

УДК 556.3: 519.876

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РОДНИКОВ

Мазуркин П.М., Тарасова Е.И.

*Поволжский государственный технологический университет,
Йошкар-Ола, e-mail: kaf_po@mail.ru*

Получены закономерности взаимного влияния концентрации по 22 видам загрязнения семи родников, отобранных для исследования моделированием взаимосвязей между факторами. Дана полная корреляционная матрица монарных (на основе рангового или рейтингового распределения) и бинарных (между парами взаимно влияющих факторов) связей. Коэффициент функциональной связности равен сумме коэффициентов корреляции, разделенной на произведение числа строк на количество столбцов. Этот статистический показатель для всей сети родников применим при сопоставлении разных территорий. Первое место как влияющий параметр занимает общее микробное число, а как зависимый показатель – цветность. Анализ всех 484 моделей показал, что высокой предсказательной силой обладают слабые и средние факторные связи. Они же зачастую приводят к научно-техническим решениям мировой новизны на уровне изобретений.

Ключевые слова: родники, загрязнители, факторный анализ, рейтинг факторов, бинарные отношения, закономерности

FACTOR ANALYSIS OF POLLUTION SPRINGS

Mazurkin P.M., Tarasova E.I.

Volga State University of Technology, Yoshcar-Ola, e-mail: kaf_po@mail.ru

We received a pattern of mutual influence of the concentration to 22 types of pollution seven springs, which was selected to study the relationships between modeling. The full correlation matrix monary (on the basis of rangovy or rating distribution) and binary (between couples of mutually influencing factors) communications is given. The coefficient of functional connectivity is equal to the sum of coefficients of the correlation divided into work of number of lines on quantity of columns. These statistics for all network of springs are applicable by comparison of different territories. The first place as the influencing parameter occupies the total microbic number, and as a dependent indicator – chromaticity. The analysis of all 484 models showed that high predictive force weak and average factorial communications possess. They often lead to scientific and technical solutions of world novelty at the level of inventions.

Keywords: springs, pollutants, factorial analysis, rating of factors, binary relations, regularities

Факторный анализ определяют как совокупность методов многомерного статистического анализа, применяемых для изучения взаимосвязей между значениями изучаемых параметров как показателей системы и одновременно как объясняющих переменных [2–4].

Предназначение экологического паспорта [5] – оценить и регламентировать объем вовлечения в хозяйственный оборот природных ресурсов, их первоначальное состояние и уровень воздействия предприятия на качество природных ресурсов и состояние окружающей природной среды. Все паспорта выбранных нами для моделирования факторных связей между видами загрязнения родников были взяты из [5].

Факторный анализ – это выявление устойчивых закономерностей изменений значений каждого из множества учитываемых параметров изучаемой системы, а также математических связей между всеми факторами.

Предлагаемый нами метод анализа позволяет не только устанавливать причинно-следственные связи, но и давать им количественную характеристику, т. е. обеспечивать измерение влияния факторов (влияющие параметры системы) на результаты (зависимые параметры системы). Это

делает факторный анализ точным методом, а выводы – обоснованными, в особенности на основе осмысления апостериорной информации, появляющейся дополнительно к имеющейся до проведения моделирования априорной информации.

Нами принимается допущение, что факторы исследователем выделены и соответствующая табличная модель составлена. Тогда факторный анализ смещается в сторону выявления функциональных математических связей между уже выделенными факторами.

Биотехнические закономерности, в особенности с волновыми составляющими колебательного возмущения в процессе поведения изучаемой системы, как правило, получают критерий тесноты связи по высоким значениям из данных [2, 3]. Поэтому рекомендуется разделить уровни коэффициента корреляции на отдельные подуровни. Однозначную закономерность с коэффициентом корреляции 1,0000 может получить выборка с малым количеством наблюдений.

В табл. 1 приведена концентрация загрязнения по 23 видам загрязнения семи родников, отобранных для исследования моделированием взаимосвязей между факторами.

Таблица 1

Исходные данные для факторного анализа показателей загрязнения родников

Родник	Мутность	Цветность	Водородный показатель	Жесткость	Окисляемость перманганатная	Хлориды	Сульфаты	Железо общее	Аммоний	Нитраты	Нитриты	Сухой остаток	Нефтепродукты
Красная гора	0,6	3	6,07	0,35	0,6	1,5	10	0,05	0,05	5,94	0,008	826	0
Соколиный	14	0	6,72	1,6	3,2	14,5	22	0,03	0,1	31,17	0,003	34	0
Тюриково	0	8	7,62	8,9	3	5	15	0,04	0,1	37,97	0,139	996	0,02
Чичулин	1,3	5	6,16	1,6	3	7	0,06	0,1	20,29	0,011	985	0	0,001
Мельцево	0	0	7,64	6,4	1,4	3	9	0,08	0,05	2,82	0,004	650	0,02
Обнорский	0	3	7,32	1,2	44,08	49,85	6,3	1	8,4	22	22	11,5	0,03
Варваринское	0,2	1	8,03	4,5	53,11	23,71	4,6	0,42	9,5	8,8	3	21	0,03

Окончание табл. 1

Родник	Фенолы	Мышьяк	Свинец	Медь	Цинк	ХПК	БПК5	Марганец	СПАВ	Общее микробное число
Красная гора	-	0,005	0,036	0,003	0,004	10,4	2,1	0,008	0,015	105
Соколиный	0,001	0,005	0,03	0,004	0,005	13,6	1,9	0,008	0,045	26
Тюриково	0,001	0,005	0,018	0,003	0,005	19,2	1,8	0,474	0,04	197
Чичулин	0,001	0,024	0,002	0,004	4,8	0,6	0,015	0,015	85	1,6
Мельцево	0,005	0,005	0,026	0,003	0,011	8	1	0,008	0,035	7,64
Обнорский	0,001	31,17	0,003	34	0	0,001	0,005	0,03	0,004	0,005
Варваринское	0,1	0,005	2,34	286	0	8,4	0,5	0,008	0,06	70

В начале данные по концентрации (мг/л), по баллам и численности микробов рассматривается на полноту. Если вид загрязнения имеет мало количественных значений, то такой ингредиент исключается. В исходных данных [5] все отобранные виды гидрохимического и иного загрязнения имеют максимальную полноту.

Выбор факторов происходит по условиям:

1) отбираем те факторы, у которых изменяются значения;

2) отбираем те факторы, у которых мало отсутствуют значения.

Убираем фенолы, т.к. у показателя почти одинаковые значения.

Ранговое распределение, по увеличению любого показателя, делает экологическое состояние воды родника хуже. Поэтому ранги расставляем по возрастанию любого показателя.

В табл. 2 приведена **полная корреляционная матрица** монарных (на основе рангового или рейтингового распределения) и бинарных (между парами взаимно влияющих факторов) связей между 22 факторами. В ней, кроме значений коэффициента корреляции монарных (по ранговым распределением значений каждого фактора) и би-

нарных (влияние факторов друг на друга), приведены суммы коэффициентов корреляции и рейтинговое место каждого фактора по убыванию этой суммы.

Один и тот же фактор оценивается дважды: вначале как влияющая (по оси абсцисс) переменная, а затем как зависимый показатель (по оси ординат). В двух последних столбцах приведен рейтинг по влияющим переменным, а по двум последним строкам – как показателей.

Коэффициент **функциональной связности** будет равен общей сумме коэффициентов корреляции 174,274, разделенной на произведение число строк на количество столбцов корреляционной матрицы. Тогда получим $174,274/(22 \cdot 22) = 174,274/484 = 0,3601$.

Этот статистический показатель для всей сети родников применим при сопоставлении разных территорий по множествам родников. В нашем примере этот критерий косвенно дает экологическую оценку всего множества отобранных для сравнения семи родников.

По влияющим параметрам и зависимым показателям рейтинг загрязняющих веществ определен следующей последовательностью (табл. 3) мест.

Таблица 2

Корреляционная матрица и рейтинг гидрохимических показателей

Влияющие факторы x	Зависимые факторы (показатели) y							
	Цветность	Мутность	pH	Сухой остаток	Жесткость	Окисляемость	БПК-полное	АСПАВ
Цветность	0,9992	0,615	0,125	0,508	0,468	0,433	0,029	0,371
Мутность	0,639	0,9991	0,157	0,423	0,118	0,281	0,405	0,295
pH	0,124	0,211	0,9994	0,039	0,695	0,237	0,190	0,588
Сухой остаток	0,671	0,340	0	0,9540	0	0,028	0	0,004
Жесткость общ.	0,439	0,275	0,7101	0,653	0,9691	0,205	0,189	0,500
Окисляемость	0,378	0,7800	0,259	0,016	0,182	0,9914	0,192	0,076
БПК-полное	0,027	0,399	0,191	0,623	0,197	0,186	0,9737	0,254
АСПАВ	0,266	0,235	0,595	0,003	0,481	0,062	0,239	0,9686
Нефтепродукты	0,014	0,665	0,8837	0,684	0,406	0,449	0,434	0,205
Аммоний солевой	0,209	0,284	0,547	0,667	0,112	0,608	0,599	0,114
Нитрит-ион	0,012	0	0,214	0,500	0,289	0,503	0,615	0,459
Нитрат-ион.	0,405	0,364	0,267	0,175	0,048	0,528	0,443	0,231
Сульфат-ион.	0,135	0,9914	0,028	0,219	0,142	0,499	0,7146	0,368
Хлорид-ион.	0,084	0,0262	0,019	0,604	0,377	0,149	0,119	0,366
Железо	0,092	0,9914	0,328	0,574	0,249	0,552	0,8868	0,315
Марганец	0,7853	0,347	0,310	0	0,7364	0,429	0,349	0,182
Медь	0,180	0,500	0,594	0,003	0,304	0,580	0,046	0,685
Цинк.	0,132	0,231	0,040	0,449	0,426	0,257	0,311	0,101
Мышьяк	0,325	0,085	0,527	0,361	0,265	0,431	0,505	0,345
Свинец	0,292	0,168	0,542	0,322	0,149	0,503	0,249	0,650
ХПК	0,442	0,231	0,218	0,647	0,637	0,372	0,7576	0,539
Общее микробное число	0	0,184	0	0	0	0	0	0,288
Сумма ΣR показателей	6,6505	8,7381	7,5542	7,47	7,2505	8,2834	8,2467	7,6166
Рейтинговое место I_y	1	13	4	3	2	10	9	5

Продолжение табл. 2

Влияющие факторы x	Нефте-продукты	Аммоний солевой	Нитрит-ион.	Нитрат-ион	Сульфат-ион	Хлорид-ион.	Железо	Мышьяк
Цветность	0,016	0,169	0,008	0,426	0,188	0,080	0,393	0,281
Мутность	0,8556	0,405	0,451	0,454	0,739	0,368	0,444	0,077
pH	0,566	0,566	0,169	0,228	0,025	0,016	0,300	0,500
Сухой остаток	0,075	0,546	0,430	0,193	0,302	0	0,504	0,816
Жесткость общ.	0,432	0,566	0,283	0,385	0,181	0,398	0,240	0,256
Окисляемость	0,452	0,644	0,304	0,481	0,423	0,172	0,442	0,427
БПК-полное	0,412	0,542	0,623	0,420	0,7732	0,394	0,677	0,553
АСПАВ	0,03	0,609	0,9887	0,214	0,317	0,478	0,8715	0,326
Нефтепродукты	0,9635	0,9943	0,7403	0,134	0,256	0,196	0,8744	0,429
Аммоний солевой	0,7636	0,9872	0,616	0,021	0,393	0,338	0,393	0,255
Нитрит-ион	0,546	0,633	0,9929	0,174	0,148	0,806	0,9407	0,200
Нитрат-ион	0,126	0,017	0,124	0,9697	0,737	0,389	0,048	0,126
Сульфат-ион	0,215	0,323	0,191	0,7095	0,9619	0,190	0,309	0,8925
Хлорид-ион	0,209	0,464	0,9868	0,412	0,151	0,9746	0,151	0,051
Железо	0,631	0,729	0,9976	0,070	0,8439	0,552	0,9732	0,173
Марганец	0,193	0,215	0,122	0,669	0,322	0,132	0,192	0,159
Медь	0,509	0,654	0,405	0,211	0,221	0,7909	0,061	0,381
Цинк	0,612	0,9973	0,7427	0,128	0,254	0,417	0,8793	0,015
Мышьяк	0,429	0,255	0,193	0,459	0,583	0,059	0,179	0,9999
Свинец	0,178	0,698	0,042	0,198	0,292	0,542	0,208	0,174
ХПК	0,136	0,387	0,9887	0,7474	0,7269	0,485	0,6574	0,569
Общее микробное число	0,005	0	0	0	0,341	0,539	0,8705	0,393
Сумма показателей	8,3497	11,4008	10,3987	7,7036	8,8379	7,7775	9,7375	7,6604
Рейтинговое место	11	18	17	7	14	8	15	6

Окончание табл. 2

Влияющие факторы x	Свинец	ХПК	Марганец	Медь	Цинк	Общее микробное число	Сумма коэфф. корреляции	Рейтинговое место
Цветность	0,253	0,286	0,371	0,198	0,223	0,7563	6,2172	1
Мутность	0,195	0,295	0,491	0,330	0,095	0,264	8,4217	13
pH	0,9974	0,215	0,766	0,523	0,036	0,197	7,9548	9
Сухой остаток	0,331	0,678	0,482	1,484	1,124	0,893	6,884	3
Жесткость общ	0,106	0,630	0,9961	0,377	0,394	0,7192	8,7903	17
Окисляемость	0,9991	0,322	0,406	0,349	0,284	0,076	8,2955	11
БПК-полное	0,199	0,7933	0,309	0,058	0,341	0,595	8,6042	16
АСПАВ	0,9950	0,516	0,138	0,633	0,076	0,276	8,9658	19
Нефтепродукты	0,431	0,117	0,151	0,494	0,264	0,048	9,5212	15
Аммоний солевой	0,431	0,423	0,231	0,525	0,7688	0,202	8,5168	14
Нитрит-ион	0,029	0,553	0,171	0,199	0,770	0,326	7,9846	10
Нитрат-ион	0,156	0,676	0,9655	0,217	0,881	0,7041	7,0122	4
Сульфат-ион	0,253	0,690	0,7146	0,254	0,273	0,273	8,8005	18
Хлорид-ион	0,318	0,356	0,233	0,379	0,368	0,441	6,4296	2
Железо	0,136	0,7384	0,396	0,047	0,698	0,355	10,2753	21
Марганец	0,366	0,669	0,9991	0,019	0,081	0,8359	7,1958	6
Медь	0,9999	0,166	0,014	0,9999	0,221	0,243	8,3047	12
Цинк	0,639	0,262	0,058	0,259	0,9474	0,029	7,2103	7
Мышьяк	0,175	0,517	0,161	0,311	0,017	0,343	7,1649	5
Свинец	0,9999	0,003	0,186	0,9392	0,474	0,076	7,3351	8
ХПК	0,002	0,9489	0,481	0,204	0,279	0,8623	10,1769	20
Общее микробное число	0	0,7781	0,481	0,333	0	1	4,2126	0
Сумма показателей	9,0113	9,8546	8,7203	8,7991	7,7036	8,8379	174,274	-
Рейтинговое место	14	16	12	7	14	8	-	0,3601

Таблица 3

Место факторов по рейтингу

Наименование фактора	Рейтинговое место	
	по влиянию	как показателя
Цветность	1	1
Мутность	13	13
pH	9	4
Сухой остаток	3	3
Жесткость общ	17	2
Окисляемость	11	10
БПК-полное	16	9
АСПАВ	19	5
Нефтепродукты	15	11
Аммоний солевой	14	18
Нитрит-ион	10	17
Нитрат-ион	4	7
Сульфат-ион	18	14
Хлорид-ион	2	8
Железо	21	15
Марганец	6	12
Медь	12	7
Цинк	7	14
Мышьяк	5	6
Свинец	8	14
ХПК	20	16
Общее микр. число	0	8

Как видно из данных табл. 3, оба рейтинга частично не совпадают друг с другом. Например, цветность и мутность одинаковы по занимаемым рейтинговым местам.

Таких загрязнителей относительно мало. Большинство из них асинхронны, например, кислотность воды как переменный фактор занимает девятое место, а как показатель становится выше по рейтингу – четвертое место. Поэтому этот вид загрязнения учитывается во всех методиках биохимического анализа проб речной [2, 3] или иной [4] воды.

Первое место как влияющий параметр занимает общее микробное число, а как зависимый показатель – цветность. Последнее место как влияющая переменная занимает железо, а как зависимый показатель – аммоний солевой. Однако, в разных регионах, по-видимому, будут отличающиеся друг от друга рейтинги загрязнителей родниковой воды. Это зависит от минерализации природных вод и уровня загрязненности природным, точнее природно-техническим, и особенно антропогенным загрязнением подземных вод и самих родников.

Затем ранговые распределения можно не показывать, если они не учитываются

в принятии научно-технических решений (они учитываются для оценки добротности измеренных значений факторов). Поэтому в корреляционной матрице в клетки по диагонали ставится, как правило, в традиционном факторном анализе, цифра «единица».

Будем ставить по диагоналям пустые клетки, чтобы выделить только бинарные отношения между факторами.

В табл. 4 приведена *корреляционная матрица* бинарных связей между 22 факторами.

Таблица 4
Корреляционная матрица гидрохимических и иных показателей родниковой воды

Влияющие факторы <i>x</i>	Цветность	Мутность	pH	Сухой остаток	Жесткость общ	Окисляемость	БПК-полное	АСПАВ	Нефтепродукты	Аммоний солевой	Нитрит-ион
Цветность		0,615	0,125	0,508	0,468	0,433	0,029	0,371	0,016	0,169	0,008
Мутность	0,639		0,157	0,423	0,118	0,281	0,405	0,295	0,8556	0,405	0,451
pH	0,124	0,211		0,039	0,695	0,237	0,190	0,588	0,566	0,566	0,169
Сухой остаток	0,671	0,340	0		0	0,028	0	0,004	0,075	0,546	0,430
Жесткость общ	0,439	0,275	0,7101	0,653		0,205	0,189	0,500	0,432	0,566	0,283
Окисляемость	0,378	0,7800	0,259	0,016	0,182		0,192	0,076	0,452	0,644	0,304
БПК-полное	0,027	0,399	0,191	0,623	0,197	0,186		0,254	0,412	0,542	0,623
АСПАВ	0,266	0,235	0,595	0,003	0,481	0,062	0,239		0,03	0,609	0,9887
Нефтепродукты	0,014	0,665	0,8837	0,684	0,406	0,449	0,434	0,205		0,9943	0,7403
Аммоний солевой	0,209	0,284	0,547	0,667	0,112	0,608	0,599	0,114	0,7636		0,616
Нитрит-ион	0,012	0	0,214	0,500	0,289	0,503	0,615	0,459	0,546	0,633	
Нитрат-ион	0,405	0,364	0,267	0,175	0,048	0,528	0,443	0,231	0,126	0,017	0,124
Сульфат-ион	0,135	0,9914	0,028	0,219	0,142	0,499	0,7146	0,368	0,215	0,323	0,191
Хлорид-ион	0,084	0,0262	0,019	0,604	0,377	0,149	0,119	0,366	0,209	0,464	0,9868
Железо	0,092	0,9914	0,328	0,574	0,249	0,552	0,8868	0,315	0,631	0,729	0,9976
Марганец	0,7853	0,347	0,310	0	0,7364	0,429	0,349	0,182	0,193	0,215	0,122
Медь	0,180	0,500	0,594	0,003	0,304	0,580	0,046	0,685	0,509	0,654	0,405
Цинк	0,132	0,231	0,040	0,449	0,426	0,257	0,311	0,101	0,612	0,9973	0,7427
Мышьяк	0,325	0,085	0,527	0,361	0,265	0,431	0,505	0,345	0,429	0,255	0,193
Свинец	0,292	0,168	0,542	0,322	0,149	0,503	0,249	0,650	0,178	0,698	0,042
ХПК	0,442	0,231	0,218	0,647	0,637	0,372	0,7576	0,539	0,136	0,387	0,9887
Общее микр. число	0	0,184	0	0	0	0	0	0,288	0,005	0	0

Продолжение табл. 4

Влияющие факторы <i>x</i>	Нитрат-ион	Сульфат-ион	Хлорид-ион	Железо	Мышьяк	Свинец	ХПК	Марганец	Медь	Цинк	Общее микр. число
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Цветность	0,426	0,188	0,080	0,393	0,281	0,253	0,286	0,371	0,198	0,223	0,7563
Мутность	0,454	0,739	0,368	0,444	0,077	0,195	0,295	0,491	0,330	0,095	0,264
pH	0,228	0,025	0,016	0,300	0,500	0,9974	0,215	0,766	0,523	0,036	0,197
Сухой остаток	0,193	0,302	0	0,504	0,816	0,331	0,678	0,482	1,484	1,124	0,893
Жесткость	0,385	0,181	0,398	0,240	0,256	0,106	0,630	0,9961	0,377	0,394	0,7192
Окисляемость	0,481	0,423	0,172	0,442	0,427	0,9991	0,322	0,406	0,349	0,284	0,076
БПК-полное	0,420	0,7732	0,394	0,677	0,553	0,199	0,7933	0,309	0,058	0,341	0,595
АСПАВ	0,214	0,317	0,478	0,8715	0,326	0,9950	0,516	0,138	0,633	0,076	0,276
Нефтепродукты	0,134	0,256	0,196	0,8744	0,429	0,431	0,117	0,151	0,494	0,264	0,048
Аммоний сол.	0,021	0,393	0,338	0,393	0,255	0,431	0,423	0,231	0,525	0,7688	0,202
Нитрит-ион	0,174	0,148	0,806	0,9407	0,200	0,029	0,553	0,171	0,199	0,770	0,326
Нитрат-ион		0,737	0,389	0,048	0,126	0,156	0,676	0,9655	0,217	0,881	0,7041

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сульфат-ион	0,7095		0,190	0,309	0,8925	0,253	0,690	0,7146	0,254	0,273	0,273
Хлорид-ион	0,412	0,151		0,151	0,051	0,318	0,356	0,233	0,379	0,368	0,441
Железо	0,070	0,8439	0,552		0,173	0,136	0,7384	0,396	0,047	0,698	0,355
Марганец	0,669	0,322	0,132	0,192	0,159	0,366	0,669		0,019	0,081	0,8359
Медь	0,211	0,221	0,7909	0,061	0,381	0,9999	0,166	0,014		0,221	0,243
Цинк	0,128	0,254	0,417	0,8793	0,015	0,639	0,262	0,058	0,259		0,029
Мышьяк	0,459	0,583	0,059	0,179		0,175	0,517	0,161	0,311	0,017	0,343
Свинец	0,198	0,292	0,542	0,208	0,174		0,003	0,186	0,9392	0,474	0,076
ХПК	0,7474	0,7269	0,485	0,6574	0,569	0,002		0,481	0,204	0,279	0,8623
Общее микр.число	0	0,341	0,539	0,8705	0,393	0	0,7781	0,481	0,333	0	

Бинарным называется отношение не самим с собой, как это было в ранговом распределении, то есть в монарном отношении факторов, а между различными факторами. Пока математически не удастся выявить закономерности в отношениях между тремя и более учитываемыми факторами. Но можно выполнить последовательный многофакторный анализ, однако такую методику в данной брошюре не приводим.

Как показало сравнение с результатами анализа речной воды [2, 3], в наших примерах моделирования получилось уравнение только с одной составляющей вида

$$y = a_1 x^{a_2=0} \exp(-a_3 x^{a_4=1}). \quad (1)$$

Во всех $22 \cdot 22 = 484$ выявленных уравнениях второй параметр модели (1) равен 0, а четвертый параметр в большинстве случаев равен 1.

Тогда уравнение (1) упростится по конструкции и примет вид:

$$y = a_1 \exp(-a_3 x). \quad (2)$$

В итоге получилось формула $y = a \exp(\pm cx)$ – закон Лапласа (Ципфа в биологии, Парето в экономике, Мандельброта в физике) экспоненциального роста или гибели, относительно которого Лапласом был создан метод операторных исчислений.

Таким образом, закон Лапласа вполне относится к родниковой воде, но он не подходит для характеристики реакций в экологической химии между загрязнителями в сильно загрязненной речной или иной воде.

Анализ всех 484 моделей показал, что с научной точки зрения высокой предсказательной силой обладают слабые и средние факторные связи. К ним относятся те бинарные соотношения, которые имеют коэффициент корреляции в пределах $0,3 \leq r < 0,5$ по слабым и $0,5 \leq r < 7$ по средним факторным связям. Результаты анализа таких факторных связей, как правило, определяют направления дальнейших экспериментальных исследований. Они же зачастую приводят

к научно-техническим решениям мировой новизны на уровне изобретений.

Далее выберем факторные связи с коэффициентом корреляции не менее 0,9 (табл. 5), а из остальных клеток исключаем значения коэффициента корреляции менее 0,9.

Таким образом, по количеству оставшихся, после исключения не значимых для данного уровня адекватности моделей, можно судить о широте факторных связей того или иного загрязнителя. Чем больше остается в таблице с повышенным уровнем адекватности формул, тем более активен загрязнитель с позиций экологической химии.

Тогда, в ближайшем будущем, можно будет оценивать эколого-химическую активность того или иного загрязнителя количественно. Это позволило бы систематизировать в будущем регионы, и даже локальные территории, по влиянию загрязнителей на общую систему биохимических и бактериологических веществ.

Остались 14 сильнейших математических зависимостей. Наибольшее влияние с коэффициентом корреляции 0,9999 оказывает влияние медь на концентрацию свинца в родниковой воде.

При этом по количеству бинарных связей получается следующий рейтинг (табл. 6) из 14 формул по мощности отношений:

– по количеству влияний на другие факторы как показатели:

АСПАВ – 2; железо – 2; остальные 10 загрязнителей – по одному;

– по количеству зависимых факторов у показателей:

свинец – 4; нитрит-ион – 3; мутность, аммоний солевой, марганец – по 2; медь – 1.

Как пример рассмотрим сильнейшую зависимость с коэффициентом корреляции 0,9974 (рисунок). Кислотность влияет на свинец в родниках по экспоненциальному закону роста

$$Pb = 6,41299 \exp(7,32836 \text{ pH}). \quad (3)$$

Таблица 5

Корреляционная матрица при коэффициенте корреляции 0,9

Влияющие факторы x	Мутность	Аммоний солевой	Свинец	Марганец	Медь	Нитрит-ион
pH			0,9974			
Жесткость				0,9961		
Окисляемость			0,9991			
АСПАВ			0,9950			0,9887
Нефтепродукты		0,9943				
Нитрат-ион				0,9655		
Сульфат-ион	0,9914					
Железо	0,9914					0,9976
Медь			0,9999			
Цинк		0,9973				
Свинец					0,9392	
ХПК						0,9887

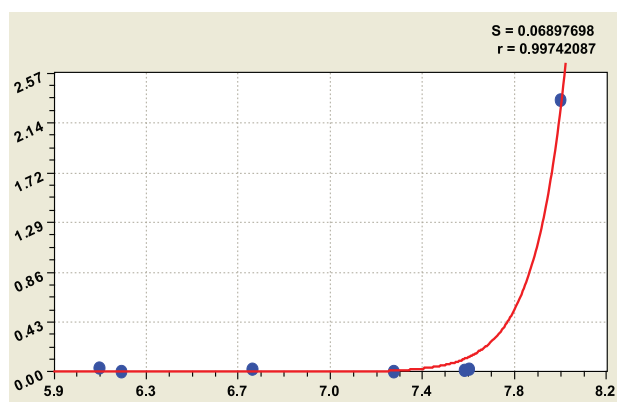


График влияния pH на свинец

Он показывает резкое увеличение концентрации свинца при увеличении концентрации водородного показателя со значения 7,4–7,6.

Модель (3) показывает, что минимальное значение свинца в родниках составляет 0,006413 мг/л. А при водородном показателе 8,0 свинец достигает концентрации 2,35 мг/л. Дальше, с увеличением водной кислотности, концентрация свинца резко возрастает. По-видимому, около Варваринского родника находится какой-то источник свинца.

Нужно подробно изучить свойства у 14 формул, чтобы обосновать принятие тех или иных экологических мер по уходу за родниками (результаты такого анализа не приводим, так как по Ярославской области мы не знаем эвристическую информацию). А при поиске принципиально новых науч-

но-технических решений, в особенности на уровне изобретений мирового уровня новизны (способы и устройства), нужно затратить много времени и проанализировать слабые и даже связи между факторами с коэффициентом корреляции менее 0,3.

Все 14 формул в матричной форме записаны в табл. 6.

По рейтингу адекватности первое место занимает закономерность Cu → Pb, на втором – окисляемость → Pb, а на третьем – pH → Pb.

Свинец относится к опасным химическим веществам, поэтому влияние на него трех загрязнителей в родниковой воде наиболее сильное. Поэтому, прежде всего, нужно следить за концентрацией меди, окисляемости и уровня водородного показателя в роднике.

Таблица 6

Параметры закономерностей сверхсильных бинарных связей факторов

Структура влияния	$y = a_1 x^{a_2=0} \exp(-a_3 x^{a_4=1})$				Коэффициент корреляции	Место
	a_1	a_2	a_3	a_4		
pH → Pb	6,41299	0	7,32837	1	0,9974	3
жесткость → Mn	5,94764	0	1,28557	1	0,9961	5
NO ₃ ⁻ → Mn	2,12931	0	2,01580	1	0,9655	10
окисляемость → Pb	2,70637	0	-1,67996	1	0,9991	2
Cu → Pb	2,33991	0	-1,47242	1	0,9999	1
СПАВ → Pb	1,91012	0	1,56598	1	0,9950	6
СПАВ → NO ₂ ⁻	6,46759	0	2,92375	1	0,9887	9
нефтепродукты → NH ₃	3,38885	0	2,62392	1	0,9943	7
SO ₄ ²⁻ → мутность	2,74281	0	3,92568	1	0,9914	8
Fe → мутность	6,25113	0	2,80328	1	0,9914	8
Zn → NH ₃	8,34991	0	-1,11845	1	0,9973	4
NO ₃ ⁻ → Mn	2,12931	0	2,01581	1	0,9655	10
Pb → Cu	3,57771	0	1,10081	1	0,9392	11
ХПК → NO ₂ ⁻	2,22809	0	-1,26890	1	0,9887	9

Список литературы

1. Дубовик О.Л. Экологическое право. – М.: ТК Велби. Изд-во Проспект, 2006. – 688 с.
2. Мазуркин П.М., Евдокимова О.Ю. Факторный анализ загрязнения речной воды. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. – 55 с.
3. Мазуркин П.М., Евдокимова О.Ю. Факторный анализ и динамика загрязнения речной воды. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2012. – 42 с.

4. Мазуркин П.М., Щербанова Е.А. Закономерности загрязнения природы. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 62 с.

5. Экологический паспорт родника // Живи родник: сетевой журн. – 2004. – URL: <http://www.edu.yar.ru/russian/projects/spring/keeper.html> (дата обращения: 19.09.2010).