

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Атлас геологических и эколого-геологических карт Российского сектора Балтийского моря / гл. ред. О. В. Петров. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2010. – 77 с.
2. Грант, Е. М. Устойчивое развитие береговой линии Балтийского моря / Е. М. Грант // ЛОМОНОСОВ : сб. ст. IX Междунар. конкурса молодых ученых, Пенза, 5 июля 2024 г. – Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2024. – С. 104–109.
3. Архивные метеорологические данные. – URL: https://www.meteoblue.com/ru/climate-change/Зеленоградск_Россия_463828 (дата обращения: 04.02.2025).
4. Баринава, Г. Н. Калининградская область. Климат / Г. Н. Баринава. – Калининград : Янтар. сказ, 2002. – 194 с.
5. Мониторинг региональных явлений глобального изменения климата на побережье Куршской косы (июль – ноябрь 2021 г.) – Калининград : Экозащита!, 2022. – 159 с. – URL: https://ecodefense.ru/wp-content/uploads/2022/01/curonian_spit_2022_monitoring_report.pdf (дата обращения: 04.02.2025).

УДК 504.064+504.45

А. О. ДАНИЛЕНКО

Россия, Ростов-на-Дону, Гидрохимический институт
E-mail: aldanilenko@gmail.com

**ОЦЕНКА СТАЦИОНАРНОСТИ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО
РЕЖИМА ВОДНОГО ОБЪЕКТА ПО ДАННЫМ
ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА**

Современные оценки качества и состояния поверхностных вод часто носят субъективный характер, увязывая понятие качества с требованиями конкретных водопользователей. В зависимости от этих требований критерии качества водных ресурсов могут существенно различаться. Чаще всего реперной характеристикой при оценке является предельно допустимая концентрация (ПДК). Хорошо известно, что природные концентрации веществ в воде водных объектов нередко отличаются от нормативов качества воды как в большую, так и в меньшую сторону, однако такие концентрации устойчивы во времени и обусловлены комплексом разнообразных постоянно действующих и, как правило, неустранимых причин. Под действием этих причин наблюдается

«взаимопогашение» отклонений показателей гидрохимического режима за счет взаимной компенсации поступления, удаления и превращения веществ и энергии. Относительное постоянство гидрохимического режима свидетельствует о его стационарности.

При антропогенном воздействии на изменчивость гидрохимического режима водного объекта влияют так называемые специальные причины, нарушающие его стационарность, что проявляется в регулярном появлении высоких значений концентраций растворенных веществ и в формировании тенденций к увеличению или снижению их среднегодовых значений.

Оценка стационарности гидрохимического режима необходима перед определением природных концентраций растворенных веществ в водном объекте, так как позволяет выявить такие специальные причины изменчивости гидрохимического режима и устранить их влияние на расчет природного фона.

Для оценки стационарности гидрохимического режима мы предлагаем использовать метод контрольных диаграмм, представляющий собой авторскую модификацию контрольных карт Шухарта. Метод основан на том, что при стационарном гидрохимическом режиме:

- выборки среднегодовых концентраций растворенных веществ подчиняются нормальному закону распределения;
- временные ряды среднегодовых концентраций растворенных веществ не имеют статистически значимых тенденций.

Объектом исследования при использовании метода контрольных диаграмм являются гидрохимические данные, полученные наблюдательными подразделениями Росгидромета в рамках государственного мониторинга за 10–30 лет наблюдений.

Контрольная диаграмма представляет собой двумерную версию контрольных карт Шухарта по ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015. Она имеет следующие элементы: оси абсцисс ($\bar{X}$ – среднегодовая концентрация вещества) и ординат ($\Delta\bar{X}$ – скользящий размах среднегодовых концентраций между текущим и предыдущим годом), опорное значение, вертикальные и горизонтальные контрольные границы, точки с координатами ($\bar{X}$; $\Delta\bar{X}$) и линию регрессии вида $\Delta\bar{X} = a \cdot \bar{X} + b$ (рисунок).

Опорное значение контрольной диаграммы рассчитывают по уравнению регрессии вида $\Delta\bar{X} = a \cdot \bar{X} + b$ при $\Delta\bar{X} = 0$. Вертикальные контрольные границы наносят на контрольную диаграмму перпендикулярно оси абсцисс по обе стороны от опорного значения на расстоянии $\pm 3\sigma$, где σ – стандартное отклонение выборки среднегодовых концентраций вещества. Горизонтальные контрольные границы наносят на диаграмму параллельно оси абсцисс по обе стороны расстояния $\pm 3,267 < \Delta\bar{X} >$, где $< \Delta\bar{X} >$ – средний скользящий размах среднегодовых концентраций вещества. Точки наносят

по координатам ($\bar{X}$; $\Delta\bar{X}$) и последовательно объединяют. Точки могут формировать типовые структуры, которые позволяют обнаружить нарушение стационарности гидрохимического режима водного объекта.

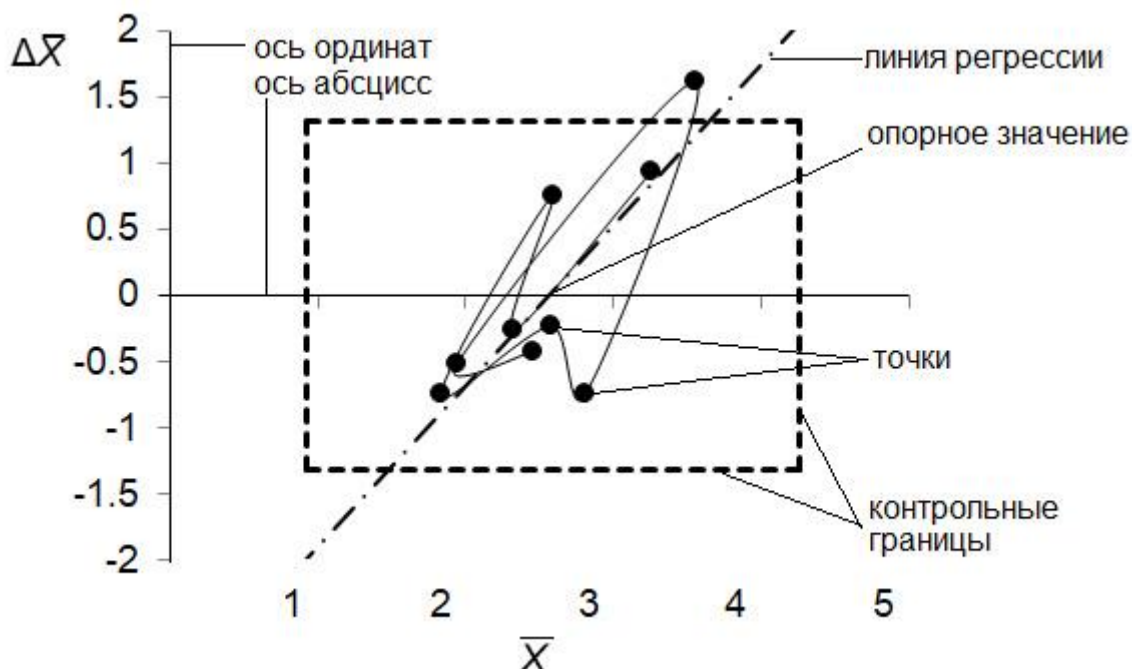


Рисунок – Контрольная диаграмма и ее элементы

Наличие типовых структур точек подтверждается контрольными критериями:

а) критерий 1 – проверка наличия среднегодовых концентраций, которые лежат за контрольными границами $\pm 3\sigma$;

б) критерий 2 – проверка выполнения условий критерия серий, основанного на медиане выборки;

в) критерий 3 – проверка наличия статистически значимой связи вида $\bar{X} = f(T)$, где T – год наблюдений.

Интерпретация результатов оценки стационарности гидрохимического режима основана на следующем:

– при нормальной контрольной диаграмме все критерии отклоняются (трактуются как стационарный гидрохимический режим);

– при эпизодическом нарушении стационарности гидрохимического режима подтверждается критерий 1, но отклоняются критерии 2 и 3 (наименее серьезное нарушение, которое может свидетельствовать о кратковременном сильном антропогенном воздействии в пределах одного года на качество воды водного объекта, которое не было скомпенсировано процессами самоочищения);

– при периодическом нарушении стационарности гидрохимического режима подтверждается критерий 2, результат критерия 1 не имеет значения, критерий 3 отклоняется (такой тип нарушения может свидетельствовать о периоде антропогенного воздействия, которое привело к временному установлению новых (отличных от естественных) границ гидрохимического режима);

– при хроническом нарушении подтверждается критерий 3, результаты критериев 1 и 2 не имеют значения (появление возрастающего тренда среднегодовых концентраций вещества в результате постоянного, возможно, антропогенного воздействия на качество воды водного объекта, с которым не справляются присущие ему процессы самоочищения). Присутствие убывающего тренда среднегодовых концентраций вещества также трактуется как серьезное нарушение стационарности гидрохимического режима несмотря на то, что чаще всего свидетельствует об улучшении качества воды водного объекта.

Контрольная диаграмма строится для каждого интересующего показателя состава и свойств воды и позволяет оценить стационарность гидрохимического режима водного объекта по отдельному веществу. Комплексная оценка нестационарности (нарушенности) гидрохимического режима выполняется по нескольким показателям состава и свойств воды, включая обязательные (кальций, магний, хлориды, сульфаты, БПК₅, ХПК, азот аммонийный, азот нитратный, фосфор фосфатный, железо общее, медь, цинк, марганец и нефтепродукты) и рекомендуемые компоненты, которые характерны для определенных водных объектов и имеют локальное значение.

Чтобы выполнить комплексную оценку нестационарности гидрохимического режима, необходимо вычислить долю (D) и степень нарушенности (S) гидрохимического режима водного объекта для расчета коэффициента нестационарности гидрохимического режима (K_{DS}) по формуле:

$$K_{DS} = D \cdot S.$$

Под долей нарушенности гидрохимического режима понимают количество показателей с нарушенным режимом в общем количестве проанализированных показателей. D рассчитывают по формуле:

$$D = A' / A,$$

где A' – количество показателей состава и свойств воды, для которых выявлено нарушение стационарности гидрохимического режима, A – общее количество показателей состава и свойств воды, по которым выполнена оценка стационарности гидрохимического режима.

S рассчитывают по формуле:

$$S = \frac{A_{\text{э}}}{A'} + D^{-0,375} \cdot \left(\frac{0,8868 \cdot A_{\text{п}} + 1,1824 \cdot A_{\text{х}}}{A'} \right),$$

где $A_{\text{э}}$ – эпизодическое нарушение, $A_{\text{п}}$ – периодическое нарушение, $A_{\text{х}}$ – хроническое нарушение, D – доля нарушения гидрохимического режима.

Нестационарность гидрохимического режима по значениям K_{DS} трактуют следующим образом:

- до 0,25 включительно – ненарушенный;
- от 0,26 до 0,40 включительно – слабо нарушенный;
- от 0,41 до 0,60 включительно – умеренно нарушенный;
- от 0,61 до 0,80 включительно – нарушенный;
- 0,81 и более – сильно нарушенный.

Таким образом, оценка стационарности гидрохимического режима позволяет:

- определить, формируется ли гидрохимический режим под воздействием не изменяющейся во времени системы причин, характеризующих внутренне присущую гидрохимическому режиму изменчивость, и оценить эту изменчивость количественно;
- выявить специальные причины изменчивости гидрохимического режима, связанные с антропогенным воздействием на качество природных вод, а также тенденции загрязнения воды водного объекта;
- установить приоритетность устранения влияния специальных причин изменчивости гидрохимического режима водного объекта.

УДК 338.48

К. В. ДЕМИДОВА

Россия, Москва, РАНХиГС

E-mail: demidova-kv@ranepa.ru

ОЦЕНКА ТУРИСТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ИНФРАСТРУКТУРУ РЕГИОНОВ РОССИИ

Устойчивый туризм должен обеспечивать не только сохранение природной среды территории, но также и оптимальную нагрузку туристов на обслуживающую их и местных жителей инфраструктуру. К такой инфраструктуре отнесены объекты, которые всегда задействуются