

ОПЫТ ОРОШЕНИЯ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР  
НА ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЕEXPERIENCE OF IRRIGATION OF AGRICULTURAL CROPS WITH SEWAGE WATER  
ON CHERNOZEM SOIL

**Ключевые слова:** сточные воды, чернозем, орошение, водно-физические и агрохимические показатели, урожайность, качество продукции.

Орошение черноземов способствует улучшению их водного режима и повышению урожайности возделываемых культур. Ранее исследования по влиянию сточных вод убойного цеха, смешанных с хозяйственными стоками жилого поселка, на чернозем и урожайность сельскохозяйственных культур не проводили, поэтому они являются актуальными. Смешанные сточные воды характеризуются нейтральной реакцией среды (рН 7,0–7,5), общей минерализацией 663 мг/л, содержат (мг/л): аммония (NH<sub>4</sub>) – 36,13; нитратов (NO<sub>3</sub>) – 2,43; фосфатов (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 15,5; калия (K<sub>2</sub>O) – 20,1. SAR\* «выверенное» равен 1,23 (допустимо до 6,0) – опасность осолонцевания почв малая. Оценка сточных вод свидетельствует, что при орошении такими водами опасность засоления и осолонцевания чернозема обыкновенного маловероятна. Уровень предполивной влажности почвы 60% НВ поддерживали в слое 0,5 м нормами 200 м<sup>3</sup>/га. Суммарная норма внесения смешанных сточных вод за 3 года составила 1200 м<sup>3</sup>/га. Орошение смешанными сточными водами способствовало незначительному увеличению содержания в черноземной почве гумуса (от 5,36 до 5,44 мг/кг), подвижного фосфора (от 107,5 до 108,8 мг/кг), обменного калия (от 66,5 до 75,0 мг/кг). Также увеличилось валовое содержание азота (от 0,045 до 0,140). После 3 лет орошения по анионно-катионному составу водной вытяжки и по сухому остатку (<0,25%) почва оставалась незасоленной. Урожайность зеленой массы кукурузы – 66,1 т/га (выше контроля без полива на 7,5 т/га); урожайность зерна пшеницы – 1,77 т/га (выше контроля на 0,33 т/га); урожайность однолетних трав (овес-ячмень-вика) на зеленый корм – 17,0 т/га (выше контроля на 4,5 т/га). Качество продукции со всех вариантов опыта как на контроле, так и при орошении соответствовало кормовым и гигиеническим показателям.

**Давыдов Александр Степанович**, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: adav55@yandex.ru.

**Шепталов Вячеслав Борисович**, к.с.-х.н., директор ООО «АлтайАгроХимСоюз плюс», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: alt.22@mail.ru.

**Keywords:** sewage water, chernozem, irrigation, hydrophysical and agrochemical indices, yielding capacity, product quality.

Irrigation of chernozems improves their water regime and increases crop yields. There are no previous studies on the effect of slaughterhouse sewage water mixed with residential wastewaters on chernozem and crop yields, so they are relevant. Mixed sewage is characterized by a neutral pH factor (pH 7.0–7.5), total mineralization of 663 mg L, and contains the following (mg L): ammonium (NH<sub>4</sub>) - 36.13; nitrates (NO<sub>3</sub>) - 2.43; phosphates (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) - 15.5; potassium (K<sub>2</sub>O) - 20.1. The Sodium adsorption ratio (SAR\*) is "balanced" - 1.23 (permissible up to 6.0), so the danger of soil sodium alkalinization is low. The evaluation of sewage water for irrigation shows that the danger of salinization and alkalinization of ordinary chernozem is unlikely. The level of pre-irrigation soil moisture of 60% of minimum moisture-holding capacity was maintained in a layer of 0.5 m with the irrigation rate of 200 m<sup>3</sup> ha. The total application rate of mixed sewage for 3 years amounted to 1200 m<sup>3</sup> ha. Irrigation with mixed sewage water contributed to a slight increase of humus content in the chernozem (from 5.36 to 5.44 mg kg), mobile phosphorus (from 107.5 to 108.8 mg kg), exchange potassium (from 66.5 to 75.0 mg kg). The gross nitrogen content also increased (from 0.045 to 0.140). After 3 years of irrigation, according to the anionic-cationic composition of the water extract and the dry residue (< 0.25%), the soil remained non-saline. The yield of maize herbage was 66.1 t ha (higher than the control without irrigation by 7.5 t ha); wheat grain yield - 1.77 t ha (higher than control by 0.33 t ha); annual grasses (oats-barley-vetch) for green forage - 17.0 t ha (higher than the control by 4.5 t ha). The product quality from all variants of the experiment, both in control and during irrigation, corresponded to nutrition and hygienic indices.

**Davydov Aleksandr Stepanovich**, Dr. Agr. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: adav55@yandex.ru.

**Sheptalov Vyacheslav Borisovich**, Cand. Agr. Sci., Director, ООО "AltayAgroKhimSoyuz plus", Barnaul, Russian Federation, e-mail: alt.22@mail.ru.

## Введение

Орошение черноземов рассматривается как очень действенное средство по улучшению их водного режима и повышению урожайности возделываемых культур. Соглашаясь с этим утверждением, многие исследователи отмечают, что орошение в ряде случаев приводит к отрицательным последствиям. Наиболее существенными негативными проявлениями называют быстрый подъем уровня грунтовых вод и возрастание их минерализации. При орошении чистыми поверхностными и подземными водами отмечали подщелачивание и осолонцевание черноземов [1-3]. В условиях Алтайского края при орошении черноземных почв коммунальными сточными водами также отмечали негативные последствия [4].

Наши исследования по изучению влияния «...сточных вод убойного цеха птицефабрики, смешанных с хозяйственно-бытовыми стоками жилого поселка...» [5], на свойства черноземной почвы и урожайность сельскохозяйственных культур, были проведены в условиях Челябинской области. Ранее такие исследования не проводились, поэтому тема работы является актуальной.

**Цель** исследования – установить влияние орошения сточными водами убойного цеха птицефабрики, смешанными с хозяйственно-бытовыми стоками жилого поселка, на свойства черноземной почвы и урожайность сельскохозяйственных культур.

### Задачи:

- оценить качество оросительных вод;
- дать характеристику черноземной почве;
- выявить изменения почвы под влиянием орошения;
- определить продуктивность и качество возделываемых культур.

### Объекты и методы исследований

Объектами исследования явились черноземные почвы, сточные воды убойного цеха птицефабрики, смешанные с хозяйственно-бытовыми стоками жилого поселка, кукуруза, пшеница, ячмень. Водно-физические, агрохимические и агрометеорологические показатели почвы определяли общепринятыми методами [6, 7]. Химический анализ сточных вод проводили по источнику [8].

При обработке результатов исследований использовали методы математической статистики, изложенные в работе [9].

## Результаты и обсуждение

Исследования по изучению влияния орошения сточными водами на свойства черноземной почвы и урожайность сельскохозяйственных культур проведены в период с 2009 по 2011 гг. в Чебаркульском районе Челябинской области.

Для орошения использовали подготовленные «...сточные воды убойного цеха птицефабрики, смешанные с хозяйственно-бытовыми стоками жилого поселка в соотношении 1:1...» [5]. По результатам химического анализа «...смешанные сточные воды характеризуются нейтральной реакцией среды (рН 7,0-7,5) и общей минерализацией 663 мг/л, содержат невысокое количество биогенных элементов...» [5]. В среднем за годы исследований, как отмечено нами в более ранней работе, «...значения были следующими (мг/л): аммония ( $\text{NH}_4$ ) – 36,13; нитратов ( $\text{NO}_3$ ) – 2,43; фосфатов ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) – 15,5; калия ( $\text{K}_2\text{O}$ ) – 20,1...» [10].

Помимо агрономической ценности, пригодность сточных вод для их использования для орошения оценивали дополнительно по ирригационной характеристике.

По мнению автора [5], «...вода, используемая на орошение, считается хорошей, если содержание солей не превышает 10 мг-экв. на 1 л и 60% иона натрия от суммы катионов. Оценку сточных вод, используемых для полива сельскохозяйственных культур, выполняли, прежде всего, по степени опасности засоления почв (сумма растворимых солей, их состав), а также по степени опасности осолонцевания почв (количество ионов натрия, кальция, магния, калия и их соотношение)...».

В таблице 1 приведены отдельные показатели оценки качества сточных вод в среднем за 2009-2011 гг.

По содержанию и соотношению одновалентных и двухвалентных катионов сточные воды были охарактеризованы как пригодные для орошения.

Единственное опасение, как отмечал исследователь М.Ф. Буданов, может вызывать «...магниевое соотношение (отношение катиона магния к сумме катионов магния и кальция) в сточных водах, равное 57,4 (допустимая величина 50%). Мы можем предположить, что при повышенной оросительной норме возможно магниевое осолонцевание почв...» [11].

Качественная оценка смешанных сточных вод

Показатель	Единица измерения	Допустимая величина	Автор методики	Значение
Общая минерализация	г/л	≤ 1–1,5	О.А. Алехин	0,66
pH	–	6,0–8,4	С.Я. Сойфер	7,49
$\frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+}$	–	≤ 0,60	А.М. Можейко, Т.К. Воротник	0,11
$\frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$	–	≤ 0,7	М.Ф. Буданов	0,16
$\frac{Na^+ + K^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$	–	≤ 2	И.М. Соболева	0,36
SAR* выверенное	–	< 6	Деп-т с/х США	1,23
$\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{Na^+}$	–	> 0,6	А.М. Можейко, Т.К. Воротник	6,8
$\frac{100 Mg^{2+}}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$	–	< 50%	Магниевое соотношение	57,4
$\frac{Na^+}{Ca^{2+}}$	–	< 1	Показатель ощелачивания	0,34
Ca <sup>2+</sup>	мг/л	> 20	С.Я. Сойфер, Л.Н. Василенко	40,1
Mg <sup>2+</sup>	мг/л	≤ 300	СЭВ, ВНИИССВ	54,1
Na <sup>+</sup>	мг/л	< 70	С.Я. Сойфер, Л.Н. Василенко	13,7
Cl <sup>-</sup>	мг/л	≤ 300	А.М. Можейко, Т.К. Воротник	74,4
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	мг/л	≤ 500	СЭВ	10,9
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/л	≤ 500	С.Я. Сойфер, Л.Н. Василенко	30

Нами установлено, что «...почва, на которой проводили орошение, представлена черноземом обыкновенным неполноразвитым, мало-мощным среднесуглинистым. Мощность гумусового горизонта (A<sub>пах.к</sub> + AB<sub>к</sub>) составляет 34 см. Содержание гумуса в пахотном горизонте (0-20 см) – 5,23%; легкогидролизующего азота в аммонийной (NH<sub>4</sub>) и нитратной (NO<sub>3</sub>) формах – 4,02 мг/кг; подвижного фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) –

106,9 мг/кг; обменного калия (K<sub>2</sub>O) – 65,8 мг/кг. Валовое содержание азота (N) составляет 0,044%; фосфора (P) – 0,28%. Реакция почвенного раствора является нейтральной (pH<sub>с</sub> – 6,12; pH<sub>в</sub> – 7,39)...» [5].

В изучаемой почве в полевых условиях были определены наименьшая влагоемкость и плотность сложения (табл. 2).

Таблица 2

Водно-физические показатели (НВ, % от массы сухой почвы) и плотность сложения (α, г/см<sup>3</sup>) черноземной почвы

Слой почвы, см	НВ	α
0-10	26,9	1,17
10-20	26,0	1,35
20-30	25,4	1,38
30-40	24,4	1,40
40-50	23,2	1,41
0-50	25,2	1,34

Орошение смешанными сточными водами проводили в 1-й год исследований на кукурузе,

во 2-й и 3-й годы на участке выращивали пшеницу и однолетние травы (овес-ячмень-вика) на

зеленый корм. В «...наших исследованиях был принят уровень предполивной влажности почвы, равный 60% НВ. Заданный уровень предполивной влажности почвы поддерживали в слое 0,5 м» [5]. Поливные нормы составляли на всех культурах 200 м<sup>3</sup>/га. В течение вегетации было проведено по 2 полива. Суммарная норма внесения смешанных сточных вод за 3 года составила 1200 м<sup>3</sup>/га.

Трехлетнее орошение смешанными сточными водами не привело к достоверному изменению наименьшей влагоемкости и плотности сложения, значения которых приведены на начало исследований в таблице 2. Мы отмечаем, что «...содержание водорастворимых солей в почве по сухому остатку на орошаемых сточными водами вариантах, в сравнении с контролем без орошения, существенно не изменилось (табл. 3)...» [5].

Таблица 3

**Анализ водной вытяжки черноземной почвы после орошения смешанными сточными водами (слой 0-50 см)**

Вариант	Сух. остат., %	Анионы, %				Катионы, %			
		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	сумма	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	сумма	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>
Б./о.	0,235	0,0254	0,0073	0,1049	0,1376	0,0042	0,0058	0,0145	0,1259
Стоки	0,243	0,0258	0,0081	0,1061	0,1400	0,0063	0,0082	0,0133	0,1267

Анализируя результаты анализа водной вытяжки, представленные в таблице 3, мы констатируем, что «...на варианте без орошения сухой остаток составлял 0,265%, после трехлетнего орошения сточными водами его значение достигло 0,267%. В анионном составе обращаем внимание на увеличение содержания иона хлорида при орошении сточными водами до 0,0081% и иона сульфата до 0,1061%. В катионном составе водной вытяжки при орошении смешанными сточными водами значительно увеличилось содержание кальция (0,0063%, без орошения – 0,0042%) и магния (0,0082%, без орошения – 0,0058%). При орошении смешанными сточными водами незначительно возросло содержание натрия и калия. По анионно-катионному составу водной вытяжки и по сухому остатку (<0,25%) почва оставалась незасоленной. Следовательно, при поливах смешанными сточными водами нормой до 1200 м<sup>3</sup>/га опасности засоления почвы не наблюдается...» [5].

Орошение смешанными сточными водами способствовало незначительному увеличению содержания в черноземной почве гумуса (от 5,36 до 5,44 мг/кг), подвижного фосфора (от 107,5 до 108,8 мг/кг), обменного калия (от 66,5 до 75,0 мг/кг). Также увеличилось валовое содержание азота (от 0,045 до 0,140).

Поливы смешанными сточными водами оказали существенное влияние на урожайность возделываемых культур. Урожайность зеленой массы кукурузы составила 66,1 т/га и превысила урожайность с варианта без полива на 7,5 т/га. Урожайность зерна пшеницы получена при орошении 1,77 т/га, что выше урожайности на контроле на 0,33 т/га. Урожайность однолетних трав (овес-ячмень-вика) на зеленый корм при орошении составила 17,0 т/га, что выше контрольного варианта на 4,5 т/га.

Качество продукции во всех вариантах опыта как на контроле, так и при орошении соответствовало кормовым и гигиеническим показателям.

**Выводы**

1. Сточные воды обладают низкой минерализацией (663 мг/л), по ирригационной оценке и содержанию биогенных элементов могут использоваться для орошения сельскохозяйственных культур.
2. Черноземная почва характеризуется хорошими агрофизическими показателями и пригодна для орошения сточными водами.
3. Трехлетнее орошение сточными водами убойного цеха птицефабрики, смешанными стоками жилого поселка, не ухудшило водно-

физические показатели чернозема обыкновенного, а агрохимические – улучшило.

4. Урожайность зеленой массы кукурузы составила 66,1 т/га, зерна пшеницы – 1,77 т/га, зеленой массы однолетних трав (овес-ячмень-вика) – 17,0 т/га. Прибавка урожайности к контролю на всех культурах оказалась достоверной, качество продукции при этом не ухудшилось.

#### Библиографический список

1. Состояние плодородия черноземов и обоснование системы удобрений и режимных исследований Барнаульского стационара / Л. М. Бурлакова, Л. М. Татаринцев, О. И. Антонова [и др.]. – Текст: непосредственный // Земельно-оценочные проблемы и рациональное использование земли в Алтайском крае. – Барнаул: АСХИ, 1986. – С. 119-129.

2. Татаринцев, Л. М. Физическое состояние пахотных земель юга Западной Сибири: монография / Л. М. Татаринцев. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. – 300 с. – Текст: непосредственный.

3. Ермакова, К. С. Влияние оросительных вод на мелиоративное состояние земель на Алейской оросительной системе / К. С. Ермакова, А. С. Давыдов, Р. Г. Горносталь. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 5. – С. 50-55.

4. Алешина, Н. И. Долговременный прогноз процессов засоления и осолонцевания черноземов при орошении многолетних злаковых трав городскими сточными водами г. Алейска Алтайского края / Н. И. Алешина, С. В. Макарычев – Текст: непосредственный // Аграрная наука – сельскому хозяйству: III Международная научно-практическая конференция: сборник статей в 3 книгах (12-13 марта 2008 г.). – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – С. 277-280.

5. Шепталов, В. Б. Подготовка сточных вод и режим орошения сельскохозяйственных культур в условиях лесостепной зоны Челябинской области: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Шепталов Вячеслав Борисович. –

Барнаул, 2011. – 16 с. – Текст: непосредственный.

6. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почвы. / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 416 с. – Текст: непосредственный.

7. Аринушкина, Е. В. Практическое руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – Москва, 1960. – 487 с. – Текст: непосредственный.

8. Додолина, В. Т. К вопросу методики оценки пригодности сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур / В. Т. Додолина. – Москва: Колос, 1983. – 56 с. – Текст: непосредственный.

9. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва: Колос, 1985. – 352 с. – Текст: непосредственный.

10. Давыдов, А. С. Очистка сточных вод убойного цеха птицефабрики и жилого поселка / А. С. Давыдов, Н. И. Алешина, В. Б. Шепталов. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 3. – С. 44-48.

11. Буданов, М. Ф. Требования к качеству оросительных вод / М. Ф. Буданов. – Текст: непосредственный // Водное хозяйство. – Киев, 1965. – Вып. 1. – С. 38-56.

#### References

1. Burlakova L.M. Sostoianie plodorodiia chernozemov i obosnovanie sistemy udobrenii i rezhimnykh issledovaniy Barnaulskogo statsionara / L.M. Burlakova, L.M. Tatarintsev, O.I. Antonova i dr. // Zemelno-otsenochnye problemy i ratsionalnoe ispolzovanie zemli v Altaiskom krae. – Barnaul: ASKHI, 1986. – S. 119-129.

2. Tatarintsev L.M. Fizicheskoe sostoianie pakhotnykh zemel iuga Zapadnoi Sibiri: monografiia / L.M. Tatarintsev. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2005. – 300 s.

3. Ermakova K.S. Vliianie orositelnykh vod na meliorativnoe sostoianie zemel na Aleiskoi

orositelnoi sisteme / K.S. Ermakova, A.S. Davydov, R.G. Gornostal // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – No. 5. – S. 50-55.

4. Aleshina N.I. Dolgovremennyi prognoz protsessov zasoleniia i osolontsevaniia chernozemov pri oroshenii mnogoletnikh zlakovykh trav gorodskimi stochnymi volami g. Aleiska Altaiskogo kraia / N.I. Aleshina, S.V. Makarychev // Agrarnaia nauka – selskomu khoziaistvu: 3-ia Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia: sbornik statei: v 3 kn. / otv. za vyp. V.A. Demin. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2008. – Kn. 3. – S. 277-280.

5. Sheptalov V.B. Podgotovka stochnykh vod i rezhim orosheniia selskokhoziaistvennykh kultur v usloviakh lesostepnoi zony Cheliabinskoi oblasti: dis. ... kand. s.-kh. nauk. / V.B. Sheptalov. – Barnaul, 2011. – 16 s.

6. Vadiunina A.F. Metody issledovaniia fizicheskikh svoistv pochvy / A.F. Vadiunina, Z.A. Korchagina. – 3-e izd., pererab. i dop. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 416 s.

7. Arinushkina E.V. Prakticheskoe rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv / E.V. Arinushkina. – Moskva, 1960. – 487 s.

8. Dodolina V.T. K voprosu metodiki otsenki prigodnosti stochnykh vod dlia orosheniia selskokhoziaistvennykh kultur / V.T. Dodolina. – Moskva: Kolos, 1983. – 56 s.

9. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezultatov issledovaniia) / B.A. Dospekhov. – Moskva: Kolos, 1985. – 352 s.

10. Davydov A.S. Ochistka stochnykh vod uboinogo tsekha pitsefabriki i zhilogo poselka / A.S. Davydov, N.I. Aleshina, V.B. Sheptalov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – No. 3. – S. 44-48.

11. Budanov M.F. Trebovaniia k kachestvu orositelnykh vod / M.F. Budanov // Vodnoe khoziaistvo. – Kiev, 1965. – Vyp. 1. – S. 38-56.

