, прежде всего, чрезвычайной сложностью изучаемого процесса. Показатель агро-эколого-мелиоративного состояния почв по своему физическому смыслу и сути в определенной мере соответствует понятию «бонитета почвы», особенно учитывая существующие методики специального бонитирования почв с использованием агроэкологического метода, он учитывает не только основные общепринятые критерии оценки плодородия почвы, но и показатели их экологического состояния [4].

Все рассмотренные показатели и их составляющие могут быть определены экспериментально или по моделям прогнозной оценки водного и общего природно-мелиоративного режимов и урожая выращиваемых культур РОС.

Для определенной совокупности показателей возникает следующий логичный вопрос относительно их представительства (типичности и объективности), взаимосвязи между ними и способности выступать в качестве критериев оценки экологической эффективности водного и общего природно-мелиоративного режимов земель РОС в комплексных моделях оптимизации.

Для реализации идеи «Урожайность – функция многих переменных» требуются значительные исследования, практическим результатом которых должна быть методика построения статистических зависимостей для прогноза урожайности выращиваемых сельскохозяйственных культур с учетом обоснованной, по уровню их значимости, совокупности факторов влияния на процесс формирования урожайности, выбор которых целесообразно осуществить с помощью метода многокритериального регрессионного анализа. Согласно [7], данный метод основан на построении корреляционной матрицы вида

$$|r_{mn}| = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & r_{m3} & \dots & 1 \end{pmatrix},$$

где r_{mn} – коэффициент парной корреляции между факторами влияния на процесс формирования урожая выращиваемой культуры.

Целесообразность применения определенной совокупности показателей в качестве критериев оценки эффективности функционирования Придунайских РОС основывается на всесторонности отражения иссле-

дуемого процесса и относительной доступности определения соответствующих показателей на практике в производственных условиях.

Прежде всего нам необходимо провести оценку эффективности функционирования рисового поля с определенной совокупностью показателей, проведя отбор наиболее влиятельных. Так, в ходе многокритериального регрессионного анализа нами постепенно исключались те факторы воздействия, которые имели самые низкие долевые части влияния на процесс формирования урожайности культуры затопляемого риса.

Итак, имея ряд факторов влияния на процесс формирования урожайности риса и потребность свести их к комплексу наиболее весомых, нами был осуществлен многокритериальный регрессионный анализ многолетних ретроспективных и современных данных по производству риса в дельте р. Дунай (Килийская РОС в составе Придунайских РОС) за период 1966–2011 гг., с учетом всей выше-рассмотренной совокупности критериев.

Таким образом, в конечном итоге нами был обоснован следующий комплекс критериев эффективности функционирования РОС: **урожайность риса ($У$, ц/га)** – как главный показатель экономической эффективности производства; **глубина УГВ (H_g , м) и их минерализация (μ , г/л)** – показатели, определяющие комбинированное действие факторов влияния; **тепло- и влагообеспеченность периода вегетации ($p, \%$)** – показатель, отражающий эффективность климатического ресурса производства; **оросительная норма риса (M , м³/га)** – мелиоративный (технологический) ресурс производства; **показатель агро-эколого-мелиоративного состояния почвы, отражающий условия формирования урожая риса (A , баллы)** – экологический ресурс производства; **скорость фильтрации (v , мм/сутки)** – степень влияния мелиоративного (технологического) ресурса, который непосредственно влияет на экологическую составляющую процесса формирования урожая.

Окончательные результаты многокритериального регрессионного анализа многолетних ретроспективных и современных данных по производству риса в дельте р. Дунай представлены в виде коэффициентов парной корреляции, которые приведены в табличной форме (таблица 1).

Матрица коэффициентов парной корреляции дает характеристику всех взаимосвязей в исследуемой системе показателей. В первой строке и первом столбце таблицы приведены коэффициенты парной корреляции, характеризующие связь урожайности риса с рассмотренными факторами воздействия.

Как следует из таблицы 1, совокупное влияние полученного комплекса показателей является довольно значительным, что подтверждает их общий коэффициент множественной корреляции ($r = 0,945$). Наиболее тесная корреляция по абсолютной величине коэффициентов парной корреляции урожайности культуры риса имеет со следующими факторами влияния, такими как:

- показатель агро-эколого-мелиоративного состояния почв $|r_{mn}| = 0,91$;
- скорость фильтрации $|r_{mn}| = 0,82$.

Послабее, но довольно существенная корреляционная связь имеет место со следующими факторами:

- тепло- и влагообеспеченность периода вегетации $|r_{mn}| = 0,46$;
- глубина уровня грунтовых вод в межполивной период $|r_{mn}| = 0,46$;
- минерализация грунтовых вод $|r_{mn}| = 0,38$.

Относительно показателя (M), можно сделать вывод что, низкий уровень его влияния на формирование урожая риса обусловлен тем, что большая часть орошаемой нормы расходуется на создание слоя воды на рисовом поле и на фильтрационные потери, а не на покрытие дефицита водопотребления, который определяет уровень урожайности риса. Поэтому оросительная норма имеет косвенное влияние на формирование урожая риса при его выращивании путем затопления. Вопреки всему этот показатель также есть неотъемлемой составляющей рассматриваемой совокупности, поскольку подчеркивает и наглядно характеризует, прежде всего, именно мелиоративную (технологическую) составляющую воздействия на условия формирования водного и общего природно-мелиоративного режима рисового поля.

Таблица 1. Корреляционный анализ показателей эффективности функционирования РОС

	У	М	ρ	А	Hg	μ	ν
У	1	-0,0939	0,4612	0,9065	0,4613	-0,3778	0,8197
М	-0,0939	1	0,2509	-0,1432	-0,1662	0,307	-0,1999
ρ	0,4612	0,2509	1	0,367	0,198	-0,0631	0,2634
А	0,9065	-0,1432	0,367	1	0,4164	-0,2953	0,7442
Hg	0,4613	-0,1662	0,198	0,4164	1	-0,4537	0,4178
μ	-0,3778	0,307	-0,0631	-0,2953	-0,4537	1	-0,5096
ν	0,8197	-0,1999	0,2634	0,7442	0,4178	-0,5096	1
Стандартные ошибки коэффициентов корреляции							
У	—	0,15	0,12	0,02	0,12	0,13	0,05
М	0,15	—	0,14	0,14	0,15	0,14	0,14
ρ	0,12	0,14	—	0,13	0,14	0,15	0,14
А	0,02	0,14	0,13	—	0,12	0,13	0,07
Hg	0,12	0,15	0,14	0,13	—	0,12	0,12
μ	0,13	0,14	0,15	0,13	0,12	—	0,11
ν	0,05	0,14	0,14	0,07	0,12	0,11	—
$r^2 = 0,892$ $r = 0,945$							

Согласно полученным данным регрессионного анализа имеем следующее распределение весомости влияния исследуемых факторов, в зависимости от их долевого участия в процессе формирования культуры риса:

- тепло- и влагообеспеченность периода вегетации – **7%**;
- показатель агро-эколого-мелиоративного состояния почв РОС – **60%**;
- скорость фильтрации с поверхности чека в вегетационный период – **28%**.
- оросительная норма риса – **0,35%**;
- глубина залегания УГВ в межполивной период – **2,5%**;
- минерализация грунтовых вод – **0,9%**.

Итак, в процессе формирования урожайности культуры риса в условиях Придунайских РОС определяющее значение имеют показатели **агро-эколого-мелиоративного состояния почв (А, балла)** (экологическая составляющая), **скорость фильтрации воды с поверхности рисового чека в вегетационный период (ν, мм / сутки)** (мелиоративная составляющая) и несколько слабее значение **тепло- и влагообеспеченность периода вегетации** (климатическая составляющая). По нашему мнению, скорость фильтрации с поверхности рисового поля ν может выступать как универсальный показатель оценки экономической и экологической эффективности функционирования рисовой оросительной системы.

Заключение. Таким образом, оценка эффективности функционирования Придунайских РОС по определенным критериям позволит объективно подойти к решению вопроса об обосновании рациональных способов, режимов и схем регулирования естественно-мелиоративного режима на орошаемых землях рисовой системы и, соответственно, типов, конструкций, параметров, схем и режимов работы РОС с соблюдением существующих экологических требований.

В свою очередь, это создаст возможность обосновывать не только технически и технологически совершенные, но и экологически

безопасные инженерные решения в практике проектирования, реконструкции и эксплуатации РОС.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дудченко, В.В. Районирование зоны рисосеяния Украины / В.В. Дудченко, М.Ф. Кропивко, Р.В. Морозов, А.И. Чекамова. – Херсон Стар, 2009. – 95 с.
2. Зайцев, В.Б. Рисовая оросительная система / В.Б. Зайцев – М.: Колос, 1975. – 360 с.
3. Методические рекомендации по проектированию дренажа на рисовых оросительных системах. – Киев: Минводхоз УССР, 1981. – 135 с.
4. Оценка качества земель: методические указания к изучению дисциплины «Оценка и прогноз качества земель» студентами специальности 7.070904 – «Землеустройство и кадастр» / С.Ю. Булыгин, А.В. Барвинский, К.С. Карабач. – К., 2005. – 37 с.
5. Повышение эффективности рисовых оросительных систем Украины: научно-методические рекомендации / В.В. Дудченко, Л.Н. Грановская, А.М. Рокочинский, С.П. Мендусь [и др.]. – Херсон-Ровно, 2011. – 104 с.
6. Рокочинский, А.М. Научные и практические аспекты оптимизации водорегулирования осушаемых земель на эколого-экономических основах: монография / Под редакцией академика УААН М.И. Ромащенко – Ровно: НУВГП, 2010. – 351 с.
7. Сиротенко, А.Д. Многомерный регрессионный анализ как метод исследования связи урожая сельскохозяйственных культур с гидрометеорологическими факторами / А.Д. Сиротенко // Метеорология и гидрология. – 1969. – №12. – С. 66–87.
8. Сташук В.А. Современное состояние и пути повышения общей эколого-экономической эффективности рисовых оросительных систем Украины / В.А. Стишки, А.М. Рокочинский, Л.М. Грановская // Мелиорация и водное хозяйство. – К.: Аграрная наука. – 2012. – Вып. 1 (97). – С. 19–22.

Материал поступил в редакцию 23.03.15

TURCHENYUK V.A., ROKOCHINSKY A.N. Criteria of the assessment of efficiency of functioning of rice irrigating systems of the delta of r. danube

The paper presents the results of studies the efficiency of the Danube rice irrigation systems south of Ukraine on the basis of appropriate analysis of productivity leading rice rotation culture - the culture of rice.

Substantiated a set of indicators covering different aspects of the complex process of formation of a crop of rice crop, with the aim of improving and optimizing the management of rice irrigation system in compliance with the modern ecological and economic requirements.