

Выполненные всесторонние статистические оценки снегозапасов, представляющих величины, усредненные в пространстве и во времени, являют собой также снеговые нагрузки на поверхности земли. Методологической особенностью оценок снегозапасов является учет того факта, что при картографировании их значения задаются не на множестве точек пространства, а во множестве выделенных/характерных районов. При этом, в контексте картографирования выполняются эмпирические оценки снегозапасов ( $t_i$ ) соответствующих районов. Для перехода от множества точек исследуемого пространства к множеству искомым снеговым районам необходимо построить интерполяционную карту, предложить и решить регрессионное уравнение функции  $X_{сн.}(t_i)$ , исходя из подготовленной репрезентативной выборки  $Z=(X_{сн. 1}, t_1, \dots, X_{сн. n}, t_n)$  [2]. Пошаговое решение задачи включает:

- построение карты снегозапасов в изолиниях;
- предварительное установление и уточнение границ районов на основе выбранного шага количественных различий снегозапасов согласно физико-географическим особенностям формирования снеговых нагрузок при объединении гидрометеорологических характеристик в пространственно-временные поля с учетом синхронности их колебания;
- аналитическая интерпретация границ районов с использованием типизированных аппроксимирующих функций в контексте прогнозирования снеговых нагрузок;
- проверка точности карты снеговых нагрузок статистическими методами.

**Заключение.** По результатам целенаправленного прикладного исследования снегозапасов можно сделать выводы:

1. Закономерности распределения значений максимальных запасов воды в снеге и разностей этих величин по территории Беларуси, исследованные в контексте предлагаемых оригинальных карт изолиний (рис. 4, 6) и поверхностей их трендов, построенных с использованием полиномов различных степеней (рис. 5), должны служить ориентирующей основой при оценках факторов весеннего половодья.
2. Максимальные запасы воды в снеге изменяются за расчетный период по территории Беларуси от 107 мм (Брест) до 207 мм (Новогрудок), существенно различаются по годам, о чем свидетельствуют большие значения коэффициентов вариации ( $C_v$ ),

их максимумы приходятся на южную и юго-западную части территории (0,62–0,69), минимум – на центральную и северо-восточную части территории с устойчивым снежным покровом (0,42–0,46).

3. Запас воды в снеге, как его высота и плотность, по всей исследуемой территории достигает своих наивысших значений во второй половине февраля – начале марта.
4. Предлагаемые взаимосвязанные карты, базирующиеся на результатах анализа и использования репрезентативных данных экспериментальных метеонаблюдений за 60-летний период, включая экстремальные годы, являются основой районирования территории Беларуси по снегозапасам, запасам воды в снежном покрове, востребованы при оценках снеговых нагрузок на конструкции зданий и сооружений, даче прогнозов по дружности и величинам расходов весеннего половодья рек Беларуси.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Валуев, В.Е. Снежный покров и его оценки при исследовании факторов весеннего половодья рек Беларуси / В.Е. Валуев, О.П. Мешик // Проблемы водоснабжения, водоотведения и энергосбережения в западном регионе Республики Беларусь: материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 65-летию победы в ВОВ, Брест, 22–23 апр. 2010 г. / БрГТУ; редкол.: С.В. Басов [и др.]. – Брест, 2010. – С. 25–30.
2. Тур, В.В. Опыт районирования территории Беларуси по снеговому грузам / В.В. Тур, В.Е. Валуев, С.С. Дереченник, О.П. Мешик // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2008. – № 2: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С. 10–15.
3. Тур, В.В. Нормирование снеговых нагрузок для территории Республики Беларусь / В.В. Тур, В.Е. Валуев, С.С. Дереченник, О.П. Мешик, И.С. Воскобойников // Строительная наука и техника. – 2008. – № 2. – С. 27–45.
4. Tur, V. Ground snow loads in Belarusian code / V. Tur, V. Valuev, S. Derechennik, O. Meshik // Environmental Effects on Building and People / Lublin University of Technology; edited by A. Flaga and T. Lipecki. – Lublin (Poland), 2007. – P. 131–138.
5. Климат Беларуси / В.Ф. Логинов [и др.]; НАН Беларуси, Ин-т геол. наук; под общ. ред. В.Ф. Логинова. – Минск, 1996. – 235 с.

Материал поступил в редакцию 17.05.13

#### VALUEV V.E., MESHIK O.P. Study and statistical estimates of snow cover water equivalents

In article the problems of influencing of a snow overlying strata on a high water of the rivers are esteemed.

УДК 631.674:633.18.03

Рокочинский А.Н., Мендусь П.И., Заец В.В.

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИДУНАЙСКИХ РИСОВЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

**Введение.** Повышение эффективности и уровня развития аграрного производства на орошаемых землях, в том числе и в зоне выращивания риса, является одним из приоритетных направлений развития государственности в Украине на современном этапе и закреплено в Законе Украины "О приоритетности социального развития села и агропромышленного комплекса в народном хозяйстве" [1].

Современная рисовая оросительная система (РОС) представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных единым технологическим процессом элементов для подачи и отвода воды, ее распре-

ления в комплексе с рисовыми полями, на которых выращивается ведущая культура риса и сопутствующие суходольные сельскохозяйственные культуры.

Главной целью проектирования и строительства Придунайских РОС было освоение засоленных почв поймы реки Дунай за счет создания в них промывного водного режима. Такой режим обеспечивается соответствующей технологией выращивания ведущей культуры риса, предусматривающая создание слоя оросительной воды на поверхности чека. Учитывая особенности конструкции Придунайских

**Рокочинский А.Н.**, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой природообустройства и гидромелиораций Национального университета водного хозяйства и природопользования.

**Мендусь П.И.**, кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства и гидромелиораций Национального университета водного хозяйства и природопользования.

**Заец В.В.**, аспирант кафедры природообустройства и гидромелиораций Национального университета водного хозяйства и природопользования.

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

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология

**Таблица 1.** Сравнительная оценка относительно базовых характеристик изменений (%) современного климата и перспективного состояния основных вегетационных метеорологических характеристик по данным Дунайской гидрометеорологической обсерватории

Показатели модели		Года расчетной влагообеспеченности					Среднее, %
		10%	30%	50%	70%	90%	
Осадки, P	Recent	-6,3	-21,4	-8,8	-21,7	-10,5	-14,7
	CCCM	-17,1	-17,1	-17,2	-18,6	-20,8	-18,3
	UKMO	-6,5	-6,5	-6,4	-8,1	-10,5	-7,8
Температура воздуха, T	Recent	4,3	3,6	0,6	2,3	1,7	2,3
	CCCM	19,8	21,1	22,2	22,4	22,7	22,0
	UKMO	23,5	25,3	26,9	27,6	28,7	26,9
Дефицит влажности воздуха, D	Recent	6,3	-2,7	-6,4	-7,2	-5,5	-4,6
	CCCM	25,2	25,2	22,0	25,3	25,3	24,5
	UKMO	27,4	28,9	26,3	30,6	31,5	29,1
Относительная влажность, H	Recent	-1,3	1,5	2,9	4,9	4,0	3,1
	CCCM	0,0	-0,3	0,3	-1,4	-2,7	-0,9
	UKMO	1,1	0,9	1,5	-0,3	-1,2	0,3
ФАР	Recent	3,0	2,0	0,4	1,4	1,5	1,4
	CCCM	14,1	14,7	15,4	15,7	16,5	15,5
	UKMO	16,3	17,4	18,8	19,4	20,8	18,9
Кэффициент влагообеспеченности	Recent	-12,3	-19,5	-6,3	-17,4	-6,3	-12,2
	CCCM	-32,1	-31,1	-34,4	-34,8	-37,5	-34,4
	UKMO	-23,2	-24,4	-28,1	-30,4	-37,5	-29,6

**Таблица 2.** Сравнительная характеристика основных показателей эффективности функционирования Килийской РОС

Показатели		У, ц/га	М, м <sup>3</sup> /га	Wп, м <sup>3</sup> /га	Q, тыс. кВт·ч
За период 1966–2011 гг.	максимальные	56	37000	59000	9000
	средние	41	24000	40000	7600
	минимальные	29	12000	22000	5000
Проектные значения		47	23000	35000	7800
<b>Современные рациональные</b>		<b>43</b>	<b>18000</b>	<b>27500</b>	<b>5800</b>
Прогнозные средние	-CCCM	50	24000	37000	8000
	-UKMO	51	23000	35000	7800

РОС, очевидно, что для реализации такого подхода необходимо подавать на систему и отводить за ее пределы значительные объемы оросительной и сбросной воды, что, в свою очередь, предполагает также значительные затраты электроэнергии. В связи с необходимостью ресурсосбережения возникает необходимость осуществления нормирования водо- и энергообеспеченности РОС на основании оценки эффективности их функционирования.

Для проведения оценки были определены и обоснованы основные показатели эффективности функционирования Килийской РОС в составе Придунайских РОС на основе проведенного многокритериального регрессионного анализа накопленных многолетних данных (1966–2011 гг.). Такими показателями стали: *урожайность культуры риса (У)*, ц/га; *доля риса в севообороте* как доленое участие мелиорирующей культуры риса на общее природно-мелиоративное состояние системы, %; *оросительная норма риса (М)*, м<sup>3</sup>/га; *общее количество перекаченной воды (Wп)*, м<sup>3</sup>/га; *общие годовые затраты электроэнергии на обеспечение технологии выращивания риса (Q)*, тыс. кВт·ч.

На основе сравнения проектных значений показателей ( $U = 47$  ц/га,  $M = 23000$  м<sup>3</sup>/га,  $Wп = 35000$  м<sup>3</sup>/га,  $Q = 7800$  тыс. кВт·ч) и результатов анализа обработанных многолетних данных были определены и обоснованы соответствующие современным эколого-экономическим требованиям такие основные *рациональные* показатели эффективности функционирования системы: *урожайность культуры риса (У)* – 43 ц/га; *доля риса в севообороте* – 50..60 %; *оросительная норма риса (М)* – 18 тыс. м<sup>3</sup>/га; *общее количество перекаченной воды (Wп)* – 27,5 тыс. м<sup>3</sup>/га; *общие годовые затраты электроэнергии на обеспечение технологии выращивания риса (Q)* – 5800 тыс. кВт·ч (таблица 2).

Современный климат изменяется качественно и количественно. В последние годы проявления изменения климата стали более значительными, поэтому возникла объективная необходимость рассмотрения данной проблематики как на уровне Украины в целом, так и на региональном уровне, поскольку именно на этом уровне данные изменения имеют более выраженный дифференцированный характер [2].

На кафедре гидромелиорации НУВХП был спланирован и осуществлен широкомасштабный машинный эксперимент на ЭОМ на основании многолетних ретроспективных данных наблюдения Дунайской гидрометеорологической обсерватории (г. Измаил, Одесская область). При этом были использованы модели прогнозной оценки на долгосрочной основе для получения нормированного распределения в многолетнем и внутривегетационном разрезе основных метеорологических характеристик соответствующими методами, информационном и программном обеспечении по их реализации на ЭВМ [3].

Были спланированы и реализованы следующие варианты исследований:

Вариант 1 – "Base". Характеристика основных метеофакторов за период вегетации (IV–X месяцы), полученных в пределах периода времени 1881–1980 гг. (Научно-прикладной справочник по климату СССР, 1990).

Вариант 2 – "Recent". Характеристика основных метеофакторов за период вегетации (IV–X месяцы), полученных в современных условиях за 1980–2011 гг.

Вариант 3а – "CCCM". Характеристика основных метеофакторов за период вегетации (IV–X месяцы), полученных с учетом изменения климата по модели Канадского климатического центра с чувствительностью к удвоению CO<sub>2</sub> – 3,5 °C, что предусматривает повышение среднегодовой температуры до 4 °C.

Вариант 3б – "UKMO". Характеристика основных метеофакторов за период вегетации (IV–X месяцы), полученных с учетом изменения климата по модели Метеорологического бюро Объединенного королевства с чувствительностью к удвоению CO<sub>2</sub> – 3,5 °C, что предусматривает повышение среднегодовой температуры до 6 °C.

Прогноз осуществлен для пяти типовых групп периодов вегетации (апрель–октябрь) расчетных лет относительно их общей тепло- и влагообеспеченности (очень влажный – 10%, влажный – 30%, средний – 50%, сухой – 70%, очень сухой – 90%) по таким основным метеорологическим характеристикам, как температура, осадки, относительная влажность, испаряемость, фотосинтетически-активная радиация (ФАР), коэффициент влагообеспеченности.

Таблица 3. Тарифные коэффициенты, дифференцированные по периодам суток

Тарифные зоны	Двухзонный учет		Трехзонный учет	
	Границы, часы	Коэффициент	Границы, часы	Коэффициент
Дневная	с 07-00 до 23-00	1,50	–	–
Пиковая	–	–	с 08-00 до 10-00 с 17-00 до 21-00	1,68
Полупиковая	–	–	с 06-00 до 08-00 с 10-00 до 17-00 с 21-00 до 23-00	1,02
Ночная	с 23-00 до 07-00	0,40	с 23-00 до 06-00	0,35

Обобщенные результаты сравнительной оценки относительно базовых характеристик изменений современного климата и перспективного состояния (%) основных вегетационных метеорологических характеристик, по данным Дунайской гидрометеорологической обсерватории, приведены в таблице 1.

Полученные результаты изменений основных климатических характеристик для зоны выращивания риса в Украине, прежде всего температуры, как определяющего фактора современных изменений климата, а также ФАР, как ее производной, что по Н. Реймерсу [4], значительно превышают 10% их критический экологический порог ("норму"), поэтому такие изменения погодно-климатических условий в целом приведут к изменениям ("нарушениям") в экологическом состоянии окружающей среды.

Исходя из табл. 1, коэффициент влагообеспеченности (отношение осадков к испарению), как определяющий показатель, влияющий на природную влагообеспеченность территории в зоне Придунайских РОС, уменьшится на 34,4% и 29,6% соответственно по моделям климата СССР и УСМО.

В связи с этим для обеспечения благоприятного агро-эколого-мелиоративного состояния почв и получения требуемого уровня урожайности культуры рисового севооборота (У) оросительную норму риса (М) и ее производную – общее количество перекаченной воды (W<sub>п</sub>) – необходимо повысить соответственно до 25 тыс. м<sup>3</sup>/га и 38 тыс. м<sup>3</sup>/га. Вследствие этого общие годовые затраты электроэнергии на обеспечение технологии выращивания риса (Q) возрастут до 8000 тыс. кВт·ч (см. табл. 2).

Поэтому в условиях изменения климата и постоянного роста тарифов на воду и энергоресурсы возникает необходимость повышения технологической и экономической эффективности функционирования рисовых систем. При этом повышение технологической эффективности возможно прежде всего за счет нормирования объемов подачи и откачки воды, оптимизации работы насосных станций (НС) системы за счет разработки и внедрения соответствующих ресурсосберегающих технологий [5].

Как показали практика и накопленный опыт, эффективным способом экономии средств на оплату электроэнергии, затраченной на перекачивание воды НС рисовых систем (повышение экономической эффективности), является изменение режима их работы с круглосуточного на работу, главным образом, в ночное время суток, когда тарифный коэффициент самый низкий и составляет 0,35, а также в полупиковый период с тарифным коэффициентом 1,08 (табл. 3). Это возможно за счет использования аккумулирующей емкости чеков при заполнении их водой в ночное время, тогда как днем она расходует на суммарное водопотребление.

Так, по результатам работы НС Килийского управления водным хозяйством (УВХ) годовая стоимость использованной электроэнергии, установленной по действующим тарифам и дифференцированным по периодам суток (ночной, полупиковый, пиковый), составляет 750 тыс. грн. При расчете предполагаемой стоимости использован-

ной электроэнергии по среднему тарифу она составила бы 1300 тыс. грн. Таким образом, достигнутая экономия денежных средств на оплату использованной электроэнергии за год составила по факту 550 тыс. грн., или 42 %.

При этом наибольшая экономия денежных средств (60%) была достигнута на осушительной НС, откачивающей в р. Дунай сбросные воды с Килийской РОС с площади 3450 га. Эта НС большую часть времени работала в ночной период с тарифным коэффициентом 0,35 (62% стоимости использованной электроэнергии); в полупиковый период с тарифным коэффициентом 1,02 (30% стоимости использованной электроэнергии) и в пиковый период с тарифным коэффициентом 1,8 – всего 8% от стоимости использованной электроэнергии [1].

Это стало возможным благодаря рациональным режимам работы НС и дренажно-сбросной сети каналов, объем которых использовался как водорегулирующая емкость. В светлые часы суток происходило накопление дренажно-сбросных вод в каналах за счет их наполнения по всей длине (что возможно в условиях равнинного рельефа Придунайских РОС), а откачка осуществлялась в ночное время суток. Только в период первого массового осушения рисовых чеков перед всходами риса, а также их осушения перед уборкой урожая, возникает необходимость работы НС в полупиковый и пиковый периоды суток использования электроэнергии.

**Заключение.** Таким образом, в целях повышения эффективности функционирования Придунайских РОС в условиях изменения климата уже сегодня довольно актуальной является разработка эксплуатационного режима орошения риса и сопутствующих культур и соответствующего режима работы НС на основании нормирования водопользования на них с учетом трехзонного учета электроэнергии в комплексе с внедрением ресурсосберегающих технологий.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Підвищення ефективності рисових зрошувальних систем України: науково-методичні рекомендації. – Херсон-Рівне, 2011. – 104 с.
2. Сташук, В. Сучасний стан та шляхи підвищення загальної еколого-економічної ефективності рисових зрошувальних систем України / В. Сташук, А. Рокочинський, Л. Грановська // Водне господарство України. – 2012. – № 1 (97). – С. 19–21.
3. Посібник до ДБН В.2.4-1-99 "Меліоративні системи та споруди" (Розділ 3. Осушувальні системи). Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проєктах будівництва й реконструкції осушувальних систем / А.М. Рокочинський, О.І. Галік, В.А. Сташук, Н.А. Фроленкова, В.А. Волощук [та ін.] – Рівне, 2008. – 64 с.
4. Реймерс, Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы) // Россия молодая. – М., 1994. – 367 с.
5. Рокочинський, А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушувальних земель на еколого-економічних засадах: монографія / За редакцією академіка УААН М.І. Ромащенко – Рівне: НУВГП, 2010. – 351 с.

Материал поступил в редакцию 25.02.13

#### ROKOCHINSKIY A.N., MENDUS P.I., ZAEC V.V. Increase of efficiency of functioning of Pridunaysky rice systems in the conditions of climate change

The retrospective, real and expected characteristics of functioning the Kiliyska rice irrigation system in the Danube rice irrigation systems have been presented and analyzed. The ways to technological efficiency increasing and means to economic efficiency increasing of rice irrigation system, based on multi-rate electricity metering have been considered. Those measures are worked out in complex with the operating mode of pumping stations development and the introduction of energy saving technologies.