

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА / MELIORATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.96>

ВОДОПОДГОТОВКА НА ОБЪЕКТАХ АПК

Научная статья

Тимощук И.В.<sup>1,\*</sup>, Горелкина А.К.<sup>2</sup>, Неверов Е.Н.<sup>3</sup>, Голубева Н.С.<sup>4</sup>, Иванова Л.А.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-1349-2812;

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0002-3782-2521;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0002-3542-786X;

<sup>4</sup> ORCID : 0000-0002-2188-8331;

<sup>5</sup> ORCID : 0000-0002-4103-8780;

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Кемеровский государственный университет, Кемерово, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (irina\_190978[at]mail.ru)

**Аннотация**

Ежегодно люди расходуют около 3000 км<sup>3</sup> воды, из них 150 км<sup>3</sup> теряется безвозвратно. Одним из ключевых потребителей ресурсов гидросферы в России является агропромышленный комплекс – это совокупность отраслей хозяйства, производящих, перерабатывающих сельскохозяйственную продукцию и доводящих ее до конечного потребителя. Качество выпускаемой продукции непосредственно связано как с эксплуатационными показателями технологического оборудования, так и с качеством применяемой воды при производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. В статье отмечены основные показатели качества воды, применяемой для полива: содержание бикарбонатов, хлоридов, сульфатов, кальция, магния, железа, цинка, марганца, бора и других, и обозначены требования к составу воды, применяемой для полива сельскохозяйственных культур. Описаны основные распространённые проблемы водоподготовки в растениеводстве. На основе анализа состояния водохозяйственного комплекса в АПК предложены рекомендации по показателям качества для воды, которой требуется очистка. Выбор схемы водоподготовки и водоочистки в растениеводстве определяется качественным и количественным химическим составом поливной воды, требуемой мощностью комплекса водоподготовки и поливными площадями.

**Ключевые слова:** водоподготовка, агропромышленный комплекс, теплично-парниковые хозяйства.

WATER TREATMENT AT AGRO-INDUSTRIAL COMPLEXES

Research article

Timoshchuk I.V.<sup>1,\*</sup>, Gorelkina A.K.<sup>2</sup>, Neverov E.N.<sup>3</sup>, Golubeva N.S.<sup>4</sup>, Ivanova L.A.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-1349-2812;

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0002-3782-2521;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0002-3542-786X;

<sup>4</sup> ORCID : 0000-0002-2188-8331;

<sup>5</sup> ORCID : 0000-0002-4103-8780;

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation

\* Corresponding author (irina\_190978[at]mail.ru)

**Abstract**

Every year, people consume about 3,000 km<sup>3</sup> of water, of which 150 km<sup>3</sup> is lost irretrievably. One of the key consumers of hydrosphere resources in Russia is the agro-industrial complex - a set of industries that produce, process agricultural products and bring them to the consumer. The quality of manufactured products is directly related both to the operational indicators of technological equipment and to the quality of water used in the production and processing of agricultural products. The article highlights the main quality parameters of water used for irrigation: the content of bicarbonates, chlorides, sulfates, calcium, magnesium, iron, zinc, manganese, boron and others, and outlines the requirements to the composition of water used for crop irrigation. The main widespread problems of water treatment in crop production are described. Based on the analysis of the state of the water management complex in the agro-industrial complex, recommendations on the quality parameters for water that needs to be treated have been proposed. The choice of water treatment and purification schemes in crop production is determined by the qualitative and quantitative chemical composition of irrigation water, the required capacity of the water treatment complex and the irrigated areas.

**Keywords:** water treatment, agro-industrial complex, greenhouse facilities.

**Введение**

Объекты агропромышленного комплекса (АПК), используют воду в различных целях и объем потребляемой ими воды достаточно велик, при общем ежегодном изъятии воды, как ресурса, из природных водных объектов превышающем 60 км<sup>3</sup> воды, до четверти приходится на агропромышленные комплексы, даже такие приближенные данные позволяют отнести сельское хозяйство к крупнейшему водопотребителю. В различных регионах забор воды на нужды АПК значительно разнится в зависимости от отраслевой принадлежности регионов.

Учитывая, что РФ по показателю ресурсообеспеченности (водными ресурсами) занимает второе место в мире, недостатка воды различные отрасли не испытывают. В целом вода забирается из речного стока, а качество воды может серьезно различаться с нормативами.

Источником интенсивного загрязнения водных объектов являются химические соединения техногенной природы. Например, проблема очистки сточных вод горнодобывающей промышленности кардинально не решена ни в одной стране, в связи с невозможностью применения универсальной схемы очистки стоков. Так как каждое месторождение имеет свою географическую и геологическую специфику, стоки, образующиеся при его разработке, будут отличаться уникальным качественным и количественным составом. На сегодняшний день требуется выработка комплексного подхода к работе по улучшению природной среды и экологических условий жизни человека, исследование проблем посттехногенной среды на предмет контаминантного загрязнения [1], [2], [3], [4].

В сельском хозяйстве вода используется с различными целями, что определяет ее качество, бытовые ли это нужды, технические или производственные, санитарные нормы и правила четко диктуют целый ряд показателей контролируемых в воде, имеющих широкий диапазон значений. Так или иначе, вода направленная на производственные цели (полив сельскохозяйственных культур, рыборазведение, и т.д.) должна соответствовать действующим нормам СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», исключением являются цели с жесткими условиями к качеству воды, приравненными к требованиям питьевой воде, которые зафиксированы в СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [5], [6], [7].

В случае использования воды из централизованных сетей водопользования, ее качество соответствует стандартам, но при непосредственном изъятии воды из поверхностных источников необходимо учитывать ее уровень загрязнения, в том числе такие показатели как уровень взвешенных веществ, концентрации токсичных контаминантов органического и неорганического происхождения, а так же присутствие микроорганизмов (паразитов, бактерий, повышающих уровень заболеваемости).

**Цель исследований** – провести анализ состояния водохозяйственного комплекса АПК.

### Обсуждение

Качественный и количественный состав используемой на предприятиях АПК воды формируется в результате удаленности комплексов от водоподготовительных станций или водонапорных узлов и определяется протяженностью водопроводных магистралей распределительной системы и риском вторичного загрязнения, и непосредственный потребитель получает воду, не отвечающую ни одним требованиям, особенно предъявляемым в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21.

Для того, чтоб обеспечить высокий урожай культурных растений (овощных и плодово-ягодных культур) необходимо осуществлять своевременный и качественный полив. Тепличные хозяйства регулярно применяют значительные объемы воды. При водоподготовке для растениеводства необходимо обязательно учитывать, что разным культурам для роста необходима вода определенного качества; отдельные показатели качества воды могут оказывать влияние на оборудование для нагрева воды в теплицах и функционирование оросительных систем [8-10].

Для полива сельскохозяйственных культур в качестве источников водоснабжения возможно применение поверхностных вод и воды из артезианских скважин, колодцев. Однако, учитывая высокую себестоимость воды системы хозяйственно-питьевого водоснабжения, в промышленных масштабах для полива овощных и плодово-ягодных культур ее применяют нечасто. Чаще всего для этих целей применяют воду непосредственно из поверхностных водоемов, однако она требует предварительной очистки от механических примесей, токсических контаминантов и биологических загрязнений.

В артезианской воде могут содержаться механические примеси (до 500 мкм), а так же присутствуют значительные концентрации железа, которые в процессе его окисления могут забивать поливное оборудование и нарушать его работу в процессе применения такой воды в качестве полива, кроме того почва приобретает рыжую окраску. В колодезной воде также могут присутствовать соединения железа, остатки пестицидов и сельскохозяйственных удобрений.

Основными показателями качества воды, применяемой для полива, являются: содержание бикарбонатов; хлоридов, сульфатов, кальция, магния, железа, цинка, марганца, бора и других.

Согласно национальному стандарту РФ ГОСТ Р 58331.3-2019 «Системы и сооружения мелиоративные. Водопотребность для орошения сельскохозяйственных культур. Общие требования» в стране установлены нормативы водопотребности для орошения овощных и плодово-ягодных культур по областям Сибирского, Уральского, Центрального и других федеральных округов.

В зависимости от вида сельскохозяйственной культуры предъявляются требования к составу воды, применяемой для полива. Требования к качеству поливной воды для некоторых тепличных культур представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Требования тепличных культур к качеству поливной воды

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.96.1>

Показатель	малообъемная культура	томат	огурец
Сухой остаток, мг/л	500 - 700	< 1000	< 500
pH	6,0 - 7,0	6,0 - 7,0	6,0 - 7,0
Общая щелочность, мг-экв/л	< 4,0	< 7,0	< 7,0

Pb <sup>2+</sup> , мг/л	0,03	0,03	0,03
Na <sup>+</sup> , мг/л	30 - 60	150	100
Cu <sup>2+</sup> , мг/л	0,5	1,0	1,0
Ca <sup>2+</sup> , мг/л	< 100	< 350	< 350
Mn <sup>2+</sup> , мг/л	0,5	1,0	1,0
B, мг/л	0,3	0,5	0,5
Zn <sup>2+</sup> , мг/л	0,5	1,0	1,0
Fe <sup>3+</sup> , мг/л	1,0	1,0	1,0
Cd <sup>2+</sup> , мг/л	0,001	0,001	0,001
F <sup>-</sup> , мг/л	0,6	0,6	0,6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	60	100	60
Cl <sup>-</sup> , мг/л	50	150	100

Основные распространённые проблемы водоподготовки в растениеводстве можно назвать следующие:

- При избытке железа в воде наблюдается засорение каналов оросительных систем, окрашивание и эрозия почвы. Вода, оставленная на открытом воздухе на несколько часов, в присутствии железа приобретает коричневую окраску. В следствие быстрого окисления железа, возможно появление ржавчины и выход оборудования из строя, что чаще всего наблюдается при использовании воды из скважин или грунтовых вод. Такая вода не способствует поглощению железа растением в качестве питательного элемента.

- При избытке солей жёсткости в воде, используемой для полива, возможно образование накипи в системах подогрева теплиц, а как следствие, поломки оборудования. В следствие нарушения процессов питания растений, выщелачивания почв, образования осадков существуют риски роста затрат на удобрения для подпитки растений. При растворении твердых комплексных удобрений в состав которых входят фосфаты, может засориться поливное оборудование, так как образуется осадок и увеличивается расход удобрений. Например, при увеличении концентрации солей жесткости до 1000 мг/л в воде, используемой для полива, в плодах томатов содержание фосфора снижается на 12-15%, азота - на 8-10%, углеводов и белков - на 4-5%. Кроме того, в поливаемой почве увеличивается содержание щелочных соединений, вызывая нарушение ее кислотно-щелочного баланса. Для растений, предпочитающих кислую почву, возможно развитие хлороза. Вода в теплицах также применяется для обогрева помещений, следовательно, нагревательное оборудование может обрастать накипью при использовании жесткой воды.

- При превышении общей минерализации воды возможно засоление почв, засорение поливочного оборудования. Согласно данным РАН общая площадь засоленных земель в России, содержащих более 0,25% от ее массы солей (например, хлоридов натрия), составляет более 40 млн га. Известно, что лежкость выращенных плодовых культур снижается при избытке натрия в поливной воде, кроме того при превышении концентрации солей натрия выше 6 ммоль/л усвоение K<sup>+</sup> и Ca<sup>2+</sup> в процессе роста растений затрудняется. Несмотря на то, что присутствие хлора оказывает положительное влияние на плотность плодов, во избежание снижения урожайности рекомендуется не увеличивать его концентрацию более 6 ммоль/л.

- При избытке органических веществ в воде затрудняется окисление растворённого в воде железа, увеличивается вероятность засорения оросительных систем и развития патогенных микроорганизмов.

- Присутствие механических загрязнений (песок, частицы грунта, ила, глины) способствует выходу оборудования из строя, а различных токсических примесей (нефтепродукты, хлористые соединения, нитраты) - коррозионному воздействию внутри металлических конструкций поливочного оборудования, а также может оказывать негативное влияние на рост культуры и качество плодов.

Таким образом, существует множество факторов, определяющих качество воды. Учитывая допустимый уровень показателей воды, используемой для полива в теплицах, можно предложить рекомендации по показателям для воды, которой требуется очистка (таблица 2).

Таблица 2 - Допустимые значения воды для полива в теплицах

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.96.2>

Показатели	Рекомендуемый уровень, мг/л	Требуется очистка воды, мг/л	Рекомендуемый уровень для полива рассады, мг/л
pH	5 до 7		5,5 - 6,5
CaCO <sub>3</sub>	1 до 100	>200	60-80
Al <sup>3+</sup>	0-5		
B	0,2 до 0,5	>0,8	<0,5
Ca <sup>2+</sup>	40 до 120		40 до 120
K <sup>+</sup>	0,5 до 5		<10
Cu <sup>2+</sup>	0,08 до 0,15	>0,2	<0,2
Na <sup>+</sup>	0 до 30	>50	<40

Fe <sup>3+</sup>	1 до 2	>5	<5
Mg <sup>2+</sup>	6 до 25		6 до 25
Zn <sup>2+</sup>	0,1 до 0,2	>5,0	<5
Mn <sup>2+</sup>	0,2 до 0,7	>2,0	<2
Mo	0,02 до 0,05	>0,07	<0,02
F <sup>-</sup>	0	>1	<1
Cl <sup>-</sup>	0 до 50	>140	<80
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	30 до 50	>150	30-60
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	24 до 240		24 до 240
Растворенные твердые вещества	70 до 700	>875	-

### Заключение

Таким образом, в схему водоподготовки и водоочистки в растениеводстве могут входить системы механической очистки воды, ионообменные установки умягчения воды, промышленные фильтры обезжелезиватели воды, системы обеззараживания; мембранные системы очистки воды (например, установки обратного осмоса). При очень высокой степени загрязнения воды возможно применение специальных реагентов, коагулянтов, флокулянтов, фильтров-корректоров pH, реагентных и безреагентных методов обеззараживания воды. Исходя из качественного и количественного химического состава поливной воды, требуемой мощности комплекса водоподготовки и поливных площадей может быть подобрана и рекомендована конкретная технологическая схема водоподготовки.

### Финансирование

Работа выполнена в рамках КНТП полного инновационного цикла, распоряжение правительства от 11.05.2022, N1144-р, № соглашения 075-15-2022-1201

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.96.3>

### Funding

The work was carried out within the framework of the CSTP of the full innovation cycle, government order dated 11.05.2022, N1144-r, agreement № 075-15-2022-1201.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

International Research Journal Reviewers Community  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.96.3>

### Список литературы / References

1. Тимошук И.В. К вопросу о возможности использования адсорбции при очистке карьерных сточных вод. / И.В. Тимошук, А.К. Горелкина, Л.А. Иванова и др. // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2021. – № 3. – с. 59-63.
2. Бадмаева Ю.В. Состав грунтов отвалов техногенных территорий при добыче россыпного месторождения. / Ю.В. Бадмаева // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 11(164). – с. 67-70.
3. Соловьева Ю.В. Сорбент для очистки хромсодержащих сточных вод. / Ю.В. Соловьева, В.П. Юстратов, А.К. Горелкина и др. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 7(121). – с. 75-79. – DOI: 10.23670/IRJ.2022.121.7.051
4. Prosekov A. Environmental monitoring in the area of the Krapivinsky hydroelectric complex during the assessment of the current state and during the construction period of HPP. / A. Prosekov, I. Timoshchuk, A. Gorelkina et al. // AIP Conference Proceedings. – 2022. – № 2636. – p. 030003. – DOI: 10.1063/5.0104303
5. Жарницкая Н.Ф. Современное состояние и оценка эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве. / Н.Ф. Жарницкая // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. – 2012. – № 3. – с. 92-100.
6. Дубенок Н.Н. О качестве воды для сельскохозяйственного водоснабжения и мерах по его обеспечению. / Н.Н. Дубенок // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 3(39). – с. 20-25.
7. Бадмаева Ю.В. Водообеспеченность агроландшафтов Ачинской лесостепи. / Ю.В. Бадмаева // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 1(178). – с. 100-104. – DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-100-104
8. Гусев С.С. Водоподготовка на объектах агропромышленного комплекса. / С.С. Гусев, Е.А. Улюкина, Л.Л. Михальский // Агроинженерия. – 2012. – № 3(54). – с. 19-22.
9. Вишневецкий В.Ю. К вопросу влияния гидробионтов на качество воды в водных объектах. / В.Ю. Вишневецкий, Ю.М. Вишневецкий // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2011. – № 9(122). – с. 145-152.
10. Савушкин С.С. Улучшение качества воды в открытых водоемах за счет использования систем аэрации. / С.С. Савушкин, С.М. Давшан // Природообустройство. – 2009. – № 2. – с. 39-42.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Timoshhuk I.V. K voprosu o vozmozhnosti ispol'zovaniya adsorbicii pri ochistke kar'erny'x stochny'x vod [On the possibility of using adsorption in the treatment of quarry wastewater]. / I.V. Timoshhuk, A.K. Gorelkina, L.A. Ivanova et al. // Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promy'shlennosti [Bulletin of the Scientific Center for the Safety of Work in the Coal Industry]. – 2021. – № 3. – p. 59-63. [in Russian]
2. Badmaeva Yu.V. Sostav gruntov otvalov texnogenny'x territorij pri doby'che rossy'pnogo mestorozhdeniya [Composition of Soils of Dumps of Man-Made Territories during Placer Deposit Production]. / Yu.V. Badmaeva // Vestnik KrasGAU [Bulletin of KrasGAU]. – 2020. – № 11(164). – p. 67-70. [in Russian]
3. Solov'eva Yu.V. Sorbent dlya ochistki xromsoderzhashhix stochny'x vod [Sorbent for the treatment of chromium-containing wastewater]. / Yu.V. Solov'eva, V.P. Yustratov, A.K. Gorelkina et al. // Mezhdunarodny'j nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. – 2022. – № 7(121). – p. 75-79. – DOI: 10.23670/IRJ.2022.121.7.051 [in Russian]
4. Prosekov A. Environmental monitoring in the area of the Krapivinsky hydroelectric complex during the assessment of the current state and during the construction period of HPP. / A. Prosekov, I. Timoshchuk, A. Gorelkina et al. // AIP Conference Proceedings. – 2022. – № 2636. – p. 030003. – DOI: 10.1063/5.0104303
5. Zharniczskaya N.F. Sovremennoe sostoyanie i ocenka e'ffektivnosti ispol'zovaniya vodny'x resursov v sel'skom khozyajstve [The current state and assessment of the efficiency of the use of water resources in agriculture]. / N.F. Zharniczskaya // Izvestiya vy'sshix uchebny'x zavedenij. Seriya: E'konomika, finansy' i upravlenie proizvodstvom [Izvestia of higher educational institutions. Series: Economics, Finance and Production Management]. – 2012. – № 3. – p. 92-100. [in Russian]
6. Dubenok N.N. O kachestve vody' dlya sel'skoxozyajstvennogo vodosnabzheniya i merax po ego obespecheniyu [On the quality of water for agricultural water supply and measures to ensure it]. / N.N. Dubenok // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vy'sshee professional'noe obrazovanie [Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education]. – 2015. – № 3(39). – p. 20-25. [in Russian]
7. Badmaeva Yu.V. Vodoobespechennost' agrolandshaftov Achinskoj lesostepi [Water supply of agroland shafts of the Achinsk forest-steppe]. / Yu.V. Badmaeva // Vestnik KrasGAU [Bulletin of KrasGAU]. – 2022. – № 1(178). – p. 100-104. – DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-100-104 [in Russian]
8. Gusev S.S. Vodopodgotovka na ob'ektax agropromy'shlennogo kompleksa [Water preparation at the facilities of the agro-industrial complex]. / S.S. Gusev, E.A. Ulyukina, L.L. Mixal'skij // Agroi'nzheneriya [Agroengineering]. – 2012. – № 3(54). – p. 19-22. [in Russian]
9. Vishneveczkij V.Yu. K voprosu vliyaniya gidrobiontov na kachestvo vody' v vodny'x ob'ektax [On the impact of hydrobionts on water quality in water bodies]. / V.Yu. Vishneveczkij, Yu.M. Vishneveczkij // Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Texnicheskie nauki [Izvestia of the Southern Federal University. Technical sciences]. – 2011. – № 9(122). – p. 145-152. [in Russian]
10. Savushkin S.S. Uluchshenie kachestva vody' v otkry'ty'x vodoemax za schet ispol'zovaniya sistem ae'racii [Improving the quality of water in open water bodies through the use of aeration systems]. / S.S. Savushkin, S.M. Davshan // Prirodoobustrojstvo [Nature Management]. – 2009. – № 2. – p. 39-42. [in Russian]