

Таблица 3 – Внутригодовое распределение стока р. Неман, Гродно, %

Месяцы	Обеспеченность, %							
	5	10	25	50	67	75	90	95
Январь	3.2	3.23	3.36	3.61	3.87	4.05	4.86	5.88
Февраль	5.47	5.5	5.62	5.82	6.02	6.17	6.82	7.64
Март	15.69	15.85	15.84	15.71	15.51	15.37	14.77	13.90
Апрель	33.65	33.4	32.64	31.31	29.95	28.97	24.67	19.30
Май	9.45	9.38	9.33	9.28	9.25	9.23	9.15	9.09
Июнь	4.93	4.92	4.98	5.11	5.26	5.37	5.84	6.44
Июль	2.93	2.92	2.97	3.08	3.2	3.29	3.67	4.15
Август	2.96	2.97	3.06	3.22	3.39	3.52	4.06	4.76
Сентябрь	2.73	2.73	2.79	2.92	3.06	3.16	3.60	4.16
Октябрь	4.02	4.05	4.17	4.40	4.63	4.81	5.55	6.50
Ноябрь	9.08	9.14	9.19	9.25	9.3	9.33	9.49	9.66
Декабрь	5.88	5.92	6.05	6.3	6.55	6.73	7.52	8.52
Год	100	100	100	100	100	1000	100	100

УДК 631.626

С.А. Дубенок, А.Н. Колобаев, Е.М. Минченко (БНТУ)

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ГИДРОХИМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Подавляющее число измерений гидрохимических характеристик как природных, так и сточных вод выполняется со значительными погрешностями, которые оказывают существенное влияние на дальнейшую обработку результатов наблюдений и принятие решений органами управления водоохранной деятельностью. Если качество природных вод складывается под воздействием двух составляющих – природной (естественный фон) и антропогенной, первая из которых формирует основные физико-химические свойства воды данного региона, а вторая только накладывает определённый отпечаток на эти свойства, то качественные характеристики сточных вод являются функцией разнонаправленного антропогенного воздейст-

вия. Следовательно, качественные характеристики поверхностных вод относительно стабильны, поскольку в основе их формирования лежит величина сравнительно постоянного характера. Состав сточных вод отличается более широким диапазоном изменения, как по набору гидрохимических показателей, так и по их количественным характеристикам. Этот диапазон зависит от условий формирования сточных вод, которые можно разделить на следующие категории:

- хозяйственно-бытовые сточные воды;
- промышленные сточные воды
- сточные воды от животноводческих и птицеводческих объектов и предприятий по переработке продуктов животноводства;
- поверхностно - ливневые стоки;
- дренажные, шахтные и карьерные сточные воды [2].

Для хозяйственно-бытовых сточных вод характерно относительно стабильное качество (при соблюдении норм водопользования). Эти стоки отличаются высоким уровнем концентрации взвешенных частиц и органических веществ.

Стоки промышленных предприятий характеризуются широким спектром загрязняющих веществ, зависящим от специфики производства, но относительно стабильными концентрациями в рамках установленного диапазона.

В крупных городах и промышленных центрах республики широко практикуется совместная очистка промышленных стоков (после локальной очистки) и хозяйственно-бытовых сточных вод на общегородских очистных сооружениях. В результате формируется новый тип стоков – городские смешанные (промышленно-бытовые) сточные воды. Состав и свойства промышленно-бытовых сточных вод определяются соотношением хозяйственно - бытовых и промышленных стоков и спецификой предприятий, формирующих эти стоки. Основные трудности при контроле их качественного состава возникают в связи с тем, что в составе этих вод имеются разнообразные органические и неорганические вещества, которые сами по себе могут быть как основными загрязнителями, так и служить основой для создания других, возможно, более опасных веществ.

Сточные воды от животноводческих и птицеводческих комплексов имеют высокое органическое и микробное загрязнение.

Для поверхностно - ливневых вод характерна неравномерность объема по сезонам года, а уровень содержания основных загрязне-

нителей зависит от степени благоустройства территории, транспортных нагрузок, производственной ориентации промышленных предприятий и т.д. [3]. Перечень загрязняющих веществ, выносимых поверхностным стоком с урбанизированных территорий, весьма широк и зависит, прежде всего, от функционального назначения водосборного коллектора. По условиям формирования загрязненного поверхностного стока его можно разделить на две основные категории: сток с селитебной территории и сток с площадок промышленных предприятий.

Сток с селитебной территории характеризуется повышенным содержанием взвешенных веществ, нефтепродуктов и растворимых примесей в виде солей органического происхождения, особенно азота и фосфора. Поверхностный сток с промплощадок по своему составу может существенно отличаться в зависимости от технологии производства, организации складского хозяйства, наличия локальных очистных сооружений и других производственных факторов. Диапазон загрязняющих веществ (и их концентраций) в этом стоке чрезвычайно широк.

В результате, все разрабатываемые методы контроля за достоверностью информации о составе сточных вод должны изначально базироваться на дифференциации сточных вод. Основной задачей системы контроля является идентификация грубых ошибок в гидрохимических данных. Грубые ошибки, как правило, представляют собой необоснованно высокие (низкие) концентрации содержания загрязняющих веществ в сточных водах. Другими словами, это резко выделяющиеся значения из относительно однородного массива данных. При наличии достаточно длинного ряда наблюдений (не менее 35 значений) отметить резко выделяющиеся значения возможно при помощи методов математической статистики. Однако, на сегодняшний день в Республике Беларусь контроль качества сбрасываемых сточных вод промышленными и коммунально-бытовыми предприятиями проводится эпизодически, причем количество отбираемых проб колеблется от 1-2 до 10-12 в год. При условии такого короткого ряда наблюдений ошибочные значения идентифицировать крайне сложно, а для оценки достоверности данных единичной пробы это практически невозможно.

Наиболее эффективным элементом контроля в данной ситуации может являться проверка данных результатов гидрохимических ана-

лизов сточных вод на попадание в диапазон экстремально возможных значений гидрохимических показателей. Для сточных вод по 37 показателям авторами данной работы определены интервалы экстремальных значений. Причем, интервалы для промышленных и коммунально-бытовых сточных вод дифференцированы для основных (наиболее характерных) выпусков, на которых производится отбор проб – выпуск в горканализацию, вход на очистные сооружения, выход с очистных сооружений и выпуск в водный объект. Таким образом, охвачены все места отбора проб сточных вод. Экстремальные значения по шести из 37 показателей приведены в таблице 1.

За нижнюю границу или минимум приняты, как правило, минимальные значения показателей, определенные согласно «Перечню методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь» и «Дополнений к перечню методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь», с погрешностью методики выполнения измерений не более 50 %. Минимальные значения подлежат корректировке согласно изменениям, вносимым в вышеуказанные документы.

Верхняя граница или максимум установлен для каждого типа выпуска сточных вод индивидуально. При этом, максимальные значения приняты по «огигающей», как максимумы из следующих:

- фактические максимальные концентрации (из имеющейся базы данных), прошедшие статистическую обработку и не отнесенные к категории «сомнительных»;
- фактические максимальные концентрации, зафиксированные в литературных источниках;
- нормативные концентрации в сбросах, классифицирующихся как аварийные;
- максимальные значения верхних пределов определения элементов, согласно вышеупомянутому «Методикам выполнения измерений» (для элементов, которые не могут быть определены с использованием n-кратного разбавления сточных вод);
- максимально допустимые значения, регламентированные правилами приема промышленных и коммунально-бытовых сточных вод в горканализацию, а также правилами приема сточных вод на очистные сооружения.

Таблица 1 – Экстремальные значения гидрохимических показателей

Показатели	Значения показателей, мг/куб. дм									
	Сточные воды на входе очистных сооружений								Природные воды	
	на выпусках в горканализа- цию и водный объект без очи- стки		на входе очи- стных соору- жений		на выходе очи- стных сооруже- ний и на выпуске в водный объект после очистки		ливневые воды (на выпусках в горканализа- цию и водный объект без очи- стки)			
	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.		
БПК5	0,3	1800	0,3	2000	0,3	400	0,3	1800	0,3	100
Нефтепродукты	0,005	45	0,005	50	0,005	6,5	0,005	40	0,005	2,5
Взвешенные вещества	0,1	1200	0,1	1500	0,1	800	0,1	3000	0,1	300
Фосфаты	0,01	50	0,01	70	0,01	40	0,01	30	0,01	20
Азот аммонийный	0,015	120	0,015	150	0,015	85	0,015	40	0,015	30
СПАВ (анион.)	0,01	10	0,01	20	0,01	6	0,01	10	0,01	5

Максимум для поверхностных вод (включающих ливневые, талые и поливомоечные воды) был установлен теоретически с учетом преобладающих элементов в ливневых водах, степени их токсичности и данных о качестве ливневых сбросов по всей Республике Беларусь.

Вышеизложенный способ оценки достоверности гидрохимических данных может функционировать как самостоятельный (доминирующий) элемент системы контроля, но более эффективен в сочетании с другими взаимодополняющими способами контроля.

Для контроля данных о качестве природных вод достаточно эффективной является проверка на экстремальные величины гидрохимических показателей и проверка, основанная на выполнении прямых и обратных зависимостей, которые существуют между элементами: БПК <ХПК, азот аммонийный> азота нитритного и т.д. [1]. Следовательно, одним из способов повышения достоверности гидрохимической информации будет установление закономерностей между различными показателями качества природных вод.

Данные, не попадающие в заданные интервалы экстремально возможных значений, признаются ошибочными.

В результате оценки на достоверность ретроспективного массива данных гидрохимических анализов сточных вод с помощью предложенного элемента контроля было выявлено около 2,5% ошибочных значений гидрохимических показателей.

В отличие от эпизодического контроля за качеством сточных вод, регулярное измерение гидрохимических показателей поверхностных вод приводит к накоплению данных, необходимых для статистической оценки. При изучении химического состава природных вод, как правило, имеется сравнительно большой объем количественной информации. Это позволяет применять методы математической статистики: на основе корреляционного и регрессионного анализов можно оценивать и анализировать статистические связи элементов водной среды. Первый вид анализа позволяет выявить наличие связи между показателями, а второй – описать эту связь с помощью уравнения. В данной работе главное внимание было уделено выявлению корреляционных зависимостей.

Исходными данными для анализа послужили материалы систематических наблюдений Гидромета (за шесть лет) выше и ниже промышленных центров. В целом, использовался набор данных,

которые в различной степени отражают состояние и качество поверхностных вод: БПК₅, общая минерализация, температура воды, содержание растворенного кислорода, азот аммонийный, нефтепродукты.

При анализе гидрохимических данных временные изменения концентрации компонентов химического состава не учитывались, так как предполагалось, что пространственная изменчивость превышает их. Выбор признаков, характеризующих химический состав вод, а также точек опробования, определялся задачей исследования и объемом имеющегося материала. Основными характеристиками, помогающими оценить пригодность факторной модели для описания исходной матрицы данных, являются коэффициенты множественной корреляции.

Анализ этой информации показывает, что на участках с выраженным антропогенным загрязнением отмечаются повышенные значения минерализации воды, концентрации нефтепродуктов и фенола. Также на участках со значительным антропогенным влиянием обнаруживается связь между БПК₅ и содержанием хлоридов, БПК₅ и фосфатами, азота аммонийного и СПАВ. Характерная зависимость между фосфатами и БПК₅ показана на рисунке 1. В процессе анализа выявлено, что содержание фенола хорошо коррелирует с концентрацией нефтепродуктов и хлоридов при незначительной антропогенной нагрузке на качество природных вод.

Наиболее тесная связь (коэффициент корреляции r варьирует от 0,5 до 0,97) отмечена в следующих соотношениях:

БПК ₅ и азотом нитратным	$r = 0,56 \dots 0,7$
БПК ₅ и азотом аммонийным	$r = 0,52 \dots 0,8$
БПК ₅ и фосфатами	$r = 0,52 \dots 0,8$
БПК ₅ и хлоридами	$r = 0,54 \dots 0,73$
фосфатами и азотом нитратным	$r = 0,5 \dots 0,75$
фосфатами и азотом нитритным	$r = 0,5 \dots 0,75$
фосфатами и азотом аммонийным	$r = 0,54 \dots 0,95$
фосфатами и нефтепродуктами	$r = 0,53 \dots 0,97$

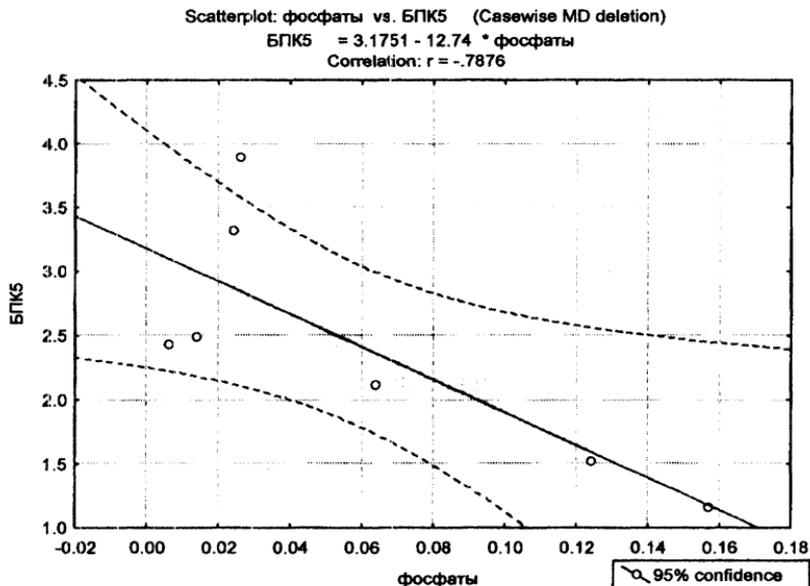


Рисунок 1 – Взаимосвязь между фосфатами и БПК

Существенной значимой связи между БПК₅ и СПАВ, БПК₅ и фенолами не обнаружено (коэффициент корреляции не превышает 0,3).

Уравнения регрессии могут применяться при отсутствии определения компонента для расчета концентрации его по содержанию другого компонента. Здесь необходимо учитывать средний процент расхождения между результатами, полученными расчетным путем и химическим анализом (спектрофотометрией, ИК-спектрофотометрией, флюорисцентным методом, ААС и т.д.), т.е. необходимо учитывать относительную погрешность. Использовать данные, полученные с помощью уравнений целесообразно в двух случаях:

- когда относительная погрешность допустима для целей расчета;
- когда данные прошли предварительный этап проверки на попадание в диапазон экстремальных значений.

Установленные зависимости между отдельными гидрохимическими показателями могут быть использованы в алгоритмах контроля гидрохимической информации.

Из других дополнительных способов контроля предлагается использовать следующие проверки:

- сравнение отдельных показателей между собой, полученных в рамках одного отбора проб;
- сравнение отдельных показателей между собой в контексте пространственно-временной изменчивости;
- сравнение полученных результатов с нормативными показателями, т.е. с предельно-допустимой концентрацией (ПДК) в водном объекте или допустимой концентрацией (ДК) на выпуске предприятия;
- сравнение результатов измерения с ретроспективной информацией для идентификации резко выделяющихся наблюдений, которые маркируются для дальнейшего анализа и др.
- анализ гидрохимического баланса участка реки (между точками отбора проб выше и ниже выпуска сточных вод).

Предлагаемые методы контроля наиболее эффективны при их совместном использовании, что можно осуществить в автоматизированных информационных системах. В настоящее время работы по автоматизации контроля данных уже начаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические указания по контролю данных гидрохимических анализов сточных и поверхностных вод. Минск, – 2003. Регистрационный номер: 0212.3 – 2003.
2. Методические указания по организации Госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод: МУ 2.1.5.800-99.М., Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава РФ, – 2000.
3. Молоков, М.В., Шифрин, В.Н. Очистка поверхностного стока с территорий городов и промышленных площадок. М. Стройиздат, – 1977.