

Е.Д. ПАЛАГИН

кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный архитектурно-строительный университет

П.Г. БЫКОВА

доцент кафедры водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный архитектурно-строительный университет

У.М. ПАХОМОВА

магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный архитектурно-строительный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ В ВАРЬИРОВАНИИ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД г.о. САМАРА

*BASIC TRENDS OF VARIATION OF THE QUALITATIVE
COMPOSITION OF SAMARA SURFACE WATER RUN-OFFS*

На основе обобщенных данных по качеству поверхностных сточных вод, образующихся на территории г.о. Самара, проведены исследования по выявлению основных факторов, влияющих на формирование качественного состава стока с определением структуры связей между отдельными показателями. На основе анализа проведенных исследований получен репрезентативный диагностический набор показателей для целей мониторинга состава сбрасываемых стоков.

Ключевые слова: поверхностный сток, показатели качества, формирование состава стоков, факторный анализ, репрезентативный диагностический набор.

Проблема сбора, транспортирования и очистки поверхностных сточных вод является актуальной для многих городов Российской Федерации.

В зависимости от рельефа местности для сбора и отвода поверхностного стока с территории городской округ Самара разделен на 15 бассейнов канализования. С I–V бассейнов канализования стоки

Generalizing the data on the quality of surface water run-offs on the territory of Samara the authors reveal the main factors influencing the qualitative composition of water run-offs and define the structure of the links between certain parameters. In the course of research representative diagnostic set of parameters for monitoring the composition of water run-offs has been worked out.

Key words: surface water run-off, quality parameters, composition of water run-offs, factor analysis, representative diagnostic set.

через систему дождевой канализации отводятся в Саратовское водохранилище, с VI–XV – в залив Самарский Саратовского водохранилища [1].

Обобщенная характеристика варьирования качества поверхностного стока с территории г.о. Самара, рассчитанная по данным с 12 выпусков за последние 5 лет, представлена в табл. 1.

Таблица 1

Обобщенная характеристика поверхностного стока г.о. Самара

№ п/п	Наименование показателя	Концентрация, мг/л			Стандартное отклонение
		максимальная	средняя	минимальная	
1	pH	7,93	7,68	6,88	0,29
2	БПК	16,54	6,61	2,63	4,92
3	Взвешенные вещества	34,18	24,79	14,03	5,68
4	Сухой остаток	1037,6	626,5	352,8	217,1
5	Хлориды	307,9	97,6	48,0	80,4
6	Сульфаты	317,2	151,6	76,9	69,6
7	Аммоний	7,766	1,716	0,253	2,141
8	Нитриты	0,392	0,180	0,051	0,095
9	Нитраты	5,339	3,518	1,263	0,977
10	Фосфаты	0,974	0,272	0,081	0,251
11	Железо	2,048	0,707	0,373	0,437
12	Медь	0,023	0,010	0,005	0,005
13	Цинк	0,020	0,013	0,009	0,004
14	Алюминий	0,237	0,034	0,005	0,064
15	Нефтепродукты	0,305	0,141	0,078	0,067
16	СПАВ	0,542	0,114	0,024	0,143

Известно, что состав поверхностного стока зависит от многих факторов. Однако степень этой зависимости неизвестна и не изучена структура связей между различными показателями.

Таким образом, основная цель проводимого исследования – определение числа основных факторов, влияющих на формирование качественного состава поверхностного стока, установление структуры связей между показателями с выделением репрезентативного набора.

Для данного исследования наиболее удобен факторный анализ, основная идея которого заключается в том, что структура связей между всеми анализируемыми признаками (показателями качества стока) может быть объяснена тем, что все эти переменные зависят (линейно или как-то иначе) от меньшего числа других, непосредственно не измеряемых («латентных») факторов, которые принято называть общими. Конечная цель статистического исследования, проводимого с привлечением аппарата факторного анализа, состоит в выявлении и интерпретации латентных общих факторов с одновременным стремлением минимизировать их число.

Основная линейная модель факторного анализа имеет следующий вид:

$$x_i = \sum_{j=1}^r a_{ij} F_j + u_i, \quad (i = 1, 2, \dots, N), \quad (1)$$

где F_j – латентные общие факторы; a_{ij} – факторные нагрузки; u_i – остаточные специфические факторы, которые определяют ту часть каждого из исследуемых показателей, которая не может быть объясне-

на общими факторами, а также включают в себя ошибки измерения показателей; p – количество латентных факторов; N – количество показателей;

Факторные нагрузки имеют вид коэффициентов корреляции и показывают тесноту связи между факторами и первоначальными показателями.

В результате расчета, с использованием пакета статистического анализа, было получено шесть обобщенных интегральных, непосредственно не измеряемых показателей.

В последнем столбце полученной матрицы (табл. 2) показана дисперсия (h^2) соответствующих показателей, которая определяет, насколько полно каждый из исходных показателей отражен в шести латентных факторах:

$$h^2 = a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + a_{i3}^2 + a_{i4}^2 + a_{i5}^2 + a_{i6}^2, \quad (2)$$

где $a_{i1}, \dots, a_{i6}$ – факторные нагрузки по шести факторам для i -го показателя.

Анализ матрицы факторных нагрузок показывает, что наиболее полно отражены такие показатели, как, например: железо (на 98 %), аммоний (на 98 %), алюминий (на 97 %), слабее всего – рН (на 30 %). Это означает, что различия в качестве воды по рН не связаны тесно с полученными факторами – показателями. Кроме того, следует выделить такие показатели, как БПК, нефтепродукты, нитраты и взвешенные вещества, которые хоть и достаточно полно отражены общими факторами, но не имеют хорошо выраженной связи ни с одним из шести факторов.

Таблица 2

Матрица факторных нагрузок

№ п/п из табл. 1	Показатель	Значения показателей в зависимости от разных факторных нагрузок						h^2
		1	2	3	4	5	6	
1	рН	0,52	0,13	0,08	0,05	-0,02	0,09	0,30
8	Нитриты	0,19	0,92	0,03	-0,01	0,02	0,08	0,88
3	Взвешенные вещества	-0,38	0,59	0,06	0,16	0,01	0,46	0,74
4	Сухой остаток	0,19	-0,01	0,85	0,02	0,15	0,11	0,79
5	Хлориды	-0,06	0,01	0,90	0,01	-0,00	-0,01	0,81
14	Алюминий	0,08	-0,01	0,01	0,97	0,14	0,02	0,97
11	Железо	-0,02	0,06	0,03	0,96	0,24	0,01	0,98
12	Медь	-0,05	0,03	0,05	0,09	0,97	-0,03	0,96
6	Сульфаты	0,23	-0,05	0,08	0,08	0,88	0,12	0,86
13	Цинк	-0,24	0,06	0,04	0,31	0,85	0,02	0,87
7	Аммоний	0,00	0,11	0,05	-0,03	0,03	0,98	0,98
16	СПАВ	-0,01	-0,01	0,03	-0,02	0,02	0,98	0,96
10	Фосфаты	0,07	0,12	0,02	-0,03	0,04	0,97	0,96
2	БПК	0,16	0,50	0,07	-0,05	0,03	0,74	0,83
15	Нефтепродукты	-0,55	0,14	0,01	0,20	0,03	0,66	0,80
9	Нитраты	0,47	-0,21	-0,01	0,29	0,04	0,65	0,78
Сумма квадратов факторных нагрузок		0,6	2,38	2,3	3	3,43	5,85	17,56
Доля суммарной общности, %		3,4	13,6	13,1	17,1	19,5	33,3	100

Таким образом, различия в качестве поверхностного стока, сбрасываемого через отдельные выпуски, по 16 показателям (не считая показателей по БПК, нефтепродуктам, нитратам и взвешенным веществам) могут быть сведены к различиям лишь по 6 факторам.

На основе факторного анализа выполнено разбиение и получены подмножества: из двух показателей (сухой остаток, хлориды), из двух показателей (алюминий, железо), из трех показателей (медь, сульфаты, цинк), из трех показателей (аммоний, СПАВ, фосфаты), а также из шести обособленных показателей (рН, нитриты, взвешенные вещества, БПК, нефтепродукты, нитраты).

Факторный анализ структурирует систему и выделяет базовые (или общие) факторы, характеризующие варьирование всего множества переменных и аккумулирующие множество частных статистических отношений. Обобщенное отображение отношений переменных дает широкие возможности для решения прикладных задач, в частности выделение переменных, наиболее чувствительных к независимым факторам, которые можно рассматривать как индикаторы состояния системы.

Репрезентативными показателями являются те, которые имеют наибольшую факторную нагрузку. Таким образом, на основе анализа данных, приведенных в табл. 2, выявлен следующий репрезентативный диагностический набор показателей: *рН, БПК, взвешенные вещества, сухой остаток, аммоний, нитраты, нитриты, медь, алюминий, нефтепродукты*. Полученный перечень показателей может использоваться для диагностики и мониторинга состава сбрасываемых стоков.

Для интерпретации полученных факторов в рассматриваемую модель были введены дополнительные переменные, представляющие собой расходы стоков: поверхностный сток с селитебной территории, поверхностный сток с территории промышленных предприятий, условно чистые стоки промышленных предприятий, дренажные воды с селитебной территории и с территории промышленных предприятий, дренажные воды теплосетей, сток от промывки сетей и связанный с поливом территории.

Таким образом, с учетом выявленной взаимосвязи отдельных видов стоков с полученными факторами можно интерпретировать их следующим образом:

- *первый фактор* - представляет собой наличие условно чистого стока промышленных предприятий, который оказывает максимальное влияние на рН общего стока;

- *второй фактор* - определяется поступлением дренажных вод с селитебных территорий. Его основным показателем является содержание нитритов в общем стоке;
- *третий фактор* - отражает такие взаимосвязанные показатели, как сухой остаток и хлориды, т.е. солесодержание. Данный фактор не выявил хорошей связи с поступающими расходами. Однако наибольшее влияние на него оказывает полив территории;
- *четвертый фактор* - содержание алюминия и железа;
- *пятый фактор* - отражает такие показатели, как содержание меди, сульфатов и цинка. (Их количество зависит в большей степени от общего расхода отводимого стока, а также от стока, образующегося в результате промывки сетей. Кроме этого, на содержание цинка оказывает влияние дренаж с территории промышленных предприятий. Учитывая вышеизложенное, можно предположить, что пятый фактор определяется состоянием самих сетей);
- *шестой фактор* - характеризует наличие в воде аммонийного азота, СПАВ и фосфатов. Данный фактор не показал зависимости от какого-то определенного вида стока.

Следует также отметить, что среди обособленных показателей у нефтепродуктов выявлена взаимосвязь с расходом дренажных вод теплосети. Очевидно, что в данном случае решающее влияние оказывает температурный режим поступающих стоков.

В дополнение к перечисленным параметрам был произведен расчет с учетом показателей бактериального загрязнения поверхностного стока, таких как общие колиформные бактерии (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ) и колифаги (КФ).

Наличие ОКБ сопряжено с содержанием нитратов и, по-видимому, характеризует общее санитарное состояние территории.

Интересно, что содержание ТКБ связано в основном с поливом территории или, другими словами, смывом с поверхности водосбора, а содержание КФ, в первую очередь, - с промывкой сетей, т.е. с внутренними процессами, происходящими в сети.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Быкова, П.Г. Качество поверхностных вод, поступающих с территории города Самары в Саратовское водохранилище и реку Самара [Текст] / П.Г. Быкова, и др. // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 67-й Всероссийской науч.-техн. конференции / СГАСУ. - Самара, 2010. - С. 567-569.

© Палагин Е.Д., Быкова П.Г.,
Пахомова У.М., 2011