

**А. Н. Бабичев, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова**

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

## **ФАКТОРЫ, УСИЛИВАЮЩИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ НА СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО**

**Цель:** установить факторы, усиливающие отрицательное воздействие длительного орошения на плодородие почв. **Материалы и методы.** Изучалось влияние минерализации и качества оросительной воды на черноземы обыкновенные (Неклиновский район), уровня залегания грунтовых вод на мелиоративное состояние и почвенное плодородие черноземов обыкновенных (Багаевский район Ростовской области), структура севооборотов, и устанавливались оптимальные уровни увлажнения при разных поливных режимах. **Результаты.** Длительное использование слабоминерализованной воды сульфатно-натриевого состава привело к деградации черноземов обыкновенных. Они приобрели свойства среднещелочных и среднесолонцеватых почв: щелочность – 1,29 ммоль(экв)/100 г, солонцеватость – 7 % обменного натрия от суммы почвенного поглощающего комплекса (ППК), плотность сложения почв – 1,34 т/м<sup>3</sup>, содержание гумуса снизилось на 23 % при перестройке его из фульватно-гуматного в гуматно-фульватный. Близкое залегание грунтовых вод и их минерализация 5 г/дм<sup>3</sup> способствовали проявлению вторичного засоления. Воспроизводство плодородия наблюдается только при внесении органических удобрений. Увеличение количества гумуса в люцерно-кукурузном севообороте при внесении 60 т/га навоза после 4 лет возделывания кукурузы составило 0,68 % в сравнении с содержанием гумуса после 3 лет выращивания люцерны, а в зерно-кормовом – 0,55 %. Выявлено, что при увеличении оросительной нормы до 30 % наблюдается выщелачивание обменного кальция с одновременным ростом содержания обменного натрия до 4 % от суммы ППК, что способствует увеличению плотности сложения чернозема обыкновенного до 1,38 т/м<sup>3</sup>. В варианте с переполивом содержание гумуса за 4 года регулярного орошения уменьшилось на 0,22 %, а в варианте с оптимальной и сниженными на 40 и 60 % нормами его количество сократилось от 0,04 до 0,07 %, как и на богаре. **Выводы.** Исследуемые факторы при определенных условиях усиливают отрицательное воздействие длительного орошения на свойства чернозема обыкновенного.

**Ключевые слова:** длительное орошение; севообороты; плодородие; чернозем обыкновенный; отрицательное воздействие; свойства почв.

**A. N. Babichev, L. M. Dokuchayeva, R. Ye. Yurkova**

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

## **FACTORS ENHANCING THE ADVERSE EFFECTS OF LONG-TERM IRRIGATION ON THE ORDINARY CHERNOZEM PROPERTIES**

**Purpose:** to identify factors enhancing the negative impact of long-term irrigation on soil fertility. **Materials and methods.** The influence of mineralization and quality of irrigation



water on ordinary chernozems (Neklinovsky district), the level of groundwater table on the reclamation state and soil fertility of ordinary chernozems (Bagaevsky district of Rostov region), the structure of crop rotations was studied, and optimal moisture levels for different irrigation modes were established. **Results.** Long-term use of sulphate-sodium low-mineralized water led to the degradation of ordinary chernozems. They acquired the properties of medium alkaline and medium solonized soils: alkalinity – 1.29 mmol(eq)/100 g, solonetzicity – 7 % of exchangeable sodium from the total soil absorbing complex (SAC), soil bulk density – 1.34 t/m<sup>3</sup>, humus content decreased by 23 % during its transformation from fulvate-humate to humate-fulvate. The close ground waters table and their mineralization of 5 g/dm<sup>3</sup> contributed to secondary salinization. Fertility reproduction is observed only with the introduction of organic fertilizers. The increase in humus content in the alfalfa-corn crop rotation was 0.68 % with the introduction of 60 t/ha of manure after 4 years of corn cultivation in comparison with the humus content after 3 years of alfalfa cultivation, and in the grain feed – 0.55 %. It was found that with an increase of irrigation rate up to 30 %, leaching of exchangeable calcium is observed with a simultaneous increase in the content of exchangeable sodium up to 4 % of the total SAC, which contributes to an increase in bulk density of ordinary chernozem to 1.38 t/m<sup>3</sup>. In the variant with over-irrigation, the humus content decreased by 0.22 % over 4 years of regular irrigation, and in the variant with the optimal and reduced by 40 and 60 % rates, its amount decreased from 0.04 to 0.07 %, as in dry land. **Conclusions.** The investigated factors enhance under certain conditions the negative impact of long-term irrigation on the properties of ordinary chernozem.

**Key words:** long-term irrigation; crop rotations; fertility; ordinary chernozem; negative impact; soil properties.

**Введение.** Поливная вода оказывает как положительное, так и отрицательное воздействие на почву. Она вызывает существенные изменения физического состояния почв, солевого режима, тепловых свойств и воздушного режима, химических и микробиологических процессов, темпа накопления и разложения органического вещества почвы. Оптимально увлажненная почва приобретает физическую спелость. При обработке такая почва лучше поддается рыхлению, оказывает меньшее механическое сопротивление тяговым усилиям. С оросительной водой вносятся в почву илестые частицы, которые формируют плодородные наносы. Вода является хорошим растворителем, что способствует привлечению элементов питания и улучшению питательного режима растений [1].

При поддержании благоприятного водно-воздушного режима путем орошения в почве активно протекают микробиологические процессы: аммонификация, нитрификация, усиливается деятельность клубеньковых и свободно живущих азотфиксирующих бактерий, в результате чего значительно улучшается азотное питание растений [1].

Наряду с положительным влиянием орошения на почвы и ее плодородие нерегулируемые поливы вызывают отрицательные последствия. Под влиянием потоков воды при наземных способах полива и ударов капель при дождевании разрушаются структурные агрегаты, образуется корка на поверхности почвы, ухудшаются воздушный и пищевой режимы. Илистые частицы, просачивающиеся вглубь вместе с водой, образуют уплотненную прослойку, которая препятствует проникновению воды, воздуха и корней растений в более глубокие слои. На склонах начинается ирригационная эрозия [2, 3]. При нерегулируемых поливах повышается уровень грунтовых вод (УГВ), что вызывает вторичное засоление корнеобитаемых слоев. Избыток поливной воды загрязняет окружающую среду, особенно водоемы, куда она переносится вместе с поллютантами.

Опыт длительного орошения различных почв указывает на тот факт, что гораздо чаще приходится сталкиваться с отрицательными его последствиями для свойств почв [4–7]. К ним следует отнести переувлажнение, заболачивание, подтопление, вторичное засоление, подщелачивание, осолонцевание, дегумификацию, обесструктурирование, уплотнение [5, 8]. Безусловно, такой большой набор негативных последствий в виде трансформации свойств почв вызван рядом факторов, которые возможно исключить при проектировании, реконструкции и эксплуатации оросительных систем.

Цель исследований – установить факторы, усиливающие отрицательное воздействие длительного орошения на плодородие почв.

**Материалы и методы.** Для выявления факторов, отрицательно влияющих на плодородие почв при длительном регулярном орошении, обработаны данные опытов, проводимых с 1992 по 2000 г. В эти годы в хозяйствах еще сохранялся регулярный вид орошения. Влияние минерализации и качества оросительной воды на свойства чернозема обыкновенного при длительном использовании изучалось в ООО «Приазовье» Неклиновского района Ростовской области. Уровень залегания грунтовых вод, их

влияние на мелиоративное состояние и почвенное плодородие орошаемых черноземов обыкновенных исследовались в ОПХ «РООМС» Багаевского района Ростовской области. Там же и на тех же почвах выявлялись севообороты, сохраняющие плодородие длительно орошаемых земель, и устанавливались оптимальные уровни увлажнения при разных поливных режимах.

Нами изучались на длительно орошаемых черноземах обыкновенных четыре вида 7-польных севооборотов. Первые два – кормовые с разным содержанием поукосных посевов. При этом в I севообороте проводилась сидерация, а в III севообороте (люцерно-кукурузном), а также в IV севообороте (зерно-кормовом) дополнительно на 6-й год ротации вносился навоз в дозах 60 и 100 т/га.

Опыты проводились на фоне обычной вспашки и внесения минеральных удобрений (МУ) в расчете на планируемую урожайность. Поливы осуществлялись по требованию культуры.

В первые 3 года все поля изучаемых севооборотов были заняты люцерной. В последующие 4 года ротации севооборотов возделывались следующие культуры:

- I (кормовой) – промежуточных культур 57,8 % (сложная кормосмесь + отава на сидераты; злако-бобовая смесь + отава суданки; рапсоячменная смесь + сложная кормосмесь; озимая пшеница на зерно + горохо-подсолнечная смесь);

- II (кормовой) – промежуточных культур 28,6 % (кукуруза на зеленый корм; озимая рожь на зеленый корм + сложная кормосмесь; соя; кукуруза на зерно);

- III (люцерно-кукурузный) – люцерна 4-го года жизни с подсевом суданки; кукуруза на зерно; кукуруза на зерно с внесением 60 и 100 т/га навоза; кукуруза на зерно (последствие навоза);

- IV (зерно-кормовой) – после двух укосов люцерны 4-го года жизни подготовка почвы под озимую пшеницу и ее посев; озимая пшеница + по-

жнивно злаковая смесь; кукуруза на зерно с внесением 60 и 100 т/га навоза; соя (последствие навоза).

Влияние уровней увлажнения на свойства черноземов обыкновенных изучалось по следующей схеме:

- 1) богара (контроль);
- 2) 1 т – БООН (биологическая оптимальная оросительная норма);
- 3) 0,6 т;
- 4) 0,8 т;
- 5) 1,3 т.

Возделывались пропашные культуры – кукуруза на зерно, кукуруза на силос, озимая пшеница + пожнивно злако-бобовая смесь, соя.

Отбор образцов почвы проводился по всем опытным участкам осенью после уборки сельскохозяйственных культур по слоям 0–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100 см. Осуществлены следующие виды анализов: состав водной вытяжки<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>; состав обменных оснований или почвенного поглощающего комплекса (ППК): кальций (Ca) и магний (Mg)<sup>6</sup>, натрий (Na)<sup>7</sup>;

---

<sup>1</sup> ГОСТ 26424-85. Почвы. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2020.

<sup>2</sup> ГОСТ 26425-85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2020.

<sup>3</sup> ГОСТ 26426-85. Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2020.

<sup>4</sup> ГОСТ 26427-85. Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2020.

<sup>5</sup> ГОСТ 26428-85. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2020.

<sup>6</sup> ГОСТ 26487-85. Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. – Введ. 1986-07-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2020.

<sup>7</sup> ГОСТ 26950-86. Метод определения обменного натрия. – Введ. 1987-07-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2020.

агрегатный состав по Н. И. Саввинову<sup>8</sup>; гумус<sup>9</sup>. В поле определялась плотность сложения почвы методом режущего кольца по Н. А. Качинскому<sup>8</sup>.

Математическая обработка данных проведена по Б. А. Доспехову<sup>10</sup>.

Отбор проб грунтовых вод производился в весенний период, а оросительных вод – в течение вегетационного периода.

**Результаты и их обсуждения.** Многолетние исследования показывают, что к факторам, усиливающим отрицательное воздействие длительного орошения на плодородие почв, следует отнести:

- минерализацию и качество оросительной воды;
- уровень залегания грунтовых вод, их минерализацию и химический состав;
- несоблюдение структуры посевных площадей и севооборотов;
- нарушение поливных режимов, приводящее к переполиву сельскохозяйственных культур.

При использовании минерализованных оросительных вод неудовлетворительного качества наблюдается утрата почвенного плодородия. В настоящее время существует классификация С. Я. Бездниной [9], в которой выведено четыре класса воды, имеющих различное влияние на плодородие почв, а в связи с этим и подход к ее использованию должен быть разным. Так, более чем 40-летнее применение поливной воды с минерализацией 1,2–1,3 г/дм<sup>3</sup> сульфатно-натриевого состава на Миусской оросительной системе привело к полной деградации лучших черноземов Ростовской области. Несмотря на то, что с самого начала освоения этих земель под орошение на системе оросительная сеть представлена трубопроводами

---

<sup>8</sup> Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

<sup>9</sup> ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – Введ. 1993-07-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2020.

<sup>10</sup> Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

и УГВ располагаются глубже 16 м, не оказывая влияния на почвенные процессы, поверхностные слои почв приобрели ряд негативных свойств.

Свойства черноземов обыкновенных после длительного орошения водой неблагоприятного состава оросительными нормами от 2500 до 5000 м<sup>3</sup>/га представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Изменение свойств длительно орошаемых черноземов обыкновенных (ООО «Приазовье») (n = 5)**

| Слой, см | Щелочность |  | Солонцеватость<br>Na от<br>Σ ППК,<br>% | Токсичные соли,<br>% | Плотность сложения почвы,<br>т/м <sup>3</sup> | Водопрочность,<br>% | Гумус,<br>% | Тип гумуса |
|----------|------------|--|--|----------------------|---|---------------------|-------------|------------|
|          | pH         | НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup> – Ca <sup>2+</sup> +<br>+ Na <sup>+</sup> + Mg <sup>2+</sup> ,<br>ммоль(экв)/100 г |  |                      |   |                     |             |            |
| 0–40     | 8,3        | 1,29   | 7                                      | 0,086                | 1,34  | 19                  | 3,22        | Г-Ф        |
|          | 7,7        | Ca > НСО <sub>3</sub>  | 1                                      | 0,032                | 1,16  | 43                  | 4,2         | Ф-Г        |
| 40–100   | 7,9        | 0,95   | 5                                      | 0,075                | 1,31  | 25                  | –           |            |
|          | 7,5        | Ca > НСО <sub>3</sub>  | 1                                      | 0,040                | 1,23  | 41                  |             |            |
| 0–100    | 8,0        | 1,09   | 6                                      | 0,083                | 1,32  | 22                  | –           |            |
|          | 7,6        | Ca > НСО <sub>3</sub>  | 1                                      | 0,036                | 1,20  | 42                  |             |            |

Примечание – В числителе данные орошаемого участка, в знаменателе – неорошаемого.

Из данных таблицы 1 видно, что в основном корнеобитаемом слое развиваются процессы подщелачивания и осолонцевания, в результате чего черноземы приобрели свойства среднещелочных и среднесолонцеватых почв. Эти явления спровоцировали диспергацию почвенной массы, что повлекло за собой переуплотнение почв до 1,34 т/м<sup>3</sup> и потерю структуры при неудовлетворительном состоянии водопрочных агрегатов, которые в 40-сантиметровом слое составляют всего 19 %, а на неорошаемом участке – 43 %. Процесс дегумификации подтверждается не только уменьшением содержания гумуса на 23 % по сравнению с неорошаемыми почвами, но и перестройкой его качественного состава из фульватно-гуматного (Ф-Г) в гуматно-фульватный (Г-Ф).

Грунтовые воды определяют мелиоративный режим почв и являются одним из отрицательных факторов, влияющих на плодородие почв [10, 11].

Автоморфный режим существует при глубине грунтовых вод более 6 м, а при их залегании на глубине 3–6 м формируется полугидроморфный режим. Когда грунтовые воды располагаются на глубине менее 3 м, наблюдается гидроморфный, а менее 1,5 м – сильно гидроморфный режим [12].

Для недопущения формирования гидроморфного режима следует на орошаемых массивах не допускать подъема грунтовых вод выше критического уровня. Если он выше критического при соответствующей минерализации грунтовых вод, то происходит накопление водорастворимых солей (вторичное засоление) и обменных натрия и магния (осолонцевание) в корнеобитаемом слое. Особенно опасен подъем грунтовых вод, обладающих минерализацией более 5 г/дм<sup>3</sup>, сульфатно-натриевого состава.

Это наглядно представлено на одном из орошаемых участков ОПХ «РООМС» Багаевского района Ростовской области, где оросительная сеть была построена в земляном русле, а коллекторно-дренажная сеть не справляется с оттоком грунтовых вод.

Почвы представлены черноземами обыкновенными. Орошение проводится дождеванием водой удовлетворительного качества с минерализацией 0,5–0,7 г/дм<sup>3</sup> гидрокарбонатно-кальциевого состава. Оросительные нормы колеблются от 2500 до 5000 м<sup>3</sup>/га.

Как видно из данных таблицы 2, близкое залегание грунтовых вод увеличивает содержание водорастворимых токсичных солей по сравнению с оптимальными параметрами (ОП) для этих почв [13]. Глубинное вторичное засоление, так же как и солонцеватость, обычно проявляется на уровне капиллярной каймы с глубины 40–60 см. Верхний слой этих почв при поливах пресной водой в меньшей степени подвержен деградационным процессам, чем при поливах слабоминерализованными водами удовлетворительного состава. Однако в связи с выщелачиванием кальция (Ca) из ППК содержание обменного натрия (Na) возрастает до 2 %, что превышает ОП



в два раза. Это опасно для черноземов, так как в данных условиях почва обесструктурируется и уплотняется.

Количество агрономически ценных агрегатов, как видно из данных таблицы 2, в 40-сантиметровом слое после длительного орошения даже пресной водой составляет всего 39–40 % (ОП > 60 %), что характеризует структурное состояние таких почв как неудовлетворительное, а водопрочность, варьирующая в пределах 27–29 %, недостаточно удовлетворительна. При этом следует отметить, что при уменьшении доли кальция в ППК и увеличении доли Na структурное состояние ухудшается, а плотность сложения почв возрастает. Так, в скважине (скв.) 2 при УГВ 125 см и их минерализации 6,08 г/дм<sup>3</sup> в верхнем 40-сантиметровом слое содержание обменного натрия составило 2 %, доля кальция уменьшилась до 74 %, что нехарактерно для исследуемых почв, а плотность сложения составила 1,29 т/м<sup>3</sup>, т. е. пашня стала уплотненной. Близкое залегание минерализованных грунтовых вод снизило гумусонакопление в слое 40–60 см до 2,3 %, в то время как его количество при УГВ 230 см и минерализации 5,03 г/дм<sup>3</sup> составило 2,84 %. По данным Г. И. Андреева, в этом слое черноземов обыкновенных, но неорошаемых его количество превышало 3 % [13]. В целом для обеспечения оптимального почвенного плодородия орошаемых полей необходимо, чтобы глубина залегания грунтовых вод была больше критической.

Ведущая роль в повышении плодородия орошаемых земель принадлежит севооборотам.

При правильном чередовании возделываемых сельскохозяйственных культур сохраняется основной фактор плодородия – гумусонакопление.

Правильно подобранная структура посевных площадей с оптимальным набором сельскохозяйственных культур не только обеспечивает эффективное использование земель, но и поддерживает плодородие длительно орошаемых почв.

**Таблица 2 – Свойства длительно орошаемых черноземов обыкновенных при различных уровнях грунтовых вод и их минерализации**

| Слой, см   | Токсичные соли, % | Токсичная щелочность, ммоль(экв)/100 г | Солонцеватость, Na, % от $\Sigma$ ППК | Наличие Са в ППК, % от $\Sigma$ ППК | Агрегаты 0,25–10 мм при сухом просеивании, % | Водопрочные агрегаты > 0,25 мм, % | Плотность сложения почвы, т/м <sup>3</sup> | Гумус, % | Тип гумуса |
|--|-------------------|--|---------------------------------------|-------------------------------------|--|-----------------------------------|--|----------|------------|
| Скв. 1. Грунтовая вода – глубина 230 см, минерализация 5,03 г/дм <sup>3</sup>  |                   |  |                                       |                                     |  |                                   |  |          |            |
| 0–20   | 0,047             | 0,12                                   | 2                                     | 79                                  | 38   | 28                                | 1,25                                       | 3,29     | Г-Ф        |
| 20–40  | 0,055             | 0,02                                   | 2                                     | 80                                  | 39   | 30                                | 1,23                                       | 3,12     | Г-Ф        |
| 40–60  | 0,065             | 0,24                                   | 2                                     | 79                                  | 40   | 32                                | 1,20                                       | 2,84     | Г-Ф        |
| 60–80  | 0,088             | 0,48                                   | 2                                     | 80                                  | Не определено                                |                                   | Не определено                              |          |            |
| 80–100   | 0,053             | 0,36                                   | 3                                     | 78                                  | Не определено                                |                                   | Не определено                              |          |            |
| 0–40   | 0,051             | 0,07                                   | 2                                     | 79                                  | 39   | 29                                | 1,24                                       | 3,21     | Г-Ф        |
| Скв. 2. Грунтовая вода – глубина 125 см, минерализация 6,08 г/дм <sup>3</sup>  |                   |  |                                       |                                     |  |                                   |  |          |            |
| 0–20   | 0,074             | 0,22                                   | 2                                     | 76                                  | 35   | 29                                | 1,27                                       | 3,10     | Г-Ф        |
| 20–40  | 0,074             | 0,20                                   | 2                                     | 72                                  | 34   | 28                                | 1,30                                       | 2,95     | Г-Ф        |
| 40–60  | 0,130             | 0,32                                   | 2                                     | 73                                  | 33   | 30                                | 1,31                                       | 2,23     | Г-Ф        |
| 60–80  | 0,209             | 0,41                                   | 3                                     | 76                                  | Не определено                                |                                   | Не определено                              |          |            |
| 80–100   | 0,287             | 0,55                                   | 5                                     | 72                                  | Не определено                                |                                   | Не определено                              |          |            |
| 0–40   | 0,074             | 0,21                                   | 2                                     | 74                                  | 35   | 27                                | 1,29                                       | 3,03     | Г-Ф        |
| Скв. 3. Грунтовая вода – глубина 140 см, минерализация 5,72 г/дм <sup>3</sup>  |                   |  |                                       |                                     |  |                                   |  |          |            |
| 0–20   | 0,041             | 0,10                                   | 1                                     | 80                                  | 41   | 30                                | 1,22                                       | 3,25     | Г-Ф        |
| 20–40  | 0,046             | 0,34                                   | 2                                     | 79                                  | 38   | 28                                | 1,25                                       | 3,12     | Г-Ф        |
| 40–60  | 0,089             | 0,45                                   | 3                                     | 77                                  | 36   | 27                                | 1,32                                       | 2,35     | Г-Ф        |
| 60–80  | 0,118             | 0,56                                   | 5                                     | 73                                  | Не определено                                |                                   | Не определено                              |          |            |
| 80–100   | 0,294             | 0,73                                   | 8                                     | 70                                  | Не определено                                |                                   | Не определено                              |          |            |
| 0–40   | 0,043             | 0,22                                   | 2                                     | 79                                  | 40   | 9                                 | 1,24                                       | 3,18     | Г-Ф        |
| ОП   | < 0,05            | < 0,7                                  | < 1,0                                 | > 85                                | > 60   | 40                                | < 1,15                                     | > 4,4    | Г          |
| ПДП  | 0,05–0,12         | 0,7–1,0                                | 1,0–3,0                               | 80–85                               | 40–60  | 30–40                             | 1,15–1,25                                  | 3,8–4,0  | Ф-Г        |
| Примечание – Г-Ф – гуматно-фульватный; Г – гуматный; Ф-Г – фульватно-гуматный. |                   |  |                                       |                                     |  |                                   |  |          |            |

Структура посевных площадей оценивается по процентам отклонения от проектных данных и составляет три группы: рациональная (если соответствует запланированным в проектах, отклонения не более 25 %), допустимая (изменения структуры по сравнению с проектной на 25–50 %), нерациональная (изменения структуры по сравнению с проектной более чем на 50 %) <sup>11</sup>.

Исследования ФГБНУ «РосНИИПМ» показали, что при правильном подборе культур для севооборотов не только достигается их продуктивность, но и сохраняется, и даже воспроизводится, плодородие почвы. Это подтверждают опытные данные по четырем видам севооборотов, полученные в ОПХ «РООМС» Багаевского района Ростовской области. В первые 3 года во всех севооборотах возделывалась люцерна. Поливы в опытах проводились по требованию культуры.

После возделывания люцерны мелиоративное состояние участков было удовлетворительным. Грунтовые воды располагались глубже 2,5 м. Почвы были не засолены, не осолонцованы, щелочность по всему метровому слою отсутствовала. Люцерна способствовала оструктуриванию почвы, водопрочность агрегатов была хорошей, а плотность сложения равнялась 1,15–1,20 т/м<sup>3</sup>. Содержание гумуса в среднем по опытному участку в слое 0–20 см составляло 3,55 %, а в слое 20–40 см – 3,27 %.

Изменение свойств почв под влиянием различных севооборотов и агро-мелиоративных приемов, включающих внесение МУ на планируемый урожай, внесение навоза в дозах 60 и 100 т/га, применение сидерации, представлено в таблице 3. Данные свидетельствуют о том, что в изучаемых севооборотах свойства почв практически остались на прежнем уровне.

---

<sup>11</sup> Разработка системы критериев состояния плодородия почвенного покрова мелиорированных земель, обеспечивающих оптимальный водный режим: отчет о НИР (заключ.) / ФГБНУ «РосНИИПМ»; рук.: Скуратов Н. С. – Новочеркасск, 2002. – 141 с. – № ГР 01.20.0215493. – Инв. № 02200206394.

**Таблица 3 – Влияние различных севооборотов и агроулучшающих приемов на свойства черноземов обыкновенных (слой 0–40 см)**

| Показатель   | Севооборот  |   |                    |             |             |                |             |             |
|--|---|---|--------------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|
|  | кормовой<br>(промежу-<br>точных<br>культур –<br>57,8 %) | кормовой<br>(промежу-<br>точных<br>культур –<br>28,6 %) | люцерно-кукурузный |             |             | зерно-кормовой |             |             |
|  |   |   | навоза             |             |             | навоза         |             |             |
|  |   |   | 0                  | 60 т/га     | 100 т/га    | 0              | 60 т/га     | 100 т/га    |
| После 4 лет ротации севооборота  |   |   |                    |             |             |                |             |             |
| Токсичные соли, %  | 0,028   | 0,03  | 0,030              | 0,030       | 0,030       | 0,024          | 0,024       | 0,024       |
| Щелочность ( $\text{HCO}_3 > \text{Ca} + \text{Mg}$ ),<br>ммоль(экв)/100 г почвы | 0,24 < 0,52   | 0,45 < 0,84   | 0,58 < 0,67        | 0,58 < 0,67 | 0,58 < 0,67 | 0,61 < 0,71    | 0,61 < 0,71 | 0,61 < 0,71 |
| Состав ППК, % от $\sum$ ППК:   |   |   |                    |             |             |                |             |             |
| кальций  | 82  | 81  | 79                 | 79          | 79          | 81             | 81          | 81          |
| магний   | 17  | 17  | 19                 | 19          | 19          | 18             | 18          | 18          |
| натрий   | 1   | 2   | 2                  | 2           | 2           | 1              | 1           | 1           |
| Плотность сложения почвы,<br>т/м <sup>3</sup>                                    | 1,20  | 1,20  | 1,20               | 1,20        | 1,20        | 1,20           | 1,20        | 1,20        |
| Водопрочность  | хорошая   | хорошая   | хорошая            | хорошая     | хорошая     | хорошая        | хорошая     | хорошая     |
| После 7 лет ротации севооборота  |   |   |                    |             |             |                |             |             |
| Токсичные соли, %  | 0,078   | 0,041   | 0,038              | 0,047       | 0,042       | 0,035          | 0,036       | 0,064       |
| Щелочность ( $\text{HCO}_3 > \text{Ca} + \text{Mg}$ ),<br>ммоль(экв)/100 г почвы | 0,45 < 0,65   | 0,46 < 0,88   | 0,45 < 0,59        | 0,46 < 0,69 | 0,55 < 0,87 | 0,44 < 0,68    | 0,51 < 0,80 | 0,50 < 0,68 |
| Состав ППК, % от $\sum$ ППК:   |   |   |                    |             |             |                |             |             |
| кальций  | 81  | 81  | 78                 | 79          | 81          | 77             | 80          | 82          |
| магний   | 18  | 17  | 21                 | 20          | 18          | 22             | 19          | 17          |
| натрий   | 1   | 2   | 1                  | 1           | 1           | 1              | 1           | 1           |
| Плотность сложения почвы,<br>т/м <sup>3</sup>                                    | 1,23  | 1,30  | 1,20               | 1,10        | 1,10        | 1,21           | 1,13        | 1,10        |
| Водопрочность  | хорошая   | хорошая   | хорошая            | хорошая     | хорошая     | хорошая        | хорошая     | хорошая     |

Содержание токсичных солей после ротации 7-польных севооборотов составляло в 40-сантиметровом слое черноземов обыкновенных от 0,08 до 0,04 %. При хлоридно-сульфатном засолении эти почвы относятся к категории незасоленных. Поскольку в них  $\text{HCO}_3 < \text{Ca} + \text{Mg}$ , ммоль(экв)/100 г почвы, они не обладают щелочностью. Состав ППК имеет тенденцию к незначительному увеличению количества кальция и уменьшению количества натрия только в люцерно-кукурузном и зерно-кормовом севооборотах при внесении 100 т/га навоза. В остальных севооборотах ППК оставался стабильным, что важно для сохранения плодородия почв. Водопрочность агрегатов этих почв и после 3 лет возделывания люцерны, и после 4 лет возделывания пропашных при всех севооборотах характеризовалась как хорошая. Плотность сложения почв после люцерны в слое 0–40 см при всех севооборотах равнялась 1,20 т/м<sup>3</sup>. Внесение навоза в 6-й год ротации севооборота обеспечило ее снижение до 1,10–1,13 т/м<sup>3</sup>. При этом в II севообороте, в котором не выращивались сидераты и не вносился навоз, чернозем к концу ротации севооборота уплотнился до 1,30 т/м<sup>3</sup>.

Гумус, основной фактор плодородия почв, изменялся по-разному в изучаемых севооборотах и зависел от мероприятий по его накоплению, т. е. от сидерации и внесения навоза, а также от состава культур в севообороте, которые поставляют различное содержание пожнивно-корневых остатков.

Данные исследований показали, что в кормовом севообороте с содержанием промежуточных культур 28,6 % количество пожнивно-корневых остатков за ротацию севооборота составило 80,2 т/га, а при введении в севооборот 57,2 % этих культур остатки увеличились до 101,5 т/га. В люцерно-кукурузном и зерно-кормовом севооборотах на фоне внесения МУ пожнивно-корневые остатки составили соответственно 74,3 и 65,5 т/га, на фоне внесения МУ и 60 т/га навоза – 80,3 и 73,5 т/га, а при внесении МУ и навоза 100 т/га – более 100 т/га.

Наилучшие результаты по накоплению гумуса после ротации 7-польных севооборотов получены в кормовом севообороте с содержанием промежуточных культур 57,8 %. Его увеличение после 4 лет возделывания пропашных культур составило 0,38 % в абсолютных или 11 % в относительных единицах. Аналогичные результаты получены на фоне внесения 60 т/га навоза, а при внесении 100 т/га навоза его количество возросло в люцерно-кукурузном севообороте на 0,68 %, а в зерно-кормовом – на 0,55 % по сравнению с данными, полученными после 4 лет возделывания люцерны.

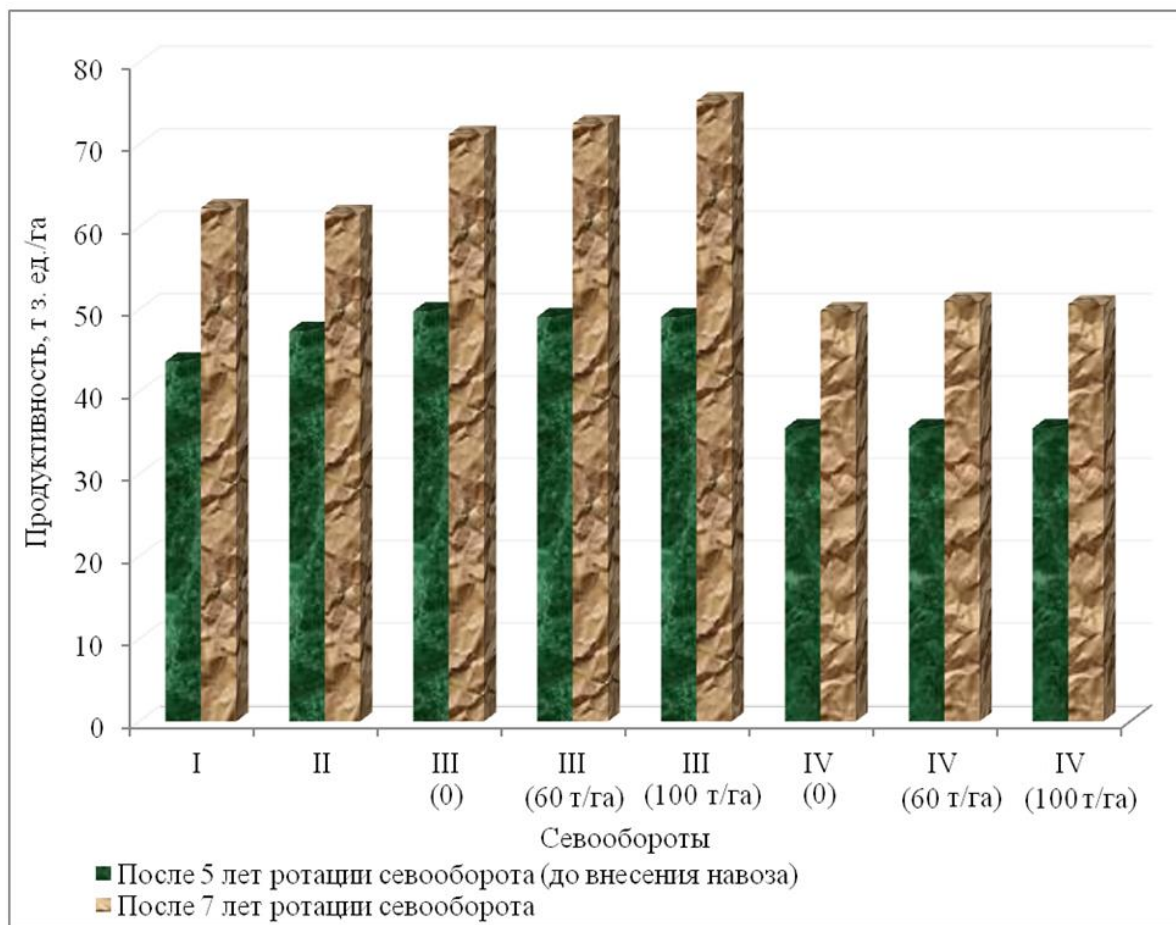
Несмотря на то, что по сохранению и воспроизводству почвенного плодородия наилучшим оказался кормовой севооборот с насыщением промежуточными культурами до 57,8 % (I), а также люцерно-кукурузный (III) и зерно-кормовой (IV) с внесением 60 и 100 т/га, по продуктивности они очень разные (таблица 4, рисунок 1).

**Таблица 4 – Продуктивность различных севооборотов после 7 лет их ротации**

| Вариант опыта  | Продуктивность, т з. е./га (среднее значение) | Прибавка   |     |
|--|---|------------|-----|
|  |   | т з. е./га | %   |
| I Кормовой (промежуточных культур – 57,8 %) – контроль | 62,3  | –          | –   |
| II Кормовой (промежуточных культур – 28,6 %)           | 61,6  | –0,7       | –1  |
| III Люцерно-кукурузный                                 |   |            |     |
| - МУ   | 71,2  | +8,9       | 14  |
| - навоз 60 т/га  | 72,5  | +10,2      | 16  |
| - навоз 100 т/га                                       | 75,3  | +13,0      | 21  |
| IV Зерно-кормовой                                      |   |            |     |
| - МУ   | 49,8  | –12,5      | –20 |
| - навоз 60 т/га  | 51,0  | –11,3      | –18 |
| - навоз 100 т/га                                       | 50,6  | –11,7      | –19 |
| НСР <sub>05</sub> , т з. е.                            |   | 1,67       | –   |
| НСР <sub>05</sub> , %                                  |   |            | 3   |

За 5 лет ротации севооборота до внесения навоза наибольшая продуктивность получена в III севообороте за счет того, что к люцерне 4-го года подсеяна суданка, а на 5-й год возделывалась кукуруза на зерно, обеспечивающая продуктивность за год 11,1 т з. е./га. В последующие 6-й и 7-й годы кукуруза давала хороший урожай, особенно при унавожи-

вании почв, так как она положительно реагирует на внесение навоза как в 1-й год его действия, так и во 2-й год.



**Рисунок 1 – Продуктивность различных севооборотов после 5 и 7 лет их ротации**

В IV севообороте получена низкая продуктивность за 5 лет севооборота, так как на 4-й год возделывания люцерны поле готовилось под озимую пшеницу, а на 6-й год возделывалась кукуруза на зерно, урожайность которой составила от 10,85 т з. е./га на фоне МУ до 11,74 т з. е./га на фоне внесения 60 т/га навоза.

Соя на зерно, возделываемая в последний год ротации севооборота, не обеспечила достаточной урожайности даже в вариантах с внесением навоза. Ее продуктивность составила 3,3 т з. е./га (на фоне МУ) и 3,71 т з. е./га (навоз 100 т/га). Отсюда в этом севообороте получена самая низкая продуктивность, составившая за его ротацию от 49,8 т з. е./га (на фоне МУ)

до 51 т з. е./га (на фоне 60 т/га), что соответственно на 20 и 18 % ниже, чем на контроле (кормовой севооборот с 57,2 % промежуточных культур).

Таким образом, для сохранения и воспроизводства почвенного плодородия орошаемых земель важно не только соблюдать структуру посевных площадей, но и правильно организовывать севообороты. Особое внимание следует уделять чередованию культур, поддерживающих баланс гумуса, и тем агрономелиоративным мероприятиям, которые сдерживают проявление негативных почвенных процессов.

Многими учеными высказывалось и подтверждалось мнение о целесообразности недополивов почв, особенно черноземов, с целью сохранения их плодородия [5, 8, 14–17].

Наши исследования показывают, что при соблюдении поливных режимов, а именно осуществлении поливов в заданные сроки нормами, рассчитанными по биологическим потребностям культур (БООН), и соблюдении соответствующей культуры земледелия свойства почв не ухудшаются. Из данных таблицы 5 видно, что через 4 года воздействия орошения содержание токсичных солей при всех уровнях увлажнения не изменилось, щелочность также не проявилась. Изменения произошли в составе ППК в варианте с увеличенной на 30 % оросительной нормой. Здесь наблюдается выщелачивание обменного кальция из ППК с одновременным возрастанием обменного натрия до 4 %, что очень опасно для черноземов [18]. Соответственно, пашня сильно уплотнилась, что подтверждает плотность сложения почв, которая после 4 лет орошения составила 1,38 т/м<sup>3</sup>, а коэффициент дисперсности достиг 12 единиц, в то время как в оптимальном варианте 1 т (БООН) равнялся 7, так же как и на богаре. Переполивы, видимо, в результате создания анаэробных условий не способствовали развитию процесса гумификации.

Из данных таблицы 5 видно, что после 4-летнего орошения содержание гумуса уменьшилось на 0,22 % в абсолютных единицах, в то время как



в вариантах с оптимальной и сниженными оросительными нормами его количество сократилось от 0,04 до 0,07 %, так же как и на богаре.

**Таблица 5 – Влияние уровней увлажнения на свойства чернозема обыкновенного при поливах пресной водой (0–40 см)**

| Вариант опыта         | Токсичные соли, % | Щелочность, ммоль(экв)/100 г | ППК |    |    | Плотность сложения почвы, т/м <sup>3</sup> | Коэффициент дисперсности | Пористость, % | Гумус, % |
|-----------------------|-------------------|------------------------------|-----|----|----|--|--------------------------|---------------|----------|
|                       |                   |                              | Ca  | Mg | Na |  |                          |               |          |
| % от $\Sigma$ ППК     |                   |                              |     |    |    |  |                          |               |          |
| После 1 года орошения |                   |                              |     |    |    |  |                          |               |          |
| Богара                | 0,55              | 0,55 < 0,90                  | 79  | 20 | 1  | 1,24                                       | 5                        | 53            | 3,81     |
| 1 м – БООН            | 0,03              | 0,18 < 0,60                  | 79  | 19 | 2  | 1,23                                       | 6                        | 52            | 3,89     |
| 0,4 м                 | 0,12              | 0,47 < 1,77                  | 78  | 20 | 2  | 1,29                                       | 7                        | 51            | 3,84     |
| 0,6 м                 | 0,06              | 0,48 < 1,41                  | 79  | 18 | 3  | 1,27                                       | 6                        | 52            | 3,86     |
| 0,8 м                 | 0,07              | 0,56 < 1,03                  | 78  | 20 | 2  | 1,23                                       | 5                        | 53            | 3,87     |
| 1,3 м                 | 0,08              | 0,42 < 1,62                  | 77  | 20 | 3  | 1,26                                       | 8                        | 50            | 3,89     |
| После 4 лет орошения  |                   |                              |     |    |    |  |                          |               |          |
| Богара                | 0,04              | 0,42 < 0,61                  | 78  | 20 | 2  | 1,30                                       | 7                        | 51            | 3,75     |
| 1 м – БООН            | 0,07              | 0,48 < 0,99                  | 78  | 20 | 2  | 1,28                                       | 7                        | 52            | 3,85     |
| 0,4 м                 | 0,04              | 0,29 < 0,67                  | 80  | 18 | 2  | 1,30                                       | 8                        | 50            | 3,77     |
| 0,6 м                 | 0,04              | 0,51 < 0,66                  | 78  | 20 | 2  | 1,30                                       | 8                        | 50            | 3,80     |
| 0,8 м                 | 0,06              | 0,43 < 1,17                  | 79  | 20 | 1  | 1,29                                       | 7                        | 50            | 3,82     |
| 1,3 м                 | 0,05              | 0,17 < 0,68                  | 73  | 23 | 4  | 1,38                                       | 12                       | 48            | 3,67     |

## Выводы

1 К основным факторам, усиливающим отрицательное воздействие длительного орошения на свойства чернозема обыкновенного, относятся минерализация и качество поливной воды, уровень залегания грунтовых вод, их минерализация и химический состав, структура посевных площадей и севообороты, а также уровни увлажнения почв, зависящие от поливных режимов.

2 Исследования показали, что более чем 40-летнее использование для орошения воды с минерализацией 1,2–1,3 г/дм<sup>3</sup> сульфатно-натриевого состава привело к деградации черноземов обыкновенных. Они приобрели свойства среднещелочных и среднесолонцеватых почв, в 40-сантиметровом слое которых щелочность составляла 1,29 ммоль(экв)/100 г, солонцеватость – 7 % обменного натрия от  $\Sigma$  ППК, плотность сложения почв – 1,34 т/м<sup>3</sup>, водопрочность агрегатов – 19 % (неудовлетворительная), а со-

держание гумуса по сравнению с неорошаемым аналогом снизилось на 23 % при перестройке его из фульватно-гуматного в гуматно-фульватный.

3 При близком залегании уровня грунтовых вод (1,25–1,40 м) и их минерализации более 5 г/дм<sup>3</sup> проявляется вторичное засоление на уровне капиллярной каймы 40–60 см. Здесь же наблюдается увеличение доли обменного натрия от 3 до 5 % от  $\Sigma$  ППК с уменьшением доли обменного кальция до 73–76 %.

4 При внедрении в орошаемые севообороты многолетних трав в пределах 45 % с использованием промежуточных культур на сидераты, соблюдении системы внесения минеральных и органических удобрений на фоне удовлетворительного мелиоративного состояния сохраняется плодородие длительно орошаемых черноземов обыкновенных. Воспроизводство их плодородия наблюдается только при внесении органических удобрений. Увеличение количества гумуса в люцерно-кукурузном севообороте при внесении 60 т/га навоза после 4 лет возделывания кукурузы составило 0,68 % в сравнении с содержанием гумуса после 3 лет выращивания люцерны, а в зерно-кормовом – 0,55 %. Продуктивность орошаемых севооборотов зависит в большей части от состава и чередования возделываемых культур.

5 При соблюдении поливных режимов, а именно осуществлении поливов в заданные сроки нормами, рассчитанными по биологической потребности культур, при удовлетворительном мелиоративном состоянии земель и благоприятном качестве оросительных вод свойства чернозема обыкновенного не ухудшаются. При увеличении оросительной нормы до 30 % наблюдается выщелачивание обменного кальция с одновременным увеличением обменного натрия до 4 % от  $\Sigma$  ППК. Он способствует диспергации почвенной массы, что увеличивает плотность сложения чернозема обыкновенного до 1,38 т/м<sup>3</sup>. В варианте с переполивом содержание гумуса за 4 года регулярного орошения уменьшилось на 0,22 %, в то время

как в варианте с оптимальной и сниженными нормами на 40 и 60 % его количество сократилось от 0,04 до 0,07 %, как и на богаре.

### **Список использованных источников**

1 Налойченко, А. О. Орошение как главный элемент эффективного регулирования факторов жизни растений / А. О. Налойченко, А. Ж. Атаканов. – Бишкек, 2009. – 16 с.

2 Зербалиев, А. М. Ирригационная эрозия почвы при сложном рельефе с большими уклонами местности / А. М. Зербалиев // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2006. – № 12. – С. 150–152.

3 Ирригационная эрозия почв при поверхностных способах полива: науч. обзор / С. М. Васильев, М. А. Субботина, Н. И. Тупикин, Е. А. Кропина, А. Б. Фиошин. – М.: Мелиоводинформ, 2010. – 44 с.

4 Несват, А. П. Влияние орошения на водно-физические свойства темно-каштановых почв / А. П. Несват // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – Вып. 32-1, т. 4. – С. 57–58.

5 Щедрин, В. Н. Негативные почвенные процессы при регулярном орошении различных типов почв / В. Н. Щедрин, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 2(30). – С. 1–21. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=542&id=543>.

6 The long-term impact of irrigation on selected soil properties and grain production / H. Sun, X. Liu, X. Zhang, Z. Ju // Journal of Soil and Water Conservation. – 2018. – № 73(3). – P. 310–320. – DOI: 10.2489/jswc.73.3.310.

7 Васильев, С. М. Ретроспективный анализ изменения почвенно-мелиоративных условий орошаемых почв юга Ростовской области / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 3. – С. 17–24.

8 Chemical properties of chernozem influenced by irrigation / K. Mačkić, B. Pejić, L. Nešić, J. Vasin, B. Mijić // Research Journal of Agricultural Science. – 2014. – № 46(2). – P. 139–146.

9 Безднина, С. Я. Регламентирование и улучшение качества оросительной воды / С. Я. Безднина // Повышение качества оросительной воды: сб. науч. тр. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 20–21.

10 Нормы водопотребности и экологически безопасные режимы орошения сельскохозяйственных культур на Северном Кавказе / А. В. Колганов [и др.]; под ред. А. В. Колганова, В. Н. Щедрина. – М.: Эдэль-М, 2000. – 152 с.

11 Щеглов, Д. И. Влияние уровня грунтовых вод на свойства и плодородие почв / Д. И. Щеглов, Л. А. Семенов // Перспектива науки. – 2011. – № 5(20). – С. 18–19.

12 Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. рук. / под ред. В. И. Кирюшина, А. Л. Иванова. – М.: Росинформагротех, 2005. – 784 с.

13 Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, О. Ю. Шалашова, Г. И. Табала; под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. – 137 с.

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

15 Айдаров, И. П. Очерки по истории развития орошения в СССР и России / И. П. Айдаров. – М.: Изд-во МГУП, 2006. – 269 с.

16 Панов, А. 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.

17 Докучаева, Л. М. Изменение направленности почвенных процессов при снижении водной нагрузки на орошаемые земли: науч. обзор / Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2012. – 54 с. – Деп. в ВИНТИ 07.07.12, № 292-B2012.

18 Зимовец, Б. А. Оценка деградации орошаемых почв / Б. А. Зимовец // Почвоведение. – 1998. – № 9. – С. 1119–1126.

## References

1 Naloichenko A.O., Atakanov A.Zh., 2009. *Oroshenie kak glavnyy element effektivnogo regulirovaniya faktorov zhizni rasteniy* [Irrigation as the Main Element of Effective Regulation of Plant Life Factors]. Bishkek, 16 p. (In Russian).

2 Zerbaliyev A.M., 2006. *Irrigatsionnaya eroziya pochvy pri slozhnom rel'efe s bol'shimi uklonami mestnosti* [Irrigation soil erosion on difficult terrain with big slopes]. *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [Bull. of Dagestan State Technical University. Technical Science], no. 12, pp. 150-152. (In Russian).

3 Vasiliev S.M., Subbotina M.A., Tupikin N.I., Kropina E.A., Finoshin A.B., 2010. *Irrigatsionnaya eroziya pochv pri poverkhnostnykh sposobakh poliva: nauchnyy obzor* [Irrigational Soil Erosion with Surface Irrigation Methods: scientific review]. Moscow, Meliovodinform Publ., 44 p. (In Russian).

4 Nesvat A.P., 2011. *Vliyanie orosheniya na vodno-fizicheskie svoystva temno-kashtanovykh pochv* [Influence of irrigation on the water-physical properties of dark chestnut soils]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bull. of Orenburg State Agrarian University], iss. 32-1, vol. 4, pp. 57-58. (In Russian).

5 Shchedrin V.N., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2018. [Negative soil processes during regular irrigation of various types of soils]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(30), pp. 1-21, available: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=542&id=543>. (In Russian).

6 Sun H., Liu X., Zhang X., Ju Z., 2018. The long-term impact of irrigation on selected soil properties and grain production. *Journal of Soil and Water Conservation*, no. 73(3), pp. 310-320, DOI: 10.2489/jswc.73.3.310.

7 Vasiliev S.M., Domashenko Yu.E., 2016. *Retrospektivnyy analiz izmeneniya pochvenno-meliorativnykh usloviy oroshayemykh pochv yuga Rostovskoy oblasti* [Retrospective analysis of changes in soil and reclamation conditions of irrigated soils in the south of Rostov region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 3, pp. 17-24. (In Russian).

8 Mačić K., Pejić B., Nešić L., Vasin J., Mijić B., 2014. Chemical properties of chernozem influenced by irrigation. *Research Journal of Agricultural Science*, no. 46(2), pp. 139-146.

9 Bezdina S.Ya., 1990. *Reglamentirovanie i uluchshenie kachestva orositel'noy vody* [Regulating and improving the quality of irrigation water]. *Povyshenie kachestva orositel'noy vody: sbornik nauchnykh trudov* [Improving the quality of irrigation water: Proc. scientific works]. Moscow, Agropromizdat Publ., pp. 20-21. (In Russian).

10 Kolganov A.V. [et al.], 2000. *Normy vodopotrebnosti i ekologicheski bezopasnye rezhimy orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na Severnom Kavkaze* [Water Demand Rates and Environmentally Safe Irrigation Regimes for Agricultural Crops in the North Caucasus]. Moscow, Edel-M Publ., 152 p. (In Russian).

11 Shcheglov D.I., Semenov L.A., 2011. *Vliyanie urovnya gruntovykh vod na svoystva i plodorodie pochv* [Influence of groundwater level on properties and fertility of soils]. *Perspektiva nauki* [Perspective of Science], no. 5(20), pp. 18-19. (In Russian).

12 Kiryushina V.I., Ivanova A.L., 2005. *Agroekologicheskaya otsenka zemel', proektirovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrotekhnologii: metod. rekomendatsii* [Agroecological Assessment of Lands, Design of Adaptive Landscape Farming Systems and Agricultural Technologies: Methodological Recommendations]. Moscow, Rosinformagrotech Publ., 784 p. (In Russian).

13 Schedrin V.N., Balakay G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Shalashova O.Yu., Tabala G.I., 2017. *Rukovodstvo po kontrolyu i regulirovaniyu pochvennogo plodorodiya oroshaemykh zemel'* [Guidelines for Control and Regulation of Soil Fertility of Irrigated Lands]. Novocherkassk, RosNIIPM Publ., 137 p. (In Russian).

14 Andreev G.I., Kozlechkov G.A., Andreev A.G., 2007. *Ekologicheskoe sostoyanie oroshaemykh pochv na Nizhnem Donu: monografiya* [Ecological State of Irrigated Soils in the Lower Don: monograph]. Dnepropetrovsk, 262 p. (In Russian).

15 Aydarov I.P., 2006. *Ocherki po istorii razvitiya orosheniya v SSSR i Rossii* [Essays on History of Irrigation in the USSR and Russia]. Moscow, MGUP Publ., 269 p. (In Russian).

16 Panov A.P., Mamontov V.G., 2001. *Pochvennye protsessy v oroshaemykh chernozemakh i kashtanovykh pochvakh i puti predotvrashcheniya ikh degradatsii* [Soil Processes in Irrigated Chernozems and Chestnut Soils and Ways to Prevent Their Degradation]. Moscow, Rosselkhozakademiya Publ., 253 p. (In Russian).

17 Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2012. *Izmenenie napravlenosti pochvennykh protsessov pri snizhenii vodnoy nagruzki na oroshaemye zemli: nauchnyy obzor* [Change in the Direction of Soil Processes with a Decrease in Water Load on Irrigated Lands: scientific review]. FSBSI "RosNIIPM", Novocherkassk, 54 p., deposited in VINITI 07.07.12, no. 292-V2012. (In Russian).

18 Zimovets B.A., 1998. *Otsenka degradatsii oroshaemykh pochv* [Assessment of Degradation of Irrigated Soils]. *Pochvovedenie* [Soil Science], no. 9, pp. 1119-1126. (In Russian).

---

**Бабичев Александр Николаевич**

Ученая степень: доктор 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: BabichevAN2006@yandex.ru

**Babichev Aleksandr Nikolayevich**

Degree: Doctor 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: BabichevAN2006@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

*Поступила в редакцию 11.06.2020*

*После доработки 15.09.2020*

*Принята к публикации 16.10.2020*