

УДК 613.614 (470)

## МЕМБРАННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В СЕЛЬСКИХ УСЛОВИЯХ

<sup>1</sup>Орлов А.А., <sup>2</sup>Долматова Т.Е., <sup>3</sup>Кошелев А.В., <sup>3</sup>Скиданов Е.В.

<sup>1</sup>ФБУН «Саратовский НИИ сельской гигиены Роспотребнадзора»,  
Саратов, e-mail: sarnii@yandex.ru;

<sup>2</sup>Управление Роспотребнадзора по Саратовской области, Саратов, e-mail: sarrpn@san.ru;

<sup>3</sup>ООО НПП «ЛИССКОН», Саратов, e-mail: mail@lisskon.ru

На основании анализа результатов многолетних натурных исследований условий питьевого и бытового водопользования населения определены основные факторы воздействия на источники водоснабжения в сельской местности. Это животноводческие и птицеводческие комплексы, предприятия по переработке сельхозпродукции, оросительные системы, земляные плотины, лагеря летнего выпаса скота и т.д. Приоритетными показателями, характеризующими уровень загрязнения подземных вод, являются запах, мутность, привкус, минерализация, общая жесткость, окисляемость, содержание железа. Исходя из особенностей загрязнения водоисточников, обоснованы требования к водоочистным установкам, эксплуатируемым в сельской местности. Из большого числа методов кондиционирования воды наиболее эффективными оказались мембранные методы очистки, основными преимуществами которых является компактность и высокая производительность оборудования, а также полное отсутствие дополнительных ингредиентов в технологических процессах водоподготовки. Гигиеническая оценка работы установок «Лисскон-101» с мембранной очисткой воды показала, что они позволяют эффективно очищать подземную воду в условиях сельских поселений.

**Ключевые слова:** гигиена воды, сельские поселения, мембранная очистка воды

## MEMBRAN METHODS OF CLEARING OF POTABLE WATER IN RURAL CONDITIONS

<sup>1</sup>Orlov A.A., <sup>2</sup>Dolmatovsa T.E., <sup>3</sup>Koshelev A.V., <sup>3</sup>Skidanov E.V.

<sup>1</sup>FBUN the Saratov scientific research institute of rural hygiene Rosпотребнадзора,  
Saratov, e-mail: sarnii@yandex.ru;

<sup>2</sup>Management Pospotrebnadsor on the Saratov area, Saratov, e-mail: sarrpn@san.ru;

<sup>3</sup>Open Companies NPP «LISSCON», Saratov, e-mail: mail@lisskon.ru

By results of the analysis of results of long-term natural researches of conditions of drinking and household water use of the population influence major factors on water supply sources in a countryside are defined. These are cattle-breeding and poultry-farming complexes, the enterprises for agricultural products processing, irrigating systems, earthen dams, camp of the summer maintenance of cattle etc. the Priority indicators characterising level of pollution of underground waters, the smell, a transparency, smack, a mineralization, the general rigidity, oxidability, the iron maintenance are. Proceeding from features of pollution of water sources, requirements to the water-purifying installations maintained in a countryside are proved. From the big number of methods of air-conditioning of water methods of clearing with use of the membranes which basic advantages is compactness and high efficiency of the equipment, and also full absence of additional components in technological processes of water preparation have appeared the most effective. A hygienic assessment of works of installations «Лисскон-101» with water treating on membranes has shown, that they allow to clear effectively underground water in the conditions of rural settlements.

**Keywords:** hygiene of water, rural settlements, membranes, water treating

Нижнее и Среднее Поволжье по своим климато-географическим особенностям относятся к регионам, испытывающим дефицит пресноводных источников водоснабжения. В настоящее время во многих районах Саратовской, Волгоградской, Астраханской областях, Республике Калмыкия и др. в связи с недостаточным ресурсом поверхностных водоемов вводятся в строй подземные водоисточники с повышенным содержанием [5]. В то же время имеются данные [3], что длительное воздействие питьевой воды с нарушением гигиенических нормативов по химическим компонентам увеличивает риск заболеваний органов кровообращения, пищеварения, эндокринной системы, мочевыводящих путей. Так, избыток кальция способствует развитию мо-

чекаменной болезни, нарушению солевого обмена, замедлению роста костей у детей, а повышенное содержание железа, способствует развитию аллергических заболеваний, болезней крови [2]. Анализ ситуации с водоснабжением, проведенный на территориях риска Воронежской области [6], определил тесные корреляционные связи между показателями смертности и коэффициентом суммарного загрязнения питьевой воды ( $r = 0,97$ ).

Для обеспечения гигиенической безопасности условий водопользования сельского населения важным является выбор оптимальных систем очистки и обеззараживания питьевой воды. Далеко не все методы кондиционирования воды подходят для сельских условий. Это обусловлено рядом

факторов, в том числе недостатком финансирования водохозяйственных сооружений, низким уровнем платежеспособности населения, отсутствием высококвалифицированных кадров, психологическим настроением сельских жителей на «дешевую» воду и т.д.

Многолетний опыт эксплуатации водочистных сооружений показывает, что доведение качества воды до гигиенических норм широко используемыми **осадительными** (коагуляция, флокуляция, химическое осаждение) и **сорбционными** (основаны на процессах адсорбции и ионного обмена) методами в настоящее время становится экономически нецелесообразно. Это обусловлено сравнительно низкой скоростью протекающих физико-химических процессов, что, в свою очередь, вызывает необходимость увеличения размеров оборудования. При этом возникает проблема утилизации значительных объемов отходов, обусловленная применением различных химических реагентов.

Современной альтернативой классическим методам очистки воды стала мембранная фильтрация [4], основными преимуществами которой является компактность и высокая производительность оборудования, а также полное отсутствие дополнительных ингредиентов в технологических процессах водоподготовки. Мембранная фильтрация с помощью специально подобранных фильтрующих систем позволяет провести полную очистку воды. Так, ультрафильтрация позволяет очистить воду от коллоидных частиц, микроорганизмов (бактерии и вирусы), крупных органических макромолекул размером 0,01–0,1 мкм с молекулярной массой более 1000. Нанофильтрация удаляет молекулы и многозарядные ионы, органические молекулы массой выше 300 и все вирусы примерным размером 0,001–0,01 мкм. Обратноосмотическая фильтрация позволяет извлечь все ионы и органические молекулы размером менее 0,001 мкм [1].

Широкое применение мембранных технологий в настоящее время стало возможным благодаря получению материалов с однородными каналами заданного размера. При этом проходное (свободное) сечение таких материалов достигает 40–85%. Современные мембраны обладают высокой механической прочностью и химической стойкостью при минимальной толщине. Срок службы мембранного элемента в основном зависит от режима работы и условий эксплуатации фильтрующей системы. Направление потока исходной жидкости перпендикулярное плоскости мембраны

приводит к быстрому засорению и механическому износу фильтра. При тангенциальном направлении потока «бомбардировка» твердыми частицами мембраны практически исключается, скорость загрязнения пор мембраны снижается. Периодическая регенерация (очистка) мембраны обратным током очищенной воды позволяет эксплуатировать такой мембранный фильтр 5–7 лет без снижения его исходных характеристик.

Форма мембранного элемента может быть различной. Наибольшей производительностью обладает фильтрующий элемент рулонного типа, представляющий собой перфорированную трубу, к которой герметично прикреплена внутренняя часть пакета, состоящая из двух склеенных между собой мембран, разделенных дренажной прокладкой для отвода очищенной воды [1]. Пакет мембран вместе с сеткой-сепаратором свернут в рулон. При работе исходный раствор движется вдоль поверхности мембраны через сетку-сепаратор, которая необходима для поддержания оптимального расстояния между мембранами и турбулизации движения раствора. Концентрат выводится с противоположного конца фильтра, очищенная вода (пермеат) через дренажную прокладку поступает в трубу. В зависимости от применяемых мембран рулонные элементы могут использоваться для любых процессов фильтрации. Обратноосмотические мембранные элементы задерживают все загрязнения диаметром более 0,1 нм. Мембрана пропускает молекулы растворителя (воды) и задерживает ионы растворимых солей:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  и полный спектр органических веществ и коллоидов с размером, значительно превышающим диаметр пор мембран, в том числе вирусы и бактерии. Установки обратного осмоса эффективно извлекают из воды гуминовые кислоты и их соединения, которые практически невозможно полностью удалить другими технологиями.

Как показывает практика водоснабжения, для обеспечения населения доброкачественной питьевой водой, при использовании централизованных систем необходима дополнительная очистка водопроводной воды в местах ее непосредственного потребления с использованием специальной техники и оборудования [2].

**Целью исследования** явилась оценка гигиенической эффективности работы водочистных установок «Лисскон-101» ООО НПП «ЛИССКОН» с использованием мембранной технологии в условиях сельских поселений Саратовской области.

### Материал и методы исследования

Объектом исследований являлись установки очистки воды «Лисскон-101», которые с 1995 года используются для очистки и обеззараживания питьевой воды, как отдельных населенных пунктов, так и объектов социальной сферы: детских дошкольных учреждений, школ, интернатов и т.д. В наиболее вододефицитных районах Заволжья Саратовской области в настоящее время эксплуатируются более 300 установок «Лисскон-101» различной модификации и конструктивного оформления.

В работе применялись общепринятые методы санитарно-гигиенических исследований качества воды в соответствии с нормативно-методическими документами (ГОСТ 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения»; СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»). Опрос сельского населения проводился по специально разработанным анкетам.

### Результаты исследования и их обсуждение

Анализ условий водопользования Саратовской области показал, что из 1739 около половины сельских населенных пунктов, в которых проживает почти 40% сельских жителей, не обеспечены питьевой водой, отвечающей требованиям безопасности. Около 30% проб воды подземных источников не соответствуют гигиеническим нормативам по солесодержанию, величине общей жесткости, окисляемости, содержанию железа. Факторами риска ухудшения качества подземных вод в сельской местности являются:

- Животноводческие и птицеводческие комплексы.
- Предприятия по переработке сельхозпродукции.
- Садоводческие товарищества.
- Оросительные системы.
- Земляные плотины.
- Химическая обработка полей и лесов.
- Склады агрохимикатов.
- Селитебные территории.
- Лагеря летнего выпаса скота.

Загрязнению подземных источников также может способствовать неправильный выбор места забора, отсутствие или неудовлетворительное состояние зон санитарной охраны, слабая герметизация оголовка скважины и т.д.

Исследование работы установок «Лисскон-101» на протяжении последних десяти лет показало достаточно высокую эффективность их работы на подземных водах с различным уровнем загрязнения как органическими, так и минеральными соединениями.

Типичным примером использования установок «Лисскон-101» для очистки

соленых артезианских вод является технология водоподготовки в заволжском селе Солянка Озинского района Саратовской области. Число жителей – около 700 человек, поверхностный водоисточник летом пересыхает. На рис. приведена блок-схема очистки артезианской воды и ее распределение по потребителям с. Солянка.

Из скважины исходная вода поступает в накопительную емкость. Первая ступень водоподготовки осуществляется на автоматическом фильтре умягчения 3072/WS1,5"EI Ecosoft Mix-A. Фильтр засыпан ионообменной смолой комбинированного действия марки Ecosoft Mix-A, с ее помощью из воды удаляются соли жесткости (кальция, магния) и железа. Удаление солей данного типа увеличивает срок службы мембранного модуля. Регенерация фильтра производится в автоматическом режиме соевым раствором NaCl в зависимости от прошедшего через него объема воды или в заранее заданное время. В процессе регенерации загрузка восстанавливает свои прежние свойства.

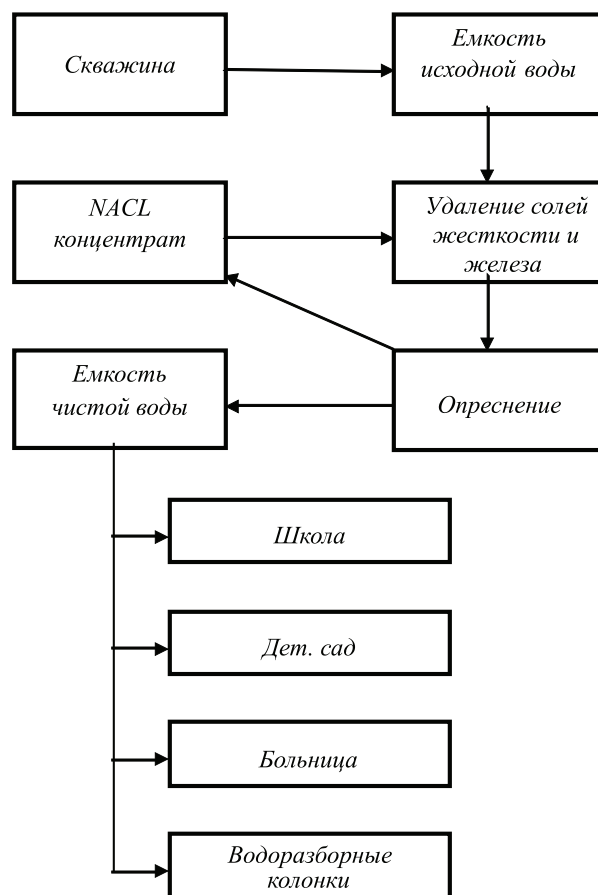
На второй ступени водоподготовки используется мембранная обратноосмотическая станция с производительностью 2 м<sup>3</sup>/ч. Полученный на мембранной станции фильтрат является водой питьевого качества, которая поступает в емкость чистой воды.

Из накопительной емкости очищенная вода подается потребителям (рисунок) автоматической станцией водоснабжения марки Grundfos CH 4-50.

Гигиеническое исследование качества исходной воды из артезианской скважины позволило установить, что солесодержание в ней превышает гигиенические нормы в четыре с половиной раза, железо – в пять-шесть раз, окисляемость – в три раза, цветность – в два раза. Вода характеризовалась неблагоприятными органолептическими показателями, повышенным запахом и металлическим привкусом (таблица).

Санитарно-гигиенический мониторинг работы станции в течение года показал высокую эффективность ее в отношении как органолептических, так и санитарно-химических показателей независимо от сезона года (см. таблицу) После прохождения через установку запах снижался до нуля, привкус – до 1-го балла. Процент снижения цветности и мутности достигал 83,78 и 71,6 соответственно. Более чем на 90% снижались минерализация, содержание железа и перманганатная окисляемость. Очищенная вода полностью отвечала требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к ка-

честву воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Опрос сельских жителей показал высокую оценку качества воды и ее пригодность для питьевых и бытовых нужд населения.



Блок-схема очистки артезианской воды и ее распределение по потребителям с. Солянка

Результаты исследований качества исходной и очищенной воды на установке «Лисскон – 101» в с. Солянка

Показатели	Образцы воды		Процент снижения	Нормативы качества, не более
	Исходная	Очищенная		
Запах, баллы	3,0 ± 0	0	100	2
Привкус, баллы	4,1 ± 0,15	1,0 ± 0	75,0	2
Цветность, град	37,0 ± 2,2	6,0 ± 0,2	83,78	20
Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	1,7 ± 0,3	0,48 ± 0,11	71,76	1,5
pH	7,40 ± 0,2	6,90 ± 0,2	6,76	6 – 9
Жесткость общ., °Ж	4,8 ± 0,7	0,18 ± 0,05	96,25	7,0
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	2186,3 ± 327,9	228,1 ± 19,2	89,57	350,0
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	2,1 ± 0,4	1,0 ± 0,05	52,38	500,0
Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	4532,0 ± 90,6	388 ± 43,3	91,44	1000,0
Окисляемость перм., мг/дм <sup>3</sup>	14,4 ± 2,9	0,85 ± 0,25	94,10	5,0
Железо, мг/дм <sup>3</sup>	1,9 ± 0,5	0,042 ± 0,008	97,79	0,3

### Выводы

1. Выбор метода очистки воды и типа водоочистных сооружений должен производиться с учетом климато-географических и социально-экономических особенностей сельских населенных мест.

2. Санитарно-гигиенический мониторинг эффективности работы установок «Лискон-101» с использованием мембранной технологии на протяжении последних десяти лет показал стабильно высокую эффективность их работы при очистке и кондиционировании воды независимо от уровня исходного загрязнения.

### Список литературы

1. Водоподготовка: Справочник. – М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
2. Онищенко Г.Г. О состоянии и мерах по обеспечению безопасности хозяйственно-питьевого населения Российской Федерации // Гиг. и сан. – 2010. – № 3. – С. 4–7.
3. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2004 году: Государственный доклад. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. – С. 30.
4. Первов А.Г., Мотовилова Н.Б., Андрианов А.П. Ультрафильтрация – технология будущего // Водоснабжение и сантехника. – 2001. – № 9. – С. 9–12.
5. Спиринов В.Ф., Орлов А.А. Гигиенические проблемы сельского водоснабжения и пути их решения // Гигиена и санитария. – 2003. – № 6. – С. 16–17.
6. Чубирко М.И., Пичужкина Н.М., Михайлова Л.А. Качество жизни сельского населения // Актуальные проблемы гигиенической оценки и управления рисками здоровья сельского населения и работников сельского хозяйства:

материалы межрегион. научн.-практ. конф., 16–17 ноября 2011 г. – Саратов, 2011. – С. 36–40.

### References

1. Vodopodgotovka: Spravochnik M.: Akva-Term, 2007. 240 p.
2. Onishhenko G. G. O sostojanii i merah po obespecheniju bezopasnosti hozjajstvenno-pit'evogo naselenija Rossijskoj Federacii // Gigiena i sanitarija. 2010. no. 3. pp. 4–7.
3. O sanitarno-jepidemiologicheskoj obstanovke v Rossijskoj Federacii v 2004 godu: Gosudarstvennyj doklad. — M.: Federal'nyj centr gigieny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2005. pp. 30.
4. Pervov A.G., Motovilova N.B., Andrianov A.P. Ul'trafil'tracija – tehnologija budushhego // Vodosnabzhenie i santehnika. 2001. no. 9. pp. 9–12.
5. Spirin V.F., Orlov A.A. Gigienicheskie problemy sel'skogo vodosnabzhenija i puti ih reshenija // Gigiena i sanitarija. 2003. no. 6. pp. 16–17.
6. Chubirko M.I., Pichuzhkina N.M., Mihajlova L.A. Kachestvo zhizni sel'skogo naselenija // Aktual'nye problemy gigienicheskoj ocenki i upravlenija riskami zdorov'ju sel'skogo naselenija i rabotnikov sel'skogo hozjajstva: Mat-ly mezhregion. nauchn.-prakt. konf., 16–17 nojabrja 2011 g., Saratov, 2011. pp. 36–40.

### Рецензенты:

Махонько Н.И., д.м.н., профессор кафедры земельного и экологического права, ФГБОУ ВПО «Саратовская государственная юридическая академия», г. Саратов;

Бобырев С.В., д.т.н., профессор кафедры экологии, ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.», г. Саратов.

Работа поступила в редакцию 01.03.2013.