

УДК 631.671:631.147:631.452

В. Н. Щедрин, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

К ОБОСНОВАНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НОРМ ВОДОПОТРЕБНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОЧВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ И ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

Цель исследований – обосновать экологические нормы водопотребности различных типов почв для оптимизации мелиоративного состояния и почвенного плодородия. Объект исследования – различные типы почв (серые лесные, черноземные, каштановые, бурые полупустынные). Расчет экологических норм водопотребности почв (ЭНВП) проводился по коэффициенту благополучного экологического состояния почв и ландшафтов. При расчете средневзвешенных биологически оптимальных оросительных норм (БООН), удовлетворяющих потребности растений, по различным типам почв использовались укрупненные нормы водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур основных федеральных округов. В результате исследований расчетные БООН предлагаются для орошения сельскохозяйственных культур. Однако для оптимизации почвенных процессов требуется создание условий, приближенных к естественным, что возможно при установлении ЭНВП, которые для серых лесных почв равняются 60–63 мм, черноземов выщелоченных – 87–93 мм, черноземов типичных – 104–120 мм, черноземов обыкновенных – 150–180 мм, черноземов южных – 200–250 мм, каштановых почв – 240–320 мм, бурых полупустынных – 380–550 мм. Таким образом, для получения планируемой урожайности необходимо осуществлять поливы, используя БООН, а ЭНВП показывают, в каком количестве теоретически ежегодно можно давать водные нагрузки для создания периодических естественных условий почвообразования, применяя в севообороте орошаемые и неорошаемые режимы. В орошаемом режиме выращиваются влаголюбивые культуры с БООН, а в неорошаемом – засухоустойчивые, возделываемые без орошения. В целом за ротацию севооборота БООН для культур должны быть равны ЭНВП. Соотношение орошаемых и неорошаемых режимов в процентах составляет для серых лесных почв 34:66, черноземов типичных – 37:63, черноземов обыкновенных Центрально-Черноземных областей (ЦЧО) – 41:59, черноземов обыкновенных Ростовской области – 49:51, черноземов южных – 54:46; темно-каштановых – 67:33; светло-каштановых почв – 70:30.

Ключевые слова: оптимальная экологическая норма, водопотребность, типы почв, требования культур, орошение, условия почвообразования.

V. N. Shchedrin, L. M. Dokuchaeva, R. Ye. Yurkova

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

TO THE SUBSTANTIATION OF ENVIRONMENTAL RATES OF WATER DEMANDS OF VARIOUS SOIL TYPES FOR IMPROVEMENT OF THE MELIORATIVE STATE AND SOIL FERTILITY

The aim of the research is to substantiate the ecological rates of water demand for various types of soils for optimizing the meliorative state and soil fertility. The object of the re-

search is various types of soils (gray forest, chernozem, chestnut, brown semidesert). Calculation of ecological standards of water demand of soils (ESWD) was carried out according to the coefficient of favorable ecological state of soils and landscapes. When calculating the average weighted biologically optimal irrigation rates (BOIR) that satisfy the needs of plants, the enlarged water requirements for irrigation of crops in the main federal districts were used for different soil types. As a result of the research, the calculated BOIR are offered for irrigation of agricultural crops. However, to optimize soil processes, it is necessary to create conditions close to natural ones which is possible with the establishment of ESWD, which for gray forest soils are equal to 60–63 mm, leached chernozems – 87–93 mm, typical chernozems – 104–120 mm, ordinary chernozems – 150–180 mm, southern chernozems – 200–250 mm, chestnut soils – 240–320 mm, brown desert-steppe soil – 380–550 mm. Thus, to obtain the planned yield, it is necessary to use BOIR for irrigation and ESWD show what amount of annual water loads can be used theoretically to create periodic natural conditions for soil formation, using irrigated and non-irrigated regimes in crop rotation. Moisture-loving crops with BOIR are cultivated in the irrigated regime, and in the non-irrigated regime, drought-resistant crops are grown without irrigation. In general, BOIR for crop rotation should be equal to ESWD. The ratio of irrigated and non-irrigated regimes in percent is 34:66 for gray forest soils, 37:63 for typical chernozems, 41:59 for ordinary chernozems in Central Black Earth Region (CBER), 49:51 for ordinary chernozems in Rostov region, 54:46 for southern chernozems; 67:33 for dark chestnut soils; 70:30 for light chestnut soils.

Keywords: optimal ecological standard, water demand, soil types, crop requirements, irrigation, soil formation conditions.

Введение. В настоящее время агропромышленный комплекс, и в частности мелиорация, развивается в сложных экономических условиях. Это связано с тем, что мелиорация сама по себе затратная отрасль и должна иметь эффективную отдачу. Однако мы видим, что на орошаемых землях недополучаются заданные урожаи возделываемых культур и к тому же ухудшается экологическое состояние территорий, которое связано с развитием серьезных негативных процессов, снижающих почвенное плодородие [1–4].

В зарубежных странах также сталкиваются с проблемами развития процессов вторичного засоления, осолонцевания, дегумификации [5–7].

Применяемая стратегия орошаемого земледелия, направленная в первую очередь на то, чтобы взять от земли как можно больше, неизбежно ведет к снижению естественного (потенциального) плодородия почв [8]. Все делалось и делается для получения высокой урожайности возделываемых культур, в т. ч. поливы осуществлялись по требованию культуры, но для оптимизации почвенных процессов необходимы совершенно другие условия увлажнения. Учеными установлено, что реализация поливных

оросительных норм, рассчитанных строго по дефициту влагозапасов по наименьшей влагоемкости (НВ), чтобы комфортно было растению, приводит к переполиву более 50 % площадей, к ухудшению аэрации почвы, разрушению структуры, накоплению токсичных веществ, вымыванию питательных элементов и т. д. [9]. На значительной части мелиорируемых земель, занимающих свыше 3,5 млн га, в настоящее время наблюдается неудовлетворительное состояние почвы. Оно вызвано следующими процессами: заболачиванием (0,8 млн га), подтоплением и затоплением (1,3 млн га), вторичным засолением и осолонцеванием (0,4 млн га) и т. д. Отсюда следует, что требуются новые подходы к размещению сельскохозяйственных мелиораций в целом и к способам предотвращения деградационных процессов в частности [10].

С ухудшением почвенно-мелиоративного состояния орошаемых земель уже и поливная вода не содействует получению планируемого урожая. Требуется снижение водной нагрузки на почвы, в связи с чем проведены эксперименты по уменьшению поливных норм на 20–40 %. В результате при снижении поливных норм до 20 % урожайность возделываемых культур уменьшалась на 7 %, а при 40 % – на 20 %, что экономически не всегда оправдывалось, а по экологическим показателям положительных результатов также достигнуто не было [11]. Но в то же время на землях с хорошим мелиоративным состоянием и на достаточно плодородных почвах и получают высокие урожаи возделываемых культур, и сохраняется плодородие земель при расчетных оросительных нормах по биологической потребности растений [12].

При этом вековой опыт мелиорации сельскохозяйственных земель показывает, что человечество для создания оптимальных условий культурным растениям, несмотря на ограниченность водных ресурсов в зонах орошаемого земледелия, с целью получения рекордных и потенциальных урожаев постоянно повышало нормы водопотребности орошаемых земель, тем са-

мым снижая экологическую эффективность агроландшафтных систем [8].

Отсюда стали появляться понятия не только биологической водопотребности культур, но и почвенно-мелиоративной водопотребности агроландшафтов, обеспечивающей регулирование мелиоративного режима почв, экологической водопотребности сельскохозяйственных угодий. Эти водопотребности определялись через расчеты благоприятных оросительных норм [13], экологически благоприятных оросительных норм для почв и ландшафтов [14, 15], оросительных норм, обеспечивающих мелиоративное благополучие орошаемых земель [8]. Эти экологически благоприятные оросительные нормы (ЭБОН) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Экологически благоприятные оросительные нормы

В мм

Зона	Почва	Экологически благоприятная оросительная норма			
		По Н. И. Парфеновой [13]	По Л. И. Кирейчевой [14]	По Д. А. Манукьяну [15]	По В. Р. Волобуеву [16]
Лесостепная	Серая лесная тяжелосуглинистая	60–100	80–120	100–200	0
	Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый		110–150		0
	Чернозем типичный тяжело- и легкосуглинистый		120–170		28
Степная	Чернозем обыкновенный тяжело- и легкосуглинистый	130–270	160–200	200–250	63
	Чернозем южный тяжело- и легкосуглинистый		400–450		204
Сухостепная	Каштановая тяжелосуглинистая	400–590	600–650	300–450	320
Полупустынная	Бурая полупустынная суглинистая	500–670	700–800	400–600	424

Наиболее близкие по своим показателям ЭБОН – для лесостепной зоны. В степной зоне эти нормы более высокие в расчетах Л. И. Кирейчевой. То же самое можно отметить для сухостепной и полупустынной зон. Вероятно, это связано с различным методическим подходом к их расчетам.

Н. И. Парфенова исходила из положения, что протекание почвообразовательных процессов в основном зависит от гидротермического режима R'' .

Он характеризует баланс веществ и энергии и определяется на орошаемых землях по формуле:

$$R'' = R/L(O_C + O_P), \quad (1)$$

где R – радиационный баланс деятельной поверхности, ккал/(см²·год);

L – скрытая теплота парообразования, величина постоянная (0,6 ккал/см³, или 2,51 кДж/см² (1 ккал = 4,19 кДж));

O_C – годовое количество осадков, мм;

O_P – оросительная норма, мм.

Наилучшие условия для микробиологической деятельности в почвообразовательных процессах наблюдаются при $R'' = 0,9...1,1$. В предлагаемой формуле, устанавливая необходимый гидротермический коэффициент, к которому нужно стремиться, можно определить оросительную норму, сформулированную Н. И. Парфеновой как «благоприятная оросительная норма».

В работах Л. И. Кирейчевой, Н. П. Карпенко, Д. А. Манукьяна за основу взят тот же подход, но в пределах даже природных зон данные довольно разные [14, 15], а нормы сформулированы авторами как «экологическая благоприятная оросительная норма».

Безусловно, такая формулировка требует уточнения: благоприятная для растений или для почвы? Если для почв, то, на наш взгляд, ее следует назвать «экологическая норма водопотребности (увлажнения) почв» (ЭНВП).

С этих позиций более четко представлено это понятие в работе Ж. С. Мустафаева, где предлагается расчет экологической нормы водопотребности орошаемых земель [8]:

$$O_P = \frac{R}{\bar{R} \cdot L} - \bar{R} \cdot L(\Delta W + O_C \pm g),$$

где O_P – экологическая норма водопотребности орошаемых земель, мм;

R , L , O_C – см. формулу (1);

\bar{R} – показатель гидротермического режима орошаемых земель;

ΔW – изменение почвенных влагозапасов, мм;

g – влагообмен между почвенными и грунтовыми водами.

При этом для расчета экологически безопасной нормы орошения взят $\bar{R}=1,0$, при котором наблюдаются благоприятные условия формирования почвообразовательного процесса.

Ранее сотрудниками Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства предложена формула для определения почвенно-мелиоративной нормы орошения земель [17]:

$$O_p^m = (O_p - E \cdot K_t \cdot K_c) / K_m,$$

где O_p^m – оросительная норма, обеспечивающая мелиоративное благополучие орошаемых земель, м³/га;

O_p – оросительная норма (нетто) при благоприятных почвенно-мелиоративных условиях, м³/га;

E – суммарное водопотребление, м³/га;

K_t – коэффициент, учитывающий долю возможного использования грунтовых вод в водопотреблении сельскохозяйственных культур;

K_c – коэффициент, учитывающий размеры допустимого участия грунтовых вод в субиригации при изменении их минерализации;

K_m – мелиоративный коэффициент, учитывающий степень засоления и солеотдачи почв зоны аэрации.

Еще В. В. Докучаев и Г. Н. Высоцкий в своих работах подчеркивали, что в почвообразовании важную роль играет соотношение осадков и испаряемости. В. Р. Волобуев экспериментальными данными подтвердил, что, когда это соотношение, или так называемый показатель эффективного увлажнения, равно 1, в почве создаются оптимальные условия для почвообразовательного процесса [16]. Согласно этим расчетам для создания оптимальных условий почвообразования требуется дополнительно влага в виде поливов, например, на черноземах типичных Центрально-Черноземных областей

(ЦЧО) всего 28 мм, а на бурых полупустынных – 424 мм (см. таблицу 1).

Цель исследований – обосновать экологические нормы водопотребности (увлажнения) различных типов почв для оптимизации мелиоративного состояния и почвенного плодородия.

Материалы и методы. Расчет ЭНВП проводился по коэффициенту благополучного экологического состояния почв и ландшафтов ($Kэ$), представляющему собой отношение оросительной нормы к осадкам [18]. При расчете средневзвешенных биологически оптимальных оросительных норм (БООН), удовлетворяющих потребности растений, по различным типам почв использовались укрупненные нормы водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур основных федеральных округов [19].

Результаты и их обсуждение. Коэффициент благополучного экологического состояния почв и ландшафтов составляет в лесостепной зоне 0,1–0,2, степной – 0,3–0,5, сухостепной – 0,6–1,0, полупустынной – 1,5–2,0 [17, 18]. Отсюда оросительная норма или ежегодные ЭНВП для серых лесных почв равняются 60–63 мм, черноземов выщелоченных – 87–93 мм, черноземов типичных – 104–120 мм, черноземов обыкновенных – 150–180 мм, черноземов южных – 200–250 мм, каштановых почв – 240–320 мм, бурых полупустынных – 380–550 мм.

Для орошения сельскохозяйственных культур все же предлагаются укрупненные нормы водопотребности – это биологически оптимальные оросительные нормы (БООН), удовлетворяющие потребности растений [19]. Используя эти данные, рассчитали средневзвешенную биологическую оросительную норму по ключевым участкам различных типов почв и экологическую норму водопотребности почв для оптимизации мелиоративного состояния и почвенного плодородия (таблица 2). Из данных таблицы 2 видно, что снижением БООН на 20–40 % нельзя достичь ЭНВП. Наблюдается, как показывают опытные данные, только уменьшение урожайности возделываемых культур соответственно на 7–40 %.

Таблица 2 – Средневзвешенная биологическая оросительная норма для сельскохозяйственных культур и экологическая норма орошения на различных типах почв

Зона	Почва	Субъект РФ, область, район	Зона увлажнения по Ку	Культура	Водопотребность (брутто) [16]	Средневзвешенная БООН	ЭНВП	В м ³ /га Снижение БООН	
								на 20 %	на 40 %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лесостепная	Серые лесные	Рязанская область, Рязанский район, ООО «Авангард»	0,8–1,1	Кормовые, люцерна на сено	1887	1764	600	1411	1058
				Кукуруза на зерно	1437				
				Овощи	1967				
	Черноземы типичные	Воронежская область, Хохольский район, ООО «Дон»	0,55–1,00	Люцерна на сено	3570	3080	1150	2464	1848
				Сахарная свекла	3097				
				Капуста поздняя	3253				
Степная	Черноземы обыкновенные	Ростовская область, Багаевский район, ОПХ «РООМС»	0,41–0,50	Люцерна прошлых лет	5121	3445	1700	2756	2067
				Зерновые колосовые, озимая пшеница	2765				
				Кукуруза на силос	3494				
				Кукуруза на зерно	4668				
				Кормовые корнеплоды	3436				

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сухо- степная	Темно- кашта- новые	Саратовская область, Энгельсский район, ОПХ «ВолжНИИГиМ»	0,41–0,50	Многолетние травы	5757	4168	2800	3334	2500
				Зерновые колосовые	3762				
				Кукуруза на силос	4474				
				Кукуруза на зерно	4968				
				Кормовые корнеплоды	4222				
				Овощи	3882				
				Картофель весенней посадки	3770				
				Культура летней посадки	2506				
Полупу- стынная	Бурые полупу- стынные	Волгоградская об- ласть, Светлоярский район, ООО «Райго- род»	< 0,30	Многолетние травы	7540	5417	4600	4334	3250
				Зерновые колосовые	4539				
				Кукуруза на силос	5452				
				Кукуруза на зерно	6488				
				Кормовые корнеплоды	5398				
				Овощи	4864				
				Картофель весенней посадки	4864				
				Культура летней по- садки	4167				
Примечание – ОПХ – опытно-производственное хозяйство.									

Чтобы не травмировать растение и получать планируемые урожаи, необходимо осуществлять поливы по биологической водопотребности возделываемых культур, т. е. применять БООН. ЭНВП показывает, в каком количестве теоретически ежегодно можно давать водную нагрузку для создания оптимальных условий почвообразования, для этого следует предусмотреть неорошаемые и орошаемые режимы. В неорошаемом режиме при возделывании высокопродуктивных засухоустойчивых культур обеспечиваются требования почв для воспроизводства своего плодородия, т. е. создаются условия, приближенные к естественным условиям почвообразования, а именно: влажность почвы находится на уровне 50–70 % НВ, температура – 20–30 °С, порозность аэрации – 20–40 %, содержание кислорода – 20 %.

В орошаемом режиме при выращивании влаголюбивых культур влажность почвы доходит до 85–95 % НВ, что способствует созданию анаэробных условий, при которых уже формируются негативные почвенные процессы [6, 9]. За ротацию севооборота, когда сочетаются влаго- и засухоустойчивые культуры, среднегодовая оросительная норма не должна превышать ЭНВП для данной зоны и почвы. Сочетание орошаемых и неорошаемых режимов возможно при циклическом виде орошения (рисунок 1) [20].

Но такой вид орошения требует обоснований соотношения орошаемых и неорошаемых режимов. Для различных типов почв это соотношение разное. Нами оно определялось следующим образом: взяв за 100 % средневзвешенную величину водопотребности возделываемых на орошении культур или БООН, устанавливаем, какой процент составляет ЭНВП. Это и есть процент орошаемого режима для данных почв. Расчеты показали, что для серых лесных почв орошаемый режим должен составлять 34 %, т. е. соотношение орошаемых и неорошаемых режимов равняется 34:66. Для других типов почв эти соотношения представлены в таблице 3.



Рисунок 1 – Схема перехода на циклический вид орошения, сочетающий орошаемый и неорошаемый режимы

Таблица 3 – Соотношение орошаемых и неорошаемых режимов при циклическом виде орошения на различных типах почв (расчетный метод)

Почва	Субъект РФ, область, район	Осадки многолетние, мм	Коэффициент благополучного экологического состояния Кэ*	ЭНВП, м ³ /га	Соотношение орошаемых и неорошаемых режимов, %
1	2	3	4	5	6
Серые лесные лесостепной зоны	ООО «Авангард», Рязанская область, Рязанский район	600	0,1	600	34:66
Черноземы типичные лесостепной зоны	ООО «Дон», Воронежская область, Хохольский район	575	0,2	1150	37:63

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
Черноземы обыкновенные степной зоны	ООО «Им. Калинина», Воронежская область, Богучарский район	450	0,3	1275	41:59
Черноземы обыкновенные степной зоны	ОПХ «РООМС», Ростовская область, Багаевский район	425	0,4	1700	49:51
Черноземы южные степной зоны	ООО «Им. М. В. Фрунзе», Ростовская область, Сальский район	400	0,5	2000	54:46
Темно-каштановые сухостепной зоны	ОПХ «ВолжНИИ-ГиМ», Саратовская область	350	0,8	2800	67:33
Светло-каштановые	Ставропольский край, Туркменский район	230	1,5	3450	70:30
Примечание – Кэ* – отношение оросительной нормы к осадкам при благополучном экологическом состоянии почвы.					

В нашем полевом опыте по изучению различных соотношений орошаемых и неорошаемых режимов на черноземах обыкновенных Ростовской области оптимальным соотношением для оптимизации почвенных процессов и увеличения биопродуктивности почв является 50:50 при среднегодовой оросительной норме при циклическом орошении 1750 м³/га [21]. Эта норма совпала с экологически благоприятной нормой для черноземов обыкновенных степной зоны, рассчитанной Н. И. Парфеновой, Л. В. Кирейчевой и др. Нами она обозначается как ЭНВП. Расчетные методы (см. таблицу 3) установления этих показателей практически совпали с опытными данными, а именно: при расчетном методе ЭНВП равнялась на черноземе обыкновенном Ростовской области 1700 м³/га, в опытных данных 1750 м³/га, а соотношение орошаемых и неорошаемых режимов составило соответственно 49:51 и 50:50 %.

Отсюда следует, что в орошении особенно нуждаются почвы засушливой зоны – бурые полупустынные, каштановые, южные черноземы. Водные нагрузки на почвы степной зоны, особенно черноземы, целесообразно

сократить в два раза, а почвы лесостепной зоны нуждаются только в дотационных поливах, составляющих около 30 % орошения. Эти положения подтверждаются расчетами коэффициента энергоэффективности орошения, проведенными Л. В. Кирейчевой и др. для почв зонального ряда [10, 22].

Выводы

1 Для орошения сельскохозяйственных культур предлагаются укрупненные нормы водопотребности. Это биологически оптимальные оросительные нормы (БООН), удовлетворяющие потребности растений. Однако для оптимизации почвенных процессов требуется создание условий, приближенных к естественным, что возможно при установлении экологической нормы водопотребности почв (ЭНВП).

2 Коэффициент благополучного экологического состояния почв и ландшафтов составляет в лесостепной зоне 0,1–0,2, степной – 0,3–0,5, сухостепной – 0,6–1,0, полупустынной – 1,5–2,0. Отсюда оросительная норма, или ежегодные ЭНВП, для серых лесных почв равняется 60–63 мм, черноземов выщелоченных – 87–93 мм, черноземов типичных – 104–120 мм, черноземов обыкновенных – 150–180 мм, черноземов южных – 200–250 мм, каштановых почв – 240–320 мм, бурых полупустынных – 380–550 мм.

3 Чтобы не травмировать растения и получать планируемую (проектную) урожайность, необходимо осуществлять поливы. БООН и ЭНВП показывают, в каком количестве теоретически ежегодно можно давать водные нагрузки для создания периодических естественных условий почвообразования, применяя в севообороте орошаемые и неорошаемые режимы. В орошаемом режиме выращиваются влаголюбивые культуры с БООН, а в неорошаемом – засухоустойчивые, возделываемые без орошения. В целом за ротацию севооборота БООН должны быть равны ЭНВП.

4 Соотношение орошаемых и неорошаемых режимов в процентах составляет для серых лесных почв 34:66, черноземов типичных – 37:63, черноземов обыкновенных ЦЧО – 41:59, черноземов обыкновенных Ро-

стовской области – 49:51, черноземов южных – 54:46, темно-каштановых – 67:33, светло-каштановых почв – 70:30.

Список использованных источников

1 Андреев, Г. И. Экологическое состояние орошаемых почв на Нижнем Дону: монография / Г. И. Андреев, Г. А. Козлечков, А. Г. Андреев. – Днепропетровск, 2007. – 262 с.

2 Панов, Н. П. Почвенные процессы в орошаемых черноземах и каштановых почвах и пути предотвращения их деградации / Н. П. Панов, В. Г. Мамонтов. – М.: Россельхозакадемия, 2001. – 253 с.

3 Комиссаров, А. В. Влияние длительного орошения на свойства чернозема выщелоченного в Южном Предуралье / А. В. Комиссаров // Земледелие. – 2015. – № 2. – С. 5–9.

4 Зайдельман, Ф. Р. Защита почв от деградации / Ф. Р. Зайдельман // Вестник Российской академии наук. – 2008. – № 8. – С. 693–703.

5 Mateo-Sagasta, J. Agriculture and water quality interactions: a global overview. SOLAW Background Thematic Report – TR08 [Electronic resource] / J. Mateo-Sagasta, J. Burke. – Mode of access: http://fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic_reports/TR_08.pdf, 2017.

6 Water quality for agriculture [Electronic resource]. – Mode of access: <http://fao.org/docrep/003/t0234e/t0234e05.htm>, 2017.

7 Heenan, D. P. Long-term impact of rotation, tillage and stubble management on the loss of soil organic carbon and nitrogen from a Chromic Luvisol / D. P. Heenan, K. Y. Chan, P. G. Knight // Soil Tillage Res. – 2004. – Vol. 76. – P. 59–68.

8 Основные принципы нормирования водопотребности агроландшафтов [Электронный ресурс] / Ж. С. Мустафаев [и др.]. – Режим доступа: <http://cawater-info.net/library/rus/mustafaev-et-all.pdf>, 2016.

9 Сенчуков, Г. А. Ландшафтно-экологические и организационно-хозяйственные аспекты обоснования водных мелиораций / Г. А. Сенчуков. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2001. – 276 с.

10 Кирейчева, Л. В. Подходы к обоснованию размещения сельскохозяйственных мелиораций / Л. В. Кирейчева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2017. – № 4. – С. 11–15.

11 Ильинская, И. Н. Нормирование водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур на Северном Кавказе / И. Н. Ильинская; РосНИИПМ. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2001. – 164 с.

12 Скуратов, Н. С. Использование и охрана черноземов / Н. С. Скуратов, Л. М. Докучаева, О. Ю. Шалашова. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2000. – 246 с.

13 Парфенова, Н. И. Энергетические основы формирования плодородия почв / Н. И. Парфенова // Вопросы мелиорации. – 2002. – № 2. – С. 64–70.

14 Кирейчева, Л. И. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв / Л. В. Кирейчева, Н. П. Карпенко // Почвоведение. – 2015. – № 5. – С. 587–596.

15 Манукьян, Д. А. Оценка экологической безопасности функционирования гидромелиоративных систем с использованием термодинамических показателей / Д. А. Манукьян, Н. П. Карпенко // Природообустройство. – 2008. – № 2. – С. 45–50.

16 Волобуев, В. Р. Введение в энергетику почвообразования / В. Р. Волобуев. – М.: Наука, 1974. – 130 с.

17 Оросительные нормы сельскохозяйственных культур в Казахстане / Казгипроводхоз. – Джамбул, 1981. – 78 с.

18 Седых, В. А. Почвенно-экологический мониторинг / В. А. Седых, В. И. Савич, П. Н. Балабко. – М.: Изд-во ВНИИА, 2013. – 584 с.

19 СТО. Укрупненные нормы водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур Центрального, Приволжского, Уральского, Сибирского, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mcx-dm.ru/sites/all/files/normi_vodopotrebnosti.pdf, 2013.

20 Щедрин, В. Н. Теория и практика альтернативных видов орошения черноземов юга Европейской территории России: монография / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев. – Новочеркасск: Лик, 2011. – 435 с.

21 Андреева, Т. П. Экономическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур при снижении искусственной водной нагрузки / Т. П. Андреева, Л. М. Докучаева, Э. Н. Стратинская // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2010. – Вып. 43. – С. 185–189.

22 Кирейчева, Л. В. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России / Л. В. Кирейчева, И. Ф. Юрченко, В. М. Яшин. – М.: ВНИИ агрохимии, 2017. – 296 с.

References

1 Andreev G.I., Kozlechkov G.A., Andreev A.G., 2007. *Ekologicheskoe sostoyanie oroshayemykh pochv na Nizhnem Donu: monografiya* [Ecological state of irrigated soils on the Lower Don: monograph]. Dnepropetrovsk, 262 p. (In Russian).

2 Panov N.P., Mamontov V.G., 2001. *Pochvennye protsessy v oroshayemykh chernozemakh i kashtanovykh pochvakh i puti predotvrashcheniya ikh degradatsii* [Soil processes in irrigated chernozems and chestnut soils and the ways to prevent their degradation]. Moscow, Russian Agricultural Academy, 253 p. (In Russian).

3 Komissarov A.V., 2015. *Vliyanie dlitel'nogo orosheniya na svoystva chernozema vyshchelochennogo v Yuzhnom Predural'ye* [Influence of a long-term irrigation on the leached chernozem characteristics in the Southern Cis-Urals]. *Zemledelie* [Farming], no. 2, pp. 5-9. (In Russian).

4 Zaidel'man F.R., 2008. *Zashchita pochv ot degradatsii* [Protecting soils from degradation]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences], no. 8, pp. 693-703. (In Russian).

5 Mateo-Sagasta J., Burke J., 2017. Agriculture and water quality interactions: a global overview. SOLAW Background Thematic Report – TR08 [Electronic resource]. Available: http://fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic_reports/TR_08.pdf. (In English).

6 Water quality for agriculture [Electronic resource]. Available: <http://fao.org/doc-rep/003/t0234e/t0234e05.htm>, 2017. (In English).

7 Heenan D.P., Chan K.Y., Knight P.G., 2004. Long-term impact of rotation, tillage and stubble management on the loss of soil organic carbon and nitrogen from a Chromic Luvisol. *Soil Tillage Res.*, vol. 76, pp. 59-68. (In English).

8 Mustafaev Zh.S., 2016. *Osnovnye printsipy normirovaniya vodopotrebnosti agrolandshaftov* [The basic principles of water demand of cultivated lands standartization]. Available: <http://cawater-info.not/lib-rary/rus/mustafaev-et-all.pdf>. (In Russian).

9 Senchukov G.A., 2001. *Landshaftno-ekologicheskie i organizatsionno-khozyaystvennye aspekty obosnovaniya vodnykh melioratsiy* [Landscape-ecological and organizational-economic aspects of water reclamation substantiation]. Rostov-on-Don, SKNTS VS Publ., 276 p. (In Russian).

10 Kireycheva L.V., 2017. *Podkhody k obosnovaniyu razmeshcheniya sel'skokhozyaystvennykh melioratsiy* [Approaches to the substantiation of agricultural land reclamation]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 4, pp. 11-15. (In Russian).

11 П'inskaya I.N., 2001. *Normirovanie vodopotrebnosti dlya orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na Severnom Kavkaze* [Standartization of water demand for irrigation of agricultural crops in the North Caucasus]. RosNIIPM, Novocherkassk, South Russian State Technical University Publ., 164 p. (In Russian).

12 Skuratov N.S., Dokuchaeva L.M., Shalashova O.Yu., 2000. *Ispol'zovanie i okhrana chernozemov* [Use and protection of chernozems]. Moscow, TsNTI "Meliovodinform", 246 p. (In Russian).

13 Parfenova N.I., 2002. *Energeticheskie osnovy formirovaniya plodorodiya pochv* [Energetic basics of soil fertility formation]. *Voprosy melioratsii* [Land Reclamation Issues], no. 2, pp. 64-70. (In Russian).

14 Kireycheva L.I., Karpenko N.P., 2015. *Otsenka effektivnosti orositel'nykh melioratsiy v zonal'nom ryadu pochv* [Evaluation of the efficiency of irrigation in a zonal soil sequence]. *Pochvovedenie* [Soil Science], no. 5, pp. 587-596. (In Russian).

15 Manuk'yan D.A., Karpenko N.P., 2008. *Otsenka ekologicheskoy bezopasnosti funkcionirovaniya gidromeliorativnykh sistem s ispol'zovaniyem termodinamicheskikh pokazateley* [The assessment of the ecological safety of functioning of hydraulic reclamation systems using thermodynamic and hydrodynamic indicators]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 2, pp. 45-50. (In Russian).

16 Volobuev V.R., 1974. *Vvedenie v energetiku pochvoobrazovaniya* [Introduction into the energy of soil formation]. Moscow, Nauka Publ., 130 p. (In Russian).

17 *Orositel'nye normy sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v Kazakhstane* [Irrigation rates of agricultural crops in Kazakhstan]. Kazgiprovodkhoz, Dzhambul, 1981, 78 p. (In Russian).

18 Sedykh V.A., Savich V.I., Balabko P.N., 2013. *Pochvenno-ekologicheskii monitoring* [A soil-ecological monitoring]. Moscow, VNIIA Publ., 584 p. (In Russian).

19 SRT. *Ukrupnennyye normy vodopotrebnosti dlya orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur Tsentral'nogo, Privolzhskogo, Ural'skogo, Sibirskogo, Yuzhnogo i Severo-Kavkazskogo federal'nykh okrugov* [Enlarged norms of water demand for irrigation of agricultural crops of the Central, Volga, Urals, Siberian, Southern and North-Caucasian federal districts]. Available: http://mcx-dm.ru/sites/all/files/normi_vodopotrebnosti.pdf, 2013.

20 Shchedrin V.N., Vasil'ev S.M., 2011. *Teoriya i praktika al'ternativnykh vidov orosheniya chernozemov yuga Yevropeyskoy territorii Rossii: monografiya* [Theory and practice of alternative types of irrigation of chernozem in the European south of Russia: monograph]. Novocherkassk, Lick Publ., 435 p. (In Russian).

21 Andreeva T.P., Dokuchaeva L.M., Stratinskaya E.N., 2010. *Ekonomicheskaya effektivnost' vozdeystviya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur pri snizhenii iskusstvennoy vodnoy nagruzki* [Economic efficiency of agricultural crops cultivation by reduced artificial water load]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 43, pp. 185-189. (In Russian).

22 Kireycheva L.V., Yurchenko I.F., Yashin V.M., 2017. *Nauchnye osnovy sozdaniya i upravleniya meliorativnymi sistemami v Rossii* [Scientific basics of creation and management of reclamation systems in Russia]. Moscow, All-Russia Research Institute of Agrochemistry Publ., 296 p. (In Russian).

Щедрин Вячеслав Николаевич

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: академик Российской академии наук, профессор

Должность: директор

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Shchedrin Vyacheslav Nikolayevich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor

Position: Director

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Докучаева Лидия Михайловна

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Dokuchayeva Lidiya Mikhaylovna

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Юркова Рита Евгеньевна

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Yurkova Rita Yevgenyevna

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru