Московский экономический журнал. № 4. 2023
Moscow economic journal. №4. 2023

Научная статья

Original article

УДК 504.45

doi: 10.55186/2413046X_2023_8_4_200

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДЫ РЕКИ ТОБОЛ

CORRELATION ANALYSIS OF HYDROCHEMICAL PARAMETERS OF WATER IN THE TOBOL RIVER

Мурсынина Елизавета Викторовна, преподаватель, ФГБОУ ВО Курганский государственный университет, Курган, Россия (640020, Курган, ул. Советская, 63, корпус 2), e-mail: lizhu83@mail.ru

Mursynina Elizaveta Viktorovna, teacher, FGBOU VO Kurgan State University, Kurgan, Russia (640020,Kurgan, st.Sovetskaya, 63, building 2

Аннотация. Для изучения проблемы загрязнения поверхностных вод реки Тобол проведен корреляционный анализ гидрохимических показателей воды гидропоста п. Смолино (в пределах города Кургана). Статистические данные о среднегодовых концентрациях загрязняющих веществ воды в реке Тобол с 2006 по 2021 гг. получены в Курганском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. В результате обработки данных о среднегодовых концентрациях загрязняющих веществ воды реки Тобол составлена полная корреляционная матрица монарных (ранговых) и бинарных связей и получены биотехнические закономерности. На основе полученных данных составлен рейтинг независимых и зависимых факторов, а также определены сильные и слабые факторные связи, которые возникают при взаимодействии гидрохимических показателей. Среди независимых

факторов лидерами оказались взвешенные вещества, сульфаты и химическое потребление кислорода, среди зависимых факторов – сульфаты, взвешенные вещества и азот нитратов. Наибольшую эколого-химическую активность по силе взаимодействия имеют сульфаты, фенолы, азот аммония и азот нитратов. Корреляционный анализ позволяет получить модели взаимного влияния факторов в виде показателей загрязнения воды. В качестве примера приведена модель бинарных отношений между показателями загрязнения (фенолы и азот нитратов). Сделаны выводы о возможности использования корреляционного анализа для проведения мониторинга качества воды реки Тобол.

Abstract. To study the problem of pollution of the surface waters of the Tobol River, a correlation analysis of the hydrochemical parameters of the water of the Smolino gauging station (within the city of Kurgan) was carried out. Statistical data on average annual concentrations of water pollutants in the Tobol River from 2006 to 2021 received at the Kurgan Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. As a result of processing data on the average annual concentrations of pollutants in the water of the Tobol River, a complete correlation matrix of mono (rank) and binary relationships was compiled and biotechnical regularities were obtained. Based on the data obtained, a rating of independent and dependent factors was compiled, and strong and weak factor relationships that arise during the interaction of hydrochemical indicators were determined. Among the independent factors, the leaders were suspended solids, sulfates and chemical oxygen demand, among the dependent factors - sulfates, suspended solids and nitrate nitrogen. Sulfates, phenols, ammonium nitrogen and nitrate nitrogen have the highest ecological and chemical activity in terms of interaction strength. Correlation analysis makes it possible to obtain models of the mutual influence of factors in the form of indicators of water pollution. As an example, a model of binary relationships between pollution indicators (phenols and nitrogen of nitrates)

is given. Conclusions are drawn about the possibility of using correlation analysis to monitor the water quality of the Tobol River.

Ключевые слова: река Тобол, Курганская область, качество вод, загрязнение речных вод, гидрохимические показатели, корреляционный анализ

Keywords: Tobol river, Kurgan region, water quality, river water pollution, hydrochemical parameters, correlation analysis

Введение

В настоящее время одной из актуальных проблем современной экологии является изучение качества поверхностных вод, имеющих важное значение для обеспечения населения питьевой водой. Для оценки загрязнения крупных водных объектов широкое практическое применение получили такие интегральные показатели как индекс загрязненности воды ($ИЗВ_6$) и удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) [1]. Однако данные показатели невозможно применять для выявления связей между загрязняющими веществами, а также они не позволяют определить, какой вклад в загрязнение поверхностных вод вносят природные факторы, а какой – антропогенная деятельность человека, и одним из возможных вариантов решения данных вопросов является применение метода корреляционного анализа. К тому же корреляционный анализ позволяет решить еще одну распространенную и важную задачу научного исследования – описание явления на основе обработки больших статистических данных. Корреляционный анализ достаточно часто используют в гидрохимических исследованиях, например, в целях изучения экологического состояния водоемов и водотоков [2; 3; 4; 5], или при исследовании природных и антропогенных факторов формирования химического состояния водных объектов [6; 7; 8].

Река Тобол является трансграничной рекой, протекает по территории двух государств – Республики Казахстан и Российской Федерации. В административном отношении река расположена в пределах Костанайской

(Республика Казахстан), Курганской и Тюменской областях. Длина реки составляет 1591 км, а в пределах Курганской области – 428 км. Для территории Курганской области вода реки Тобол является главным источником питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также используется в сельскохозяйственных и рекреационных целях.

Цель исследования – изучение взаимосвязей между гидрохимическими показателями воды реки Тобол в створе п. Смолино методом корреляционного анализа.

Материалы и методы исследования

Для проведения исследования был выбран гидропост п. Смолино в черте города Кургана, который расположен в среднем течении реки Тобол (расстояние от истока 887 км, а от устья – 704 км). Карта схема расположения гидропоста п. Смолино показана на рисунке 1. Статистические данные о среднегодовых концентрациях загрязняющих веществ воды в реке Тобол с 2006 по 2021 гг. получены в Курганском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Программой мониторинга поверхностных вод реки Тобол предусмотрен анализ проб воды по 21 показателю, для корреляционного анализа нами отобрано 18 (некоторые загрязнители были исключены в силу ничтожных значений или отсутствием данных в некоторые годы изучаемого периода). Основными загрязняющими веществами поверхностных вод реки Тобол являются марганец, медь, нефтепродукты, сульфаты, фенолы и др. [9]. В таблице 1 приведен фрагмент данных гидрохимического анализа воды реки Тобол в створе п.Смолино (черта города Кургана) за 16 лет.

Рис.1. Карта схема расположения гидропоста п. Смолино на реке Тобол (в пределах Курганской области)

Таблица 1

Результаты гидрохимического анализа (фрагмент) проб воды реки Тобол (створ п. Смолино)

	Взвешенные вещества, мг/л	Сульфаты, мг/л	Фенолы, мг/л	Магний, мг/л	Азот аммония, мг/л	Азот нитритов, мг/л	Азот нитратов, мг/л	Железо общее, мг/л	Марганец, мг/л	Нефтепродукты, мг/л	Цинк, мг/л
2010	8,1	132	0,0009	37	0,421	0,025	0,04	0,07	0,281	0,07	0,014
2011	8,3	143	0,0008	39	0,488	0,056	0,039	0,06	0,384	0,12	0,011
2012	8,8	125	0,0009	36	0,494	0,013	0,051	0,06	0,409	0,04	0,014
2013	9,3	177	0,0022	37	0,508	0,018	0,045	0,18	0,214	0,05	0,009
2014	9,8	156	0,0005	40	0,541	0,021	0,087	0,08	0,199	0,07	0,019
2015	9,9	252	0,0057	48	0,567	0,023	1,214	0,07	0,262	0,06	0,021
2016	10,1	231	0,0023	68	0,539	0,029	0,354	0,11	0,351	0,06	0,013
2017	9,6	171	0,0003	80	0,446	0,005	0,063	0,16	0,291	0,08	0,021
2018	7,8	153	0,0004	64	0,551	0,007	0,022	0,08	0,512	0,195	0,18
2019	8,1	172	0,0006	64	0,412	0,014	0,023	0,11	0,249	0,17	0,13
2020	8,2	194	0,0007	52	0,471	0,011	0,008	0,101	0,173	0,13	0,122
2021	8,8	223	0,0021	65	0,608	0,024	0,242	0,07	0,298	0,155	0,056

В ходе работы был применен корреляционный анализ, суть которого изложена в работах [10; 11; 12]. Статистическая обработка данных осуществлялась в программе MicrosoftExcel.

Результаты исследования и их обсуждения

Официальные сведения о качестве воды реки Тобол содержатся в ежегодном докладе о состоянии и охране окружающей среды Курганской области. По результатам измерений на всем протяжении реки Тобол в пределах Курганской области, качество вод в контролируемых створах соответствует 4 классу качества воды разряду «Б» и характеризуется как «грязная» [13].

Из 18 факторов составлена полная корреляционная матрица монарных (ранговых) и бинарных связей и получено 324 биотехнических закономерностей, адекватность которых показана значениями коэффициента корреляции (таблица 2). Обычно мерой корреляции (или силы связи) между случайными величинами служит коэффициент корреляции. При этом коэффициент корреляции лежит в пределах от –1 до 1. Чем ближе полученный коэффициент корреляции к –1 или 1, тем сильнее связь между исследуемыми величинами. При оценке силы связи коэффициентов корреляции используется шкала Чеддока: очень слабая связь – значения от 0 до 0,3, слабая – от 0,3 до 0,5, средняя – от 0,5 до 0,7, сильная (высокая) - от 0,7 до 0,9, и очень сильная (очень высокая) – от 0,9 до 1 [14].

Таблица 2

Корреляционная матрица полного факторного анализа (фрагмент)

	Зависимые факторы												
Независимые факторы	Взвешенные вещества	Сульфаты	Фенолы	Магний	Азот аммония	Азот нитритов	Азот нитратов	Железо общее	Марганец	Нефтепродукты	Цинк	Медь	Сумма
Взвешенные вещества	1	0,53	0,52	0,11	0,39	0,03	0,54	0,31	0,3	0,69	0,65	0,41	8,59
Сульфаты	0,53	1	0,76	0,42	0,54	0,81	0,74	0,13	0,29	0,01	0,02	0,24	8,57
Фенолы	0,52	0,76	1	0,1	0,51	0,92	0,94	0,08	0,16	0,34	0,32	0,14	7,91
Магний	0,11	0,42	0,19	1	0,06	0,39	0,2	0,33	0,16	0,45	0,4	0,41	6,51
Азот аммония	0,39	0,54	0,71	0,06	1	0,53	0,74	0,27	0,21	0,04	0,04	0,24	7,07
Азот нитритов	0,03	0,84	0,94	0,39	0,13	1	0,79	0,4	0,1	0,11	0,47	0,32	7,22
Азот нитратов	0,54	0,74	0,94	0,03	0,48	0,72	1	0,21	0,1	0,28	0,25	0,22	7,51
Железо общее	0,31	0,13	0,08	0,33	0,27	0,4	0,21	1	0,37	0,18	0,07	0,1	5,2
Марганец	0,3	0,29	0,17	0,16	0,21	0,1	0,09	0,37	1	0,28	0,22	0,04	5,68
Нефте-продукты	0,7	0,09	0,34	0,45	0,04	0,1	0,28	0,18	0,28	1	0,86	0,75	7,36
Цинк	0,71	0,02	0,32	0,4	0,05	0,47	0,25	0,07	0,22	0,86	1	0,77	7,52
Медь	0,41	0,24	0,14	0,4	0,24	0,32	0,22	0,1	0,04	0,75	0,77	1	6,76
Сумма	8,44	8,62	7,86	5,75	5,83	7,5	8	5,17	5,54	7,59	7,45	6,75	

Для выявления наиболее сильных факторных связей, которые возникают при взаимодействии гидрохимических показателей, по связности значений получили суммы коэффициентов корреляции и рейтинговые места каждого фактора по убыванию. Коэффициент функциональной связности (в более широком биотехническом смысле - коррелятивной вариации) вычисляется по формуле:

$$K_{kv} = \sum R_v / N^2;$$

где K_{kv} – коэффициент коррелятивной вариации изучаемых факторов,

$\sum R_v$ – общая сумма коэффициентов корреляции зависимых и независимых факторов,

N – количество факторов в корреляционной матрице.

Коэффициент коррелятивной вариации в нашем исследовании соответственно равен 254,1 / 324 = 0,78.

Среди взаимосвязанных признаков могут быть независимые (факторные) и зависимые (результативные) признаки. Независимые признаки могут рассматриваться как определяющие факторы, влияющие на изменение других, а зависимые - как следствие, результат влияния первых [14]. Рейтинг изучаемых загрязняющих веществ по независимым и зависимым показателям представлен в таблице 3. Рейтинги таких загрязняющих веществ как фенолы, нефтепродукты, азот нитритов, марганец и железо общее одинаковы. Но большинство загрязнителей по занимаемым рейтинговым местам асинхронны. Среди независимых факторов лидерами являются взвешенные вещества, сульфаты и химическое потребление кислорода, среди зависимых признаков – сульфаты, взвешенные вещества и азот нитратов.

Таблица 3

Рейтинг влияющих и зависимых факторов

	Цветность	Мутность	pH	Жесткость общ.	Минерализация	ХПК	Взвешенные	Сульфаты	Фенолы	Магний	Азот аммония	Азот нитритов	Азот нитратов	Железо общее	Марганец	Нефтепродукты	Цинк	Медь
Влияющие факторы	16	15	11	12	10	3	1	2	4	14	9	8	6	18	17	7	5	13
Зависимые факторы	14	12	6	9	11	5	2	1	4	16	15	8	3	18	17	7	10	13

Анализ корреляционной матрицы показал, что наибольшее распространение имеют слабые и средние факторные связи, а на сильные и очень сильные корреляционные связи (более 0,7) приходится только около 15

%. Таким образом, по количеству оставшихся сильных связей можно судить о широте факторных связей того или иного загрязняющего вещества. То есть чем больше остается в таблице показателей с сильной и очень сильной корреляцией, тем более загрязнитель имеет эколого-химическую активность. При этом по количеству бинарных связей получился следующий рейтинг по силе взаимодействия:

- по количеству влияний на другие факторы: сульфаты – 6, фенолы, азот аммония, азот нитратов и нефтепродукты – по 4.

- по количеству зависимых факторов: сульфаты, азот нитратов и нефтепродукты – по 5, мутность и фенолы – по 4.

Влияние фенолов на содержание азот нитратов, а также азот нитритов и азот нитратов на фенолы имеют сильнейшую зависимость с коэффициентом корреляции 0,94.

Все эколого-химические реакции, происходящие с различными видами загрязнения в речной воде, дают по показателю концентрации одну и ту же математическую закономерность:

$$y = a_1 x^{a_2} exp(-a_3 x^{a_4}),$$

где y – зависимый фактор; x – независимый фактор; $a_1 ... a_4$ – параметры биотехнической закономерности [7].

Например, на содержание азот нитратов в р. Тобол фенолы оказывают влияние по закону экспоненциального роста, то есть он показывает резкое увеличение концентрации азот нитратов при увеличении концентрации фенолов со значения 0,004. Также модель показывает, что минимальное значение азота нитратов в реке составляет 0,023 мг/л (рисунок 2).

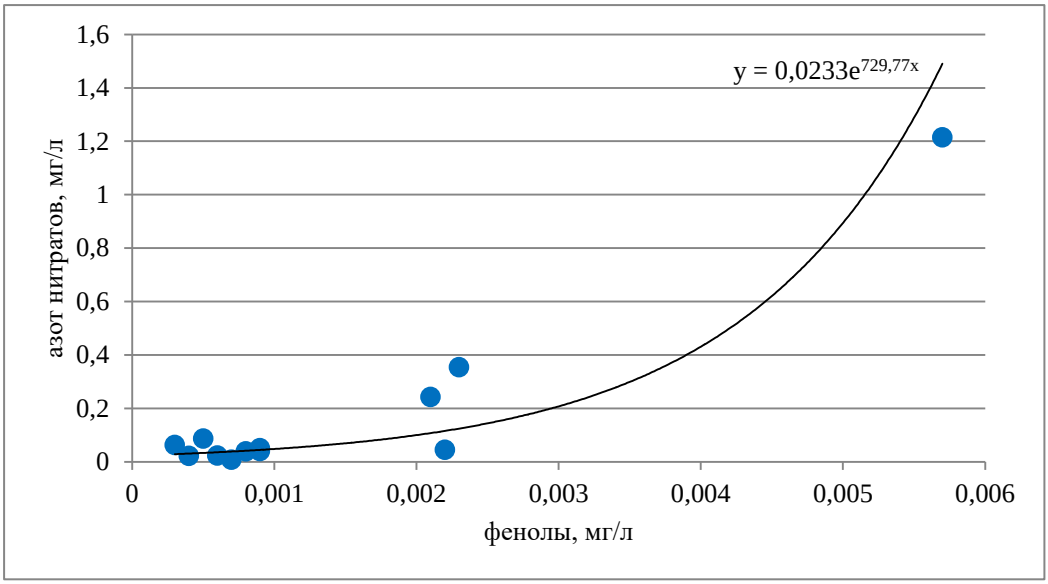

Рис.2. Влияние содержания фенолов на содержание азот нитратов в воде р. Тобол

Изучение гидрохимического анализа воды р. Тобол с помощью корреляционного анализа позволил установить связи между наблюдаемыми переменными. Причем некоторые корреляционные связи являются ожидаемыми и, хорошо объяснимыми. Например, связь между содержанием сульфатов в речной воде и показателем минерализации (корреляция 0,71), или наличие взвешенных веществ в поверхностной воде и показателем мутности воды (корреляция 0,8). Кроме того, установлена связь между содержанием в воде р. Тобол железа и марганца и значением жесткости. Чаще всего жесткость воды связывают с катионами кальция и в меньшей степени магния, но в действительности все двухвалентные катионы в той или иной степени влияют на жесткость. Хотя на практике железо и марганец не сильно оказывают влияние на жесткость, если только не содержатся в воде в значительных количествах. Но по данным доклада о состоянии и об охране окружающей среды Курганской области ежегодно отмечаются превышения предельно допустимых концентраций в воде реки Тобол в створе п. Смолино по марганцу (в 29 раз в 2021 г.) и по железу.

С другой стороны, были выявлены корреляционные связи между содержанием нефтепродуктов и содержанием таких микроэлементов как медь (корреляция 0,75) и цинк (корреляция 0,86). Возможно, это связано с одним фактором поступления данных загрязняющих веществ в воду р. Тобол, но для объяснения таких результатов необходимы дополнительные исследования.

Заключение

В ходе исследования были проанализированы статистические данные среднегодового содержания основных загрязняющих веществ воды реки Тобол (в створе п. Смолино) с 2006 по 2021 гг. Из 18 показателей загрязнения составлена полная корреляционная матрица монарных (ранговых) и бинарных связей и получено 324 биотехнических закономерностей. Среди независимых факторов наибольшее количество корреляционных связей имеют взвешенные вещества, сульфаты и химическое потребление кислорода, среди зависимых факторов – сульфаты, взвешенные вещества и азот нитратов. При этом наибольшее количество влияний на другие факторы имеют сульфаты, фенолы, азот аммония, азот нитратов и нефтепродукты, а по количеству зависимых факторов лидеры - сульфаты, азот нитратов и нефтепродукты. Самые высокие значения коэффициента корреляции 0,94 (очень сильная связь) характерны для связей влияния фенолов на содержание азот нитратов, а также азот нитритов и азот нитратов на фенолы.

Таким образом, изучение гидрохимического состава воды реки Тобол методом корреляционного анализа позволяет выявить взаимное влияние факторов в виде показателей загрязнения воды. В дальнейшем при увеличении количества проб воды или рассмотрении других створов на реке Тобол корреляционный анализ позволит проводить мониторинг качества поверхностных вод Курганской области.

Список источников

1. Руководящий документ РД 52.24.643-2002 «Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» [Электронный ресурс]. URL: https://base.garant.ru/70467388/ (дата обращения 25.01.2023).

2. Артеменко С.В., Петухова Г.А. Особенности экологического состояния малых и больших рек бассейна Иртыша на территории Тюменской области // Вестник Тюменского государственного университета. – 2015. – № 3. С. 54-59. [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_25948755_27084786.pdf (дата обращения 11.01.2023).

3. Бегдай И.В., Бондарь Е.В., Перекопская Н.Е. Исследование загрязнения родников города Ставрополя методом факторного анализа // Наука. Инновации. Технологии. – 2016. – № 2. С. 77-88. [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26289062_55569589.pdf (дата обращения 12.01.2023).

4. Евдокимова О.Ю. Факторный анализ динамики гидрохимических показателей // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11. С. 277-282. [Электронный ресурс]. URL: https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=30520 (дата обращения 09.01.2023).

5. Сучкова К.В. Моделирование генетических составляющих речного стока на водосборе Можайского водохранилища: специальность 25.00.27 «Гидрология суши, водные ресурсы, хидрохимия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук / Сучкова Ксения Викторовна ; Институт водных проблем Российской академии наук. – Москва, 2021. – 157 с.

6. Мазуркин П.М., Тарасова Е.И. Факторный анализ загрязнения родников // Успехи современного естествознания. – 2013. - №2. – С. 65-72. [Электронный ресурс]. URL: https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=31366 (дата обращения 10.01.2023).

7.Несговорова Н.П., Савельев В.Г. Комплексный анализ качества воды реки Тобол и Курганского водохранилища // Успехи современного естествознания. – 2023. - №2. – С. 47-57. [Электронный ресурс]. URL: https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37998 (дата обращения 04.03.2023).

8. Хорошавин В.Ю., Ефименко М.Г. Исследование естественных процессов формирования химического состава поверхностных вод с целью оценки критических антропогенных нагрузок и устойчивости водных экосистем таежной зоны Западной Сибири // Вестник Тюменского государственного университета. – 2014. – № 12. С. 33-44.

9. Мурсынина Е.В., Лямина Л.В. Основные загрязняющие вещества воды реки Тобол в пределах Курганской области // Зыряновские чтения : материалы Всероссийской научной конференции «XIX Зыряновские чтения» (Курган, 2–3 декабря 2021 г.). – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2021 г. С.187-188.

10. Наследов А.IBM SPSS Statistics 20 и AMOS: профессиональный статистический анализ данных. – СПб.: Питер, 2013. – 416 с.

11. Никифоренко Ю. Ю. Статистические методы в экологии и природопользовании : учеб. пособие / Ю. Ю. Никифоренко ; под. общ. ред. И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 88 с.

12. Славутский Л.А. Основы регистрации данных и планирования эксперимента: учеб. Пособие / Л.А. Слвутский. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. Ун-та. – 2010. – 164 с.

13. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Курганской области в 2021 году. – Курган, 2022. – 194 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.priroda.kurganobl.ru/assets/files/DPR/OOOS/Gosdoklad%202022.pdf (дата обращения 15.12.2022).

14. Баврина А.П., Борисов И.Б. Современные правила применения корреляционного анализа // Помощь исследователю. – 2021. - №3(68). С. 71

[Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-pravila-primeneniya-korrelyatsionnogo-analiza/viewer (дата обращения 21.03.2023).

Referents

1. Guidance document RD 52.24.643-2002 "Guidelines. The method of complex assessment of the degree of contamination of surface waters by hydrochemical indicators" [Electronic resource]. URL: https://base.garant.ru/70467388 / (accessed 25 January 2023) (in Russian).

2.Artemenko S.V., Petukhova G.A. (2015Features of the ecological state of small and large rivers of the Irtysh basin in the Tyumen region // Bulletin of the Tyumen State University. - 2015. – No. 3. pp. 54-59. [Electronic resource]. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_25948755_27084786.pdf (accessed 11 January 2023) (in Russian).

3. Begday I.V., Bondar E.V., Perekopskaya N.E. Research of pollution of springs of the city of Stavropol by factor analysis//Science. Innovation. Technologies. – 2016. – № 2. P. 77-88. [Electronic resource]. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26289062_55569589.pdf (accessed 12 January 2023) (in Russian).

4.Evdokimova O.Yu. Factor analysis of dynamics of hydrochemical indicators // Basic research. – 2012. – № 11. P. 277-282. [Electronic resource]. URL: https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=30520 (accessed 09 January 2023) (in Russian).

5. Suchkova K.V. Modeling of the genetic components of river flow at the catchment of the Mozhaisk reservoir: specialty 25.00.27 "Land hydrology, water resources, chidrochemistry": dissertation for the degree of candidate of geographical sciences/Suchkova Ksenia Viktorovna; Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences. - Moscow, 2021. - 157 p. (in Russian).

6. Mazurkin PM, Tarasova E.I. Factor analysis of spring pollution // Successes of modern natural science. – 2013. - №2. - P. 65-72. [Electronic resource]. URL:

https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=31366 (accessed 10 January 2023) (in Russian).

7. Nesgovorova N.P., Saveliev V.G. Comprehensive analysis of the water quality of the Tobol River and the Kurgan Reservoir // Successes of Modern Natural Science. - 2023. - No. 2. – P. 47-57. [Electronic resource]. URL: https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37998 (accessed 04 March 2023) (in Russian).

8. Khoroshavin V.Yu., Efimenko M.G. Study of natural processes of formation of chemical composition of surface waters in order to assess critical anthropogenic loads and stability of aquatic ecosystems of the taiga zone of Western Siberia//Bulletin of Tyumen State University. – 2014. – № 12. P. 33-44 (in Russian).

9. Mursynina E.V., Lyamina L.V. The main pollutants of the water of the Tobol River within the Kurgan region // Zyryanov readings: materials of the All-Russian scientific conference "XIX Zyryanov readings" (Kurgan, December 2–3, 2021). - Kurgan: Publishing House of the Kurgan State. un-ta, 2021, p.187-188. (in Russian).

10. Nasledov A.IBM SPSS Statistics 20 and AMOS: Professional Statistical Data Analysis. - St. Petersburg: Peter, 2013. - 416 p. (in Russian).

11. Nikiforenko Yu. Yu. Statistical methods in ecology and environmental management: textbook/Yu. Yu. Nikiforenko; under. Society. Ed. I.S. Belyuchenko. - Krasnodar: KubGAU, 2019. - 88 p. (in Russian).

12. Slavutsky L.A. Basics of Data Recording and Experiment Planning: Tutorials Manual/L.A. Slvutsky. - Cheboksary: Publishing House Chuvash. Un-ta. – 2010. - 164 p. (in Russian).

13. Report on the state and environmental protection of the Kurgan region in 2021. - Kurgan, 2022. – 194 c. [Electronic resource]. URL: http://www.priroda.kurganobl.ru/assets/files/DPR/OOOS/Gosdoklad%202022.pdf (accessed 15 December 2022). (in Russian).

14. Bavrina A.P., Borisov I.B. Modern rules for the use of correlation analysis // Help for the researcher. - 2021. - No. 3 (68). P. 71-73. [Electronic resource]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-pravila-primeneniya-korrelyatsionnogo-analiza/viewer (accessed 03 March 2023) (in Russian).

Для цитирования: Мурсынина Е.В Корреляционный анализ гидрохимических показателей воды реки Тобол // Московский экономический журнал. 2023. № 4. URL: https://qje.su/rekreacia-i-turizm/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-4-2023-49/

© Мурсынина Е.В., 2023. Московский экономический журнал, 2023, № 4.