

АНАЛИЗ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СЕВЕРНЫХ И ЦЕНТРАЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ ОДЕССКОЙ ОБЛАСТИ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИХ ОЧИСТКИ

Маковецкая Е.А., ассистент,
Дмитренко М.П., старший преподаватель,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
maryana06@ukr.net

Аннотация. Подземные воды используются в хозяйственно-питьевых и других потребностях человека. Авторами был проведен химический анализ состава подземных вод в северной и центральной части Одесской области (2015-2017 год) по шести источникам. Из-за высокого содержания различных загрязнителей (минеральных и органических веществ, хлоридов, сульфатов и натрия) данные подземные воды не пригодны для питьевых целей согласно гигиеническим требованиям к качеству питьевой воды и не могут использоваться для питьевого водоснабжения без дополнительной очистки. Мембранная технология обработки подземной воды требует минимальных объемов и расходных материалов и обеспечивает требуемое качество очищенной воды независимо от состава исходной подземной воды. Представлены результаты эффективности очистки воды и заключение о соответствии качества очищенной воды нормативным документам на питьевую воду.

Ключевые слова: подземная вода, децентрализованное водоснабжение, обратноосмотическая установка, мембраны, нанофильтрация.

АНАЛІЗ ПІДЗЕМНИХ ВОД ПІВНІЧНОЇ ТА ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИН ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЇХ ОЧИСТКИ

Маковецька О.О., ассистент,
Дмитренко М.П., старший викладач,
Одеська державна академія будівництва та архітектури
maryana06@ukr.net

Анотація. Підземні води використовуються в господарсько-питних та інших потребах людини. Авторами був проведений хімічний аналіз складу підземних вод в північній та центральній частині Одеської області (2015-2017 рік) за шістьма джерелами. Из-за високого вмісту різних забрудників (мінеральних та органічних речовин, хлоридів, сульфатів і натрію) ці підземні води не придатні для питних цілей згідно з гігієнічними вимогами до якості питної води й не можуть використовуватися для питного водопостачання без додаткового очищення. Мембранна технологія обробки підземної води вимагає мінімальних об'ємів і витратних матеріалів й забезпечує необхідну якість очищеної води незалежно від складу вихідної підземної води. Представлені результати ефективності очищення води та висновок про відповідність якості очищеної води нормативним документам на питну воду.

Ключові слова: підземна вода, децентралізоване водопостачання, зворотньоосмотична установка, мембрани, нанофільтрація.

ANALYSIS OF UNDERGROUND WATER OF THE NORTHERN AND CENTRAL PARTS OF THE ODESSA REGION AND MODERN TECHNOLOGY FOR THEIR CLEANING

Makovetska O.O., Assistant,
Dmitrenko M.P., Senior lecturer,

Abstract. Ukraine's fresh water reserves are considered to be among the poorest in Europe. The search of high-quality underground waters, drilling of artesian wells in settlements is the most realistic solution to provide Odessa and Southern regions with drinking water. The state of groundwater in five regions of the central and northern part of the Odessa region was studied.

In certain regions due to natural factors and anthropogenic influence the water doesn't comply with drinking water hygienic standards on such criteria as hardness, general mineralization (it's fresh in two areas, while it's salty in others that is common for Southern regions of Ukraine), the dry residue, sulfates, magnesium and calcium salts, chlorides. Low quality of original water requires the use of technologies providing an adequate level of water purification for its further consumption.

Membrane treatment is an effective modern technology of purifying mineralized underground waters allowing to produce high-quality water directly without applying reagents and additional systems of treatment. In this work an analysis of of underground waters quality before and after the treatment with the following systems was made: OSMOSIS E and reverse OSMOSIS Leader RO-6. The main element of these systems of water treatment is reverse-osmotic membranes FILMTEC TW 30-1812-75 produced by FILMTEC (USA). Water after treatment with reverse-osmotic membranes systems meets drinking water standards (DSanPin 2.2.4-171-10 and DSTU 7525:2014), but it requires enrichment with a health-giving mineral complex for its physiological adequacy.

That's why the integration of membrane technologies for water treatment is vital for Southern regions of Ukraine.

Keywords: groundwater, decentralized water supply, reverse osmosis installation, membranes, nanofiltration.

Введение. По запасам пресной воды Украина считается одним из наименее обеспеченных государств в Европе. Мы можем обеспечить только 1 тыс. м³ воды на 1 жителя. Для сравнения: в Швеции и Германии – это 2,5 тыс. м³, во Франции – 3,5, в Великобритании – 5. Около 1300 наших населенных пунктов живут на привозной воде, а это около 1 миллиона граждан. По уровню обеспеченности ресурсами подземных вод Одесская область находится на предпоследнем месте в Украине (на одного жителя приходится 0,29 м³/сутки перспективных ресурсов подземных вод, по Украине – 1,1 м³/сутки). В ряде районов на юге области подземные воды малопригодны или непригодны для потребления [1, 2].

Практически все поверхностные источники и грунтовые воды загрязнены. Главная причина этого, прежде всего, заключается в увеличении нагрузки на окружающую природную среду [3]. Поиск качественных подземных вод, бурение артезианских скважин в населенных пунктах для водоснабжения Одесской области наиболее реальный вариант решения дефицита питьевой воды южных областей.

Анализ последних исследований и публикаций. Обеспеченность Украины пресной водой существенно отличается по регионам. Высокие показатели характерны для северных и западных районов (Закарпатская, Волынская, Житомирская, Черниговская области), самые низкие – для южных областей (Одесская, Николаевская, Херсонская). Поэтому в Украине проблема рационального использования водных ресурсов остается актуальной.

Научное обоснование водоресурсных и водноэкологических составляющих, а также вопросы рационального использования, охраны и воспроизводства водных ресурсов, нашли место в трудах А.В. Яцик, А.А. Шварц, А.Е. Опарин, И.С. Зекцер, К.Г. Гофман, Т.А. Сафранова, М.А. Хвесик, В.В. Гончарук, В.И. Данилов-Данильян, О.Ф. Балацкий, Б.М. Данилишин, С.И. Дорогунцов, О.А. Веклич, В.А. Голян, Л.Г. Мельник и других.

Цели и задачи исследования. Согласно закона Украины «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» (1994 р.), граждане имеют право на безопасную для здоровья и жизни питьевую воду [4]. На данный момент в Украине

недостаточно воды, которая соответствовала бы качеству «чистая» по санитарно-микробиологическим и химическим показателям.

Целью исследования является анализ качественного состава подземных вод центрального и северного районов Одесской области, который позволит сделать вывод об их экологическом состоянии, а также выполнение оценки эффективности применения мембранных технологий для водоподготовки. Задачей исследования является решение проблемы обеспечения потребителя эпидемически безопасной питьевой водой.

Основной материал и результаты. Исследовалось состояние подземных вод по шести пробам: № 1 – с. Дачное (Беляевский район), № 2 – с. Граденицы (Беляевский район), № 3 – пгт. Петровка (Ивановский район), № 4 – г. Березовка (Березовский район), № 5 – с. Январское (Ширяевский район), № 6 – с. Гольма (Балтский район). Отбор проб выполняли согласно действующим нормативным документам [5]. Пробы не консервировались, а непосредственно направлялись на исследования. Для сохранения и транспортирования проб использовали полиэтиленовые бутылки объемом 1,5-2 л. Места отбора проб представлены на рис. 1. Результаты гидрохимических исследований качества воды и их сравнение со стандартами [6, 7] для питьевой воды представлено в табл. 1.



Рис. 1. Места расположения точек отбора проб

Подземные воды более защищены от внешних факторов, а поэтому обычно характеризуются стабильным химическим составом. Однако в отдельных регионах за счет природных факторов или антропогенного воздействия эти воды имеют некондиционный состав преимущественно по таким показателям, как жесткость (с. Январское), общая минерализация (только в двух районах вода пресная, в остальных она солоноватая, что характерно для южных регионов Украины), сухой остаток (с. Январское), сульфаты (с. Январское), ионы магния и кальция (с. Январское), хлориды (с. Граденицы), натрий (с. Дачное, с. Граденицы, г. Березовка). На рис. 2 и рис. 3 предоставлены гистограммы изменений химического состава подземных вод в отобранных пробах. Низкое качество исходной воды требует применения технологических схем обеспечивающих адекватный уровень водоочистки для дальнейшего потребления.

Таблица 1 – Результаты исследований качества воды и их сравнение со стандартами

Название показателя	Единицы измерения	ДСанПиН 2.2.4-171-10 [6]	ЕС [7]	Проба воды					
				1	2	3	4	5	6
Жесткость общая	мг-экв/дм ³	7,0 (10,0)	-	2,3	5,8	4	5,8	15,2	5,4
Жесткость карбонатная	мг-экв/дм ³	-	-	6,4	6,3	5,4	6,1	7,6	5,6
Кальций	мг/дм ³	130	100	20	28	44	92	156	94
Магний	мг/дм ³	80	50	16	54	22	15	90	9
Натрий	мг/дм ³	≤ 200	200	328	250	158	232	138	138
Хлориды	мг/дм ³	250 (350)	250	245	257	157	229	245	88
Сульфаты	мг/дм ³	250 (500)	250	160	150	60	160	320	160
Гидрокарбонаты	мг/дм ³	-	-	387	384	317	372	464	342
Минерализация	мг/дм ³	-	-	1156	1123	758	1100	1412	831
Сухой остаток	мг/дм ³	1000 (1500)	1500	962,5	931	599,5	914	1181	660
Перманганатная окисляемость	мгО/дм ³	4,0	-	2,4	2,16	3,6	1,6	2,05	2,16
Тип воды				солончатые	солончатые	пресная	солончатые	солончатые	пресная

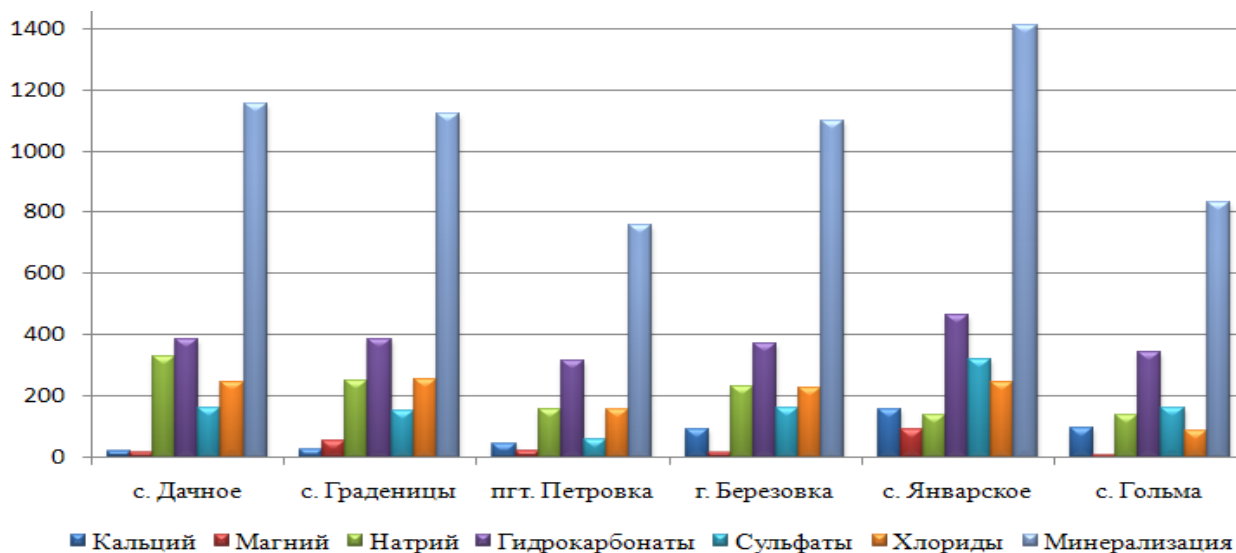


Рис. 2. Гистограмма изменений химического состава подземных вод в отобранных пробах

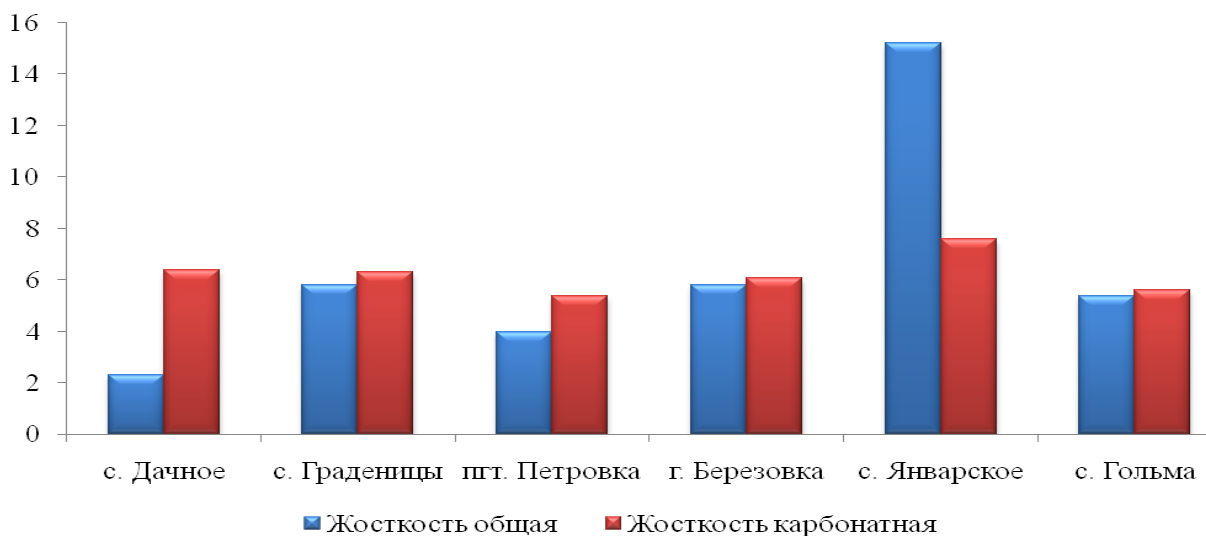


Рис. 3. Гистограмма изменений жесткости общей и карбонатной в анализируемых пробах

Мембранная очистка является эффективной современной технологией очистки минерализованных подземных вод, позволяющая напрямую, без применения реагентов и дополнительных систем очистки добиться высокого качества воды. Для обеспечения эффективной работы обратноосмотической установки важно правильно подобрать тип мембран, что влияет на величину эксплуатационных затрат [8, 9].

В работе исследовали качество подземных вод после очистки их системами: осмос E и обратный осмос Leader RO-6. Главный элемент систем очистки воды это обратноосмотические мембраны компании FILMTEC (США), FILMTEC TW 30-1812-75.

Для очистки исследуемой подземной воды применяется следующая технологическая схема: исходная вода из скважин подается в резервуар, где подвергается аэрированию, и после сетчатых механических фильтров и префильтров из активированного угля поступает на обратноосмотическую установку, где рабочие насосы подают воду в мембранные аппараты (рабочее давление 0,3-0,6 МПа). Очищенная вода делится на 2 потока, где примеси попадают в канализацию, а чистая вода подается в гидропневматический бак и хранится там под действием давления, пока не станет нужна потребителю.

Стадии водоподготовки:

- 1) удаление растворенных газов методом аэрации.
- 2) полипропиленовые фильтры удаляют механические примеси, превышающие в размерах 5 микрон (песок, ржавчину, ил, взвешенные частицы и др.).
- 3) префильтры из активированного угля в брикетах задерживают механические частицы размером больше 1 микрона и грязь органического происхождения.
- 4) удаление растворенных органических и минеральных примесей с использованием систем (осмос E и обратный осмос Leader RO-6) с обратноосмотическими мембранами. Установки поставляются готовыми комплектами, производительность установки была установлена в диапазоне 12 дм³/ч.

Усредненные результаты эффективности очистки и остаточная концентрация компонентов воды представлены в табл. 2.

Таблица № 2 – Эффективность очистки воды и остаточная концентрация

Название показателя	Эффективность очистки воды, %	Проба воды					
		1	2	3	4	5	6
Жесткость общая	88,57	0,26	0,66	0,46	0,66	1,74	0,62
Кальций	87,88	2,42	3,39	5,33	11,15	18,91	11,39
Магний	89,74	1,64	5,54	2,26	1,54	9,23	0,92
Натрий	85,71	46,87	35,72	22,58	33,15	19,72	19,72
Хлориды	60,18	97,56	102,34	62,52	91,19	97,56	35,04
Сульфаты	98,29	2,74	2,56	1,03	2,74	5,47	2,74
Гидрокарбонаты	87,5	48,38	48,0	39,62	46,5	58,0	42,75
Минерализация	87,58	143,58	139,48	94,14	136,62	175,37	103,21
Сухой остаток	88,3	112,61	108,93	70,14	106,94	138,18	77,22
Перманганатная окисляемость	94,29	0,14	0,12	0,21	0,09	0,12	0,12

Из результатов очистки воды следует, что обратноосмотические мембраны хорошо задерживают гидратированные ионы солей (кроме хлоридов), грубодисперсные примеси удаляются практически полностью. При этом достигалось полное удаление микробиологических загрязнений, в том числе без предварительного хлорирования. Исследуемая вода обладает благоприятными органолептическими показателями. Перманганатная окисляемость снижалась в среднем на 94,29%, что свидетельствует об эффективной очистке от органических соединений. Вода после очистки мягкая, так как остаточная общая жесткость очищенной воды равна 0,26-1,74 мг-экв/дм³.

Недостатком установок обратного осмоса является значительное снижение жесткости воды, ДСанПиН 2.2.4-171-10 предусматривает нижнюю границу величины жесткости не

менше 1,5 мг-екв/дм³ для ее физиологической полноценности. Употребление излишне мягкой воды неблагоприятно для организма.

Выводы. Исследование химического состава подземной воды, отобранной в шести источниках пяти районов Одесской области, показало, что данная подземная вода не пригодна для питьевых целей согласно санитарно-гигиеническим требованиям к качеству питьевой воды из-за высокого содержания различных загрязнителей: ионов магния и кальция, хлоридов, сульфатов, и натрия. Исходная подземная вода в большинстве случаев является солоноватой, с повышенной минерализацией (1,1-1,4 г/дм³). По гидрохимическим показателям данные подземные воды являются хлоридно-натриевыми минерализованными водами. Как подземные источники питьевого водоснабжения воды относятся к II–III классам (чистые – умеренно-загрязненные).

Проведенная работа показала значительную проблему в обеспечении населения малых городов и поселков северного и центрального районов Одесской области водой, которая удовлетворяет санитарным нормам и правилам, особенно при использовании минерализованных подземных вод. Использование таких подземных вод для децентрализованного водоснабжения нуждается в водоочистительных устройствах и системах, способных надежно обеспечивать население качественной питьевой водой.

Вода после очистки системами с обратноосмотическими мембранами отвечает стандартам для питьевой воды (ДСанПіН 2.2.4-171-10 и ДСТУ 7525:2014 [10]). Для улучшения физиологической полноценности воды рекомендуется ее обогащать комплексом полезных минералов. Поэтому внедрение мембранных технологий для очистки воды является актуальным вопросом для южных регионов Украины.

Литература

1. Яцик А. В. Водні ресурси: використання, охорона, відтворення, управління / А. В. Яцик [та інші]. – К.: Генеза, 2007. – 360 с.
2. Тюреміна В. Г. Прогнозні ресурси підземних вод Причорномор'я та стан їх використання / В. Г. Тюреміна, З. Є. Гузенко // Причорноморський екологічний бюлетень. – 2010. – № 2(36). – С. 109-113.
3. Шестопапов В. Підземні води як стратегічний ресурс / В. Шестопапов, В. Лялько, В. Гудзенко, М. Дробноход, М. Огняник, Ю. Руденко, А. Ситников, О. Скальський, А. Сухоребрій, Є. Яковлев // Вісник НАН України. – 2005. – № 5. – С. 32-39.
4. Закон України «Про питну воду та питне водопостачання» від 10.01 2002 № 9218-111. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2918-14/print1476900314069178>.
5. ДСТУ ISO 5667-3-2001. Якість води. Відбирання проб. Частина 3. Настанови щодо зберігання та поводження з пробами (ISO 5667-3:1994, IDT) / Держстандарт України. – Київ, 2002. – 34 с.
6. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Державні санітарні правила і норми. ДСанПіН 2.2.4.171-10. – Офіційний вісник України. – 2010. – № 51. – С. 99-129.
7. Нормативы качества воды, действующие в ЕС. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.aqua-tex.ru/news/129>.
8. Гончарук В.В. Современные технологии очистки воды / В.В. Гончарук, Д.Д. Кучерук, А.О. Самсоны-Тодоров, В.Ф. Скубченко // Наука та інновації. – 2006. – Т. 2, № 5. – С. 66-77.
9. Первов А.Г. Новые технологии и аппараты на основе методов ультра- и нанофильтрации для системы водоснабжения и теплоснабжения / А.Г. Первов, А.П. Андрианов, Д.В. Спицов, Л.В. Рудакова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – №7. – С. 12 – 19.
10. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості / Мінекономрозвитку України. – Київ, 2014. – 30 с.

Стаття надійшла 15.10.2017