

УДК 543.3

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Степанов Артем Дмитриевич, студент, направление подготовки 04.03.01 Химия, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: artema437@mail.ru

Юдин Александр Андреевич, аспирант, направление подготовки 04.06.01 Химические науки, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: yudin-s97@yandex.ru

Научный руководитель: **Сальникова Елена Владимировна**, доктор биологических наук, кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой химии, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: salnikova_ev@mail.ru

Аннотация. Данная статья раскрывает тему, которая имеет достаточную актуальность в современное время, а именно анализ подземных вод из скважин на дачных участках, вода из которых может быть использована для употребления в питьевых и хозяйственных целях. Неудовлетворительное качество питьевой воды может привести к различным заболеваниям, исходя из этого, нужно учитывать состояние вод различными методами анализа на основные параметры и сравнивать с нормами, закреплёнными в нормативных актах. Проведено исследование воды из скважины в Оренбургской области СНТ «Карачи» на семь показателей, являющихся основными по требованиям, предъявляемым к питьевой воде и воде, которую можно использовать в хозяйственно-бытовых нуждах. Целью данной работы является проведение анализа на 7 показателей, являющихся основными по требованиям, предъявляемым к питьевой воде и воде, которую можно использовать в хозяйственно-бытовых нуждах. Были использованы следующие методы: определение массы сухого остатка, рентгенофлуоресцентный анализ, определение жёсткости, аргентометрический метод определения хлорид-ионов по Мору, колориметрический метод определения железа, определение сульфат-ионов методом турбидиметрии, потенциометрическое титрование, дозиметрия. Из полученных данных можем сделать вывод о том, что вода непригодна к употреблению, потому что имеет превышение по нормам органолептических и физиологических показателей, из-за этого её употребление вредно для здоровья человека. Однако сохраняется возможность использования в хозяйственно-бытовых целях, но оборудование, которое использует воду такого качества, будет изнашиваться намного чаще. Практическая значимость заключается в оценке пригодности воды к употреблению в питьевых и хозяйственных целях. В дальнейшем рассматривается взятие проб из разных точек Оренбургской области и проведение комплексного анализа с сопоставлением полученных данных.

Ключевые слова: подземные воды, комплексный анализ, природные воды, природное загрязнение, РФА, турбидиметрия, колориметрия, потенциометрическое титрование.

Для цитирования: Степанов А. Д., Юдин А. А. Комплексный анализ подземных вод // Шаг в науку. – 2021. – № 4. – С. 24–29.

INTEGRATED ANALYSIS OF GROUNDWATER

Stepanov Artem Dmitrievich, student, training program 04.03.01 Chemistry, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: artema437@mail.ru

Yudin Alexander Andreevich, postgraduate student, training program 04.06.01 Mathematical and Quantum Chemistry, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: yudin-s97@yandex.ru

Research advisor: **Salnikova Elena Vladimirovna**, Doctor of Biology, PhD in Chemistry, Associate Professor, Head of the Department of Chemistry, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: salnikova_ev@mail.ru

Abstract. This article reveals a topic that is of sufficient relevance in modern times, namely, the analysis

of groundwater from wells in summer cottages, water from which can be used for drinking and household purposes. The unsatisfactory quality of drinking water can lead to various diseases, based on this, it is necessary to take into account the state of the waters by various methods of analysis for the main parameters and compare with the norms enshrined in regulatory enactments. A study of water from a well in the Orenburg region of SNT «Karachi» was carried out for seven indicators that are basic in terms of the requirements for drinking water and water that can be used for household needs. The purpose of this work is to analyze 7 indicators that are basic in terms of the requirements for drinking water and water that can be used for household needs. The following methods were used: determination of dry residue mass, X-ray fluorescence analysis, determination of hardness, argentometric method for determination of chloride ions according to Mohr, colorimetric method for determination of iron, determination of sulfate ions by turbidimetry, potentiometric titration, dosimetry. From the data obtained, we can conclude that the water is unsuitable for consumption, because it has an excess in terms of organoleptic and physiological indicators, because of this, its use is harmful to human health. However, the possibility of using it for household purposes remains, but equipment that uses water of this quality will wear out much more often. The practical significance lies in assessing the suitability of water for drinking and household purposes. Further, sampling from different points of the Orenburg region and conducting a comprehensive analysis with a comparison of the data obtained are considered.

Key words: underground water, complex analysis, natural water, natural pollution, XRF, turbidimetry, colorimetry, potentiometric titration

Cite as: Stepanov, A. D., Yudin, A. A. (2021) [Integrated analysis of groundwater]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 4, pp. 24–29.

На протяжении истории человечества качество воды имеет огромную значимость как в хозяйственных целях, так и питьевых. Неудовлетворительное качество воды может привести к различным заболеваниям и повышенному износу и даже поломке машин, для этого природную воду из скважин требуется анализировать и подвергать очистке. Известно, что вода в водоёмах Оренбургской области загрязнена [4, 7]. Однако для уменьшения затрат на очистку поверхностных вод, можно использовать подземные скважины, которые имеют более хорошие показатели качества [3, 7]. На сегодняшний день, при проведении анализов, редко учитывается полезность воды, вместо этого в сумме рассматривают качество и безопасность её употребления, и на этом анализ прекращается [7]. Нами проведён анализ питьевой воды на семь показателей и определена оценка пригодности воды к употреблению. Проба взята из скважины, находящейся по адресу СНТ «Карачи», с/т «Строитель», ул. Центральная, на глубине 12 метров. Анализируемая проба отбиралась после предварительного

слива в пластиковый сосуд для отбора проб¹.

В процессе работы использованы следующие методы:

- 1) определение массы сухого остатка ГОСТ 18164-72;
- 2) рентгенофлуоресцентный анализ;
- 3) определение жёсткости ГОСТ 26425-85;
- 4) аргентометрический метод определения хлорид-ионов по Мору ГОСТ 4245-72;
- 5) колориметрический метод определения железа ГОСТ 10555-75;
- 6) определение сульфат-ионов методом турбидиметрии ГОСТ 26425-85;
- 7) потенциметрическое титрование ГОСТ 26424 – 85;
- 8) дозиметрия.

Используя методики ГОСТ, были проведены эксперименты, начиная с определения сухого остатка. Для первого анализа взяты три фарфоровые чашки для выпаривания воды, которое происходило при температуре 300 °С на нагревательной поверхности.

Таблица 1. Масса фарфоровых чашек до выпаривания

Масса, г	Первая чашка	Вторая чашка	Третья чашка
До просушивания	44,3207	51,1901	51,8341
Первая сушка	44,3178	51,1459	51,8329
Вторая сушка	44,3177	51,1454	51,8327
Третья сушка	44,3178	51,1442	51,8323
Четвертая сушка	–	51,1441	51,8324
После выпаривания	45,1972	52,0671	52,6461
Первая сушка	45,0234	51,8501	52,5387
Вторая сушка	45,0233	51,8498	52,5389

Источник: разработано А. Д. Степановым

¹ ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб – Введ. 01.01.2014 – Москва: Изд-во стандартов, 2019. – 32 с.

Как видно из таблицы, высушивание происходило до того, пока изменение массы не достигало разницы более 0,0001 г, для этого использовались аналитические весы. В сушильном шкафу пробы находились 40 минут, после чего они перемещались в эксикатор и в дальнейшем переносились к аналитическим весам.

По полученным данным, учитывая объём аликвоты 100 мл и доверительный интервал: масса сухого остатка составила 7059 ± 30 мг/л. После этого

сухой остаток подвергся рентгенофлуоресцентному анализу для определения элементного состава (тяжелые металлы и токсичные элементы). Сухой остаток был проанализирован методом рентгенофлуоресцентного анализа на приборе Spectroskan-LF.

Параметры съемки спектра: Кристалл-анализатор: LiF, дежурное напряжение: 40 кВ, порядок отражения: $n = 1, 2$ диапазон перемещения кристалла: от 780 до 3190 мÅ, шаг: 2 мÅ. Расшифрованные спектры образца представлены на рисунках 1–2.

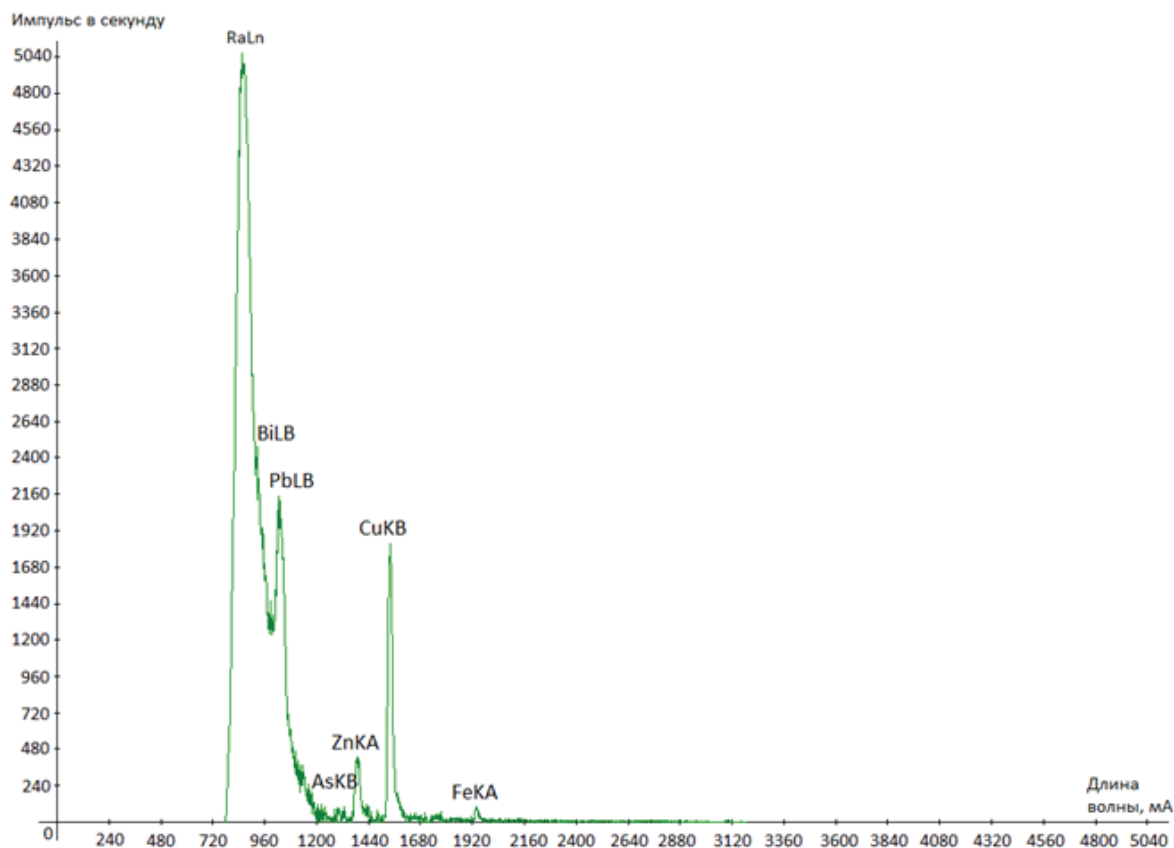


Рисунок 1. Расшифрованный спектр в первом порядке отражения

Источник: разработано А. Д. Степановым

Найденные элементы: Zn, Cu, Fe, в том числе в следовых количествах: Ra, Bi, Se, Pb, As, Ni, Hg, особо выделяется нахождение характеристических линий радия, который не должен находиться в воде из аллювиального грунта на глубине 12 метров.

Следующим этапом исследований было определение жёсткости по ГОСТ 26425-85. Учитывая доверительный интервал, получили результат, равный $13,5 \pm 0,1$ ммоль·экв/л. Определение хлорид-ионов argentометрическим методом показало, что содержание хлоридов, с учетом погрешности составляет $2279,1 \pm 47,8$ мг/л.

Концентрацию железа определяли колориметрическим методом с сульфосалицилатом натрия по ГОСТ 10555-75 на фотоэлектроколориметре КФК-3. Калибровочный график представлен на рисунке 3.

По итогам анализа концентрация железа в воде составляет 0,87 мг/л.

Следующим этапом является определение сульфат-ионов методом турбидиметрии с использованием кюветы с толщиной поглощающего слоя 10 мм, длина волны 520 нм. Калибровочный график представлен на рисунке 4.

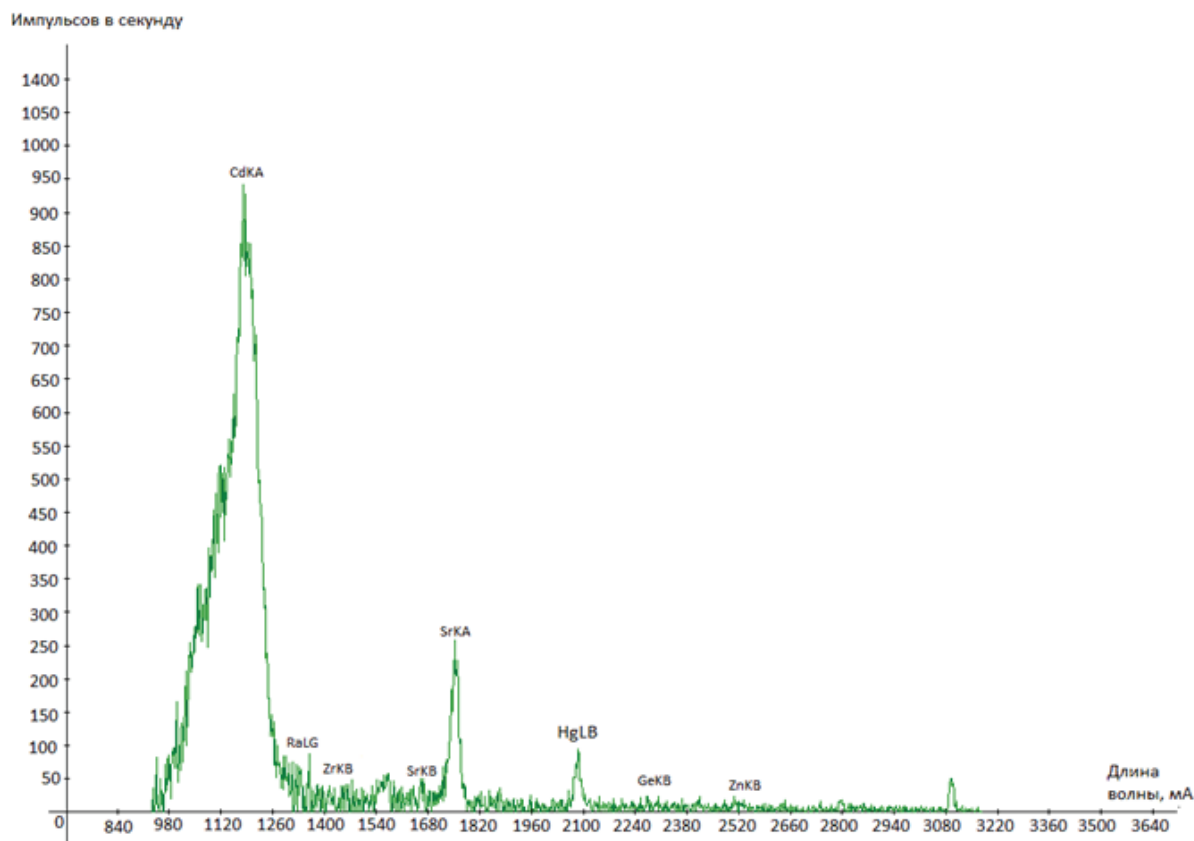


Рисунок 2. Расшифрованный спектр второго порядка отражения
Источник: разработано А. Д. Степановым

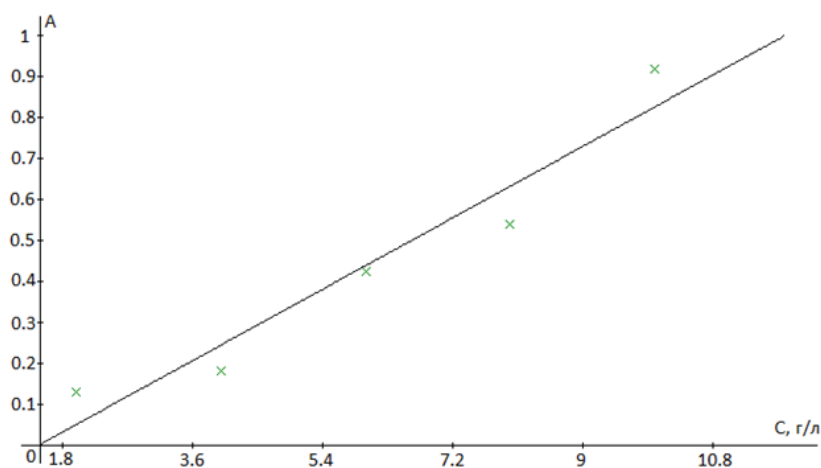


Рисунок 3. Калибровочный график для анализа железа
Источник: разработано А. Д. Степановым

Концентрация сульфатов в воде составляет 541 мг/л.

Для уточнения радиоактивности воды нами проведён анализ с использованием дозиметра. Он был поставлен в угол комнаты для регистрации фона на протяжении тридцати минут. В итоге имеем ради-

оактивный фон: 0,1 мкЗв/час, после этого налили в чашку Петри анализируемую воду и зафиксировали дозиметр над ней, показания после измерения в течение часа – 0,12 мкЗв/час, сухой остаток после выпаривания разместили в фарфоровой чашке, показания на дозиметре – 0,14 мкЗв/час.

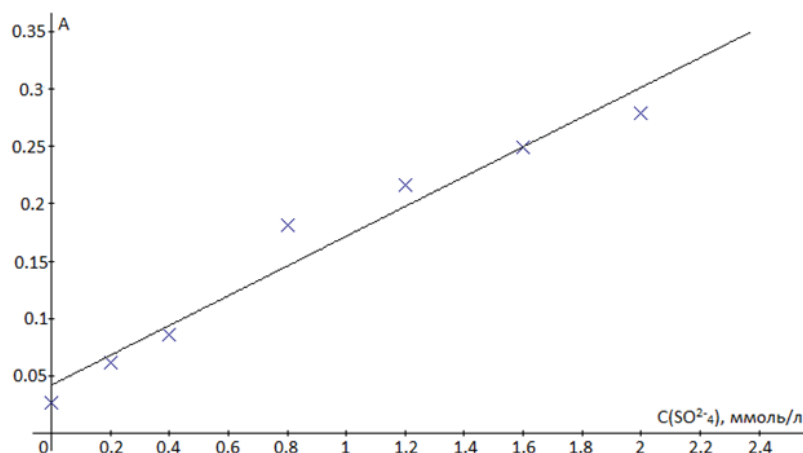


Рисунок 4. Калибровочный график для анализа сульфатов

Источник: разработано А. Д. Степановым

Методом потенциометрического титрования определяли карбонаты и гидрокарбонаты в пробах воды с использованием микробюретки до определённого рН раствора, сначала до 8,3, затем до 4,4 рН.

В результате эксперимента получили временную жёсткость, равную $12,95 \pm 0,28$ ммоль-экв/л.

Исходя из всех вышеприведённых опытов, сравним полученные данные с нормами:

Таблица 2. Требования к качеству питьевой воды

Показатели	Ед. измерения	ПДК, не более	Содержание в пробе
Водородный показатель	ед. рН	в пределах 6–9	8,46
Общая минерализация	мг/л	1000 (1500)	7059 ± 30
Жёсткость общая	мг-экв/л	7,0	$13,5 \pm 0,1$
Щёлочность	ммоль / л	0,5–6,5	$12,95 \pm 0,28$
Железо (Fe, суммарно)	мг/л	0,3–1,0	0,87
Сульфаты (SO_4^{2-})	мг/л	500	541
Хлориды (Cl^-)	мг/л	350	$2279,1 \pm 47,8$

Источник: разработано А. Д. Степановым на основе ²

Из полученных данных можем сделать вывод о том, что вода непригодна к употреблению, потому что имеет превышение по нормам органолептических и физиологических показателей, из-за этого её употребление вредно для здоровья человека. Однако сохраняется возможность использования в хозяйственно-бытовых целях, но оборудование, которое использует воду такого качества, будет изнашиваться намного чаще [6]. По итогам исследования мы видим экстремально высокое содержание хлоридов и превышение норм по параметрам общей минерализации, жёсткости, щёлочности и содержания сульфат-ионов. Такие данные свидетельствуют,

как о полной непригодности воды к употреблению, так и об опасности использования её в быту [2]. Необходимо отметить, что в следовых количествах, в пробах исследуемой воды был также обнаружен радий. Обычно, высокий уровень радия имеет место быть в водах, протекающих через горные породы кристаллического типа с высокой концентрацией трещин, а также в водах, которые находятся на слое песков, в которых произошло переотложение радия, вымытого ранее из кристаллических пород. Риск для здоровья от потребления воды, содержащей невысокую активность радия, мал, учитывая, что не был обнаружен существенный радиоактив-

² Мазаев В. Т. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. – 103 с.

ный фон, то можно сказать о незначительном вреде радиации в образце воды при употреблении. Поэтому крайне важно отметить, рассмотрев работы авторов [1], что осуществление природоохранных мероприя-

тий позволит улучшить экологическую обстановку, восстановить водные объекты и создать положительное экологическое состояние [5].

Литература

1. Аспекты управления экологической безопасностью в водохозяйственном комплексе / А. А. Левчук [и др.] // Вестник Евразийской науки, 2018 № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://esj.today/PDF/44NZVN218.pdf> (дата обращения: 04.05.2021).
2. Бунькова Е. А., Баурин Ю. С. Определение содержания хлорид ионов в питьевой воде. Сравнение питьевой и артезианской воды г. Орска // Достижения науки и образования. – 2018. – № 10. – С. 4–5.
3. Гаев А. Я. О хозяйственно-питьевом водоснабжении населения за счёт подземных вод // Разведка и охрана недр. – 2009. – № 9. – С. 84–86.
4. Исследование экологического состояния природных вод Оренбургской области / А. Я. Гаев [и др.] // Вода: химия и экология. – 2012. – № 3. – С. 3–9.
5. Левчук А. А., Александрова А. В., Сидоркович С. А. Оценка качества подземных вод, используемых в хозяйственно-питьевых целях // Вестник Евразийской науки, 2019, № 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://esj.today/PDF/09NZVN419.pdf> (дата обращения: 04.05.2021).
6. Николаева Н. И., Самойленко В. А., Токарь А. И. Качество питьевой воды – источника жизни // Современные наукоёмкие технологии. 2010. № 7. С. 83–89.
7. Холодилина Т. Н. Анализ качества воды из подземных источников Оренбургской области, используемой для производства продуктов питания / Т. Н. Холодилина [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. – № 2. – С. 218–220.

Статья поступила в редакцию: 19.05.2021; принята в печать: 08.11.2021.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.