

2. Petrochenko, A.V. Classification of floods and systematization of flood control measures / A.V. Petrochenko // Land reclamation. – 2019. – № 3 (89). – Pp. 30-37.
3. Kochan, D.M. Model of the process of forming proposals for the action plan for the engineering protection of the territory in the flood period / D.M. Kochan, V.A. Reprintsev, A.V. Panchenko // Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical conference. - Khimki, 2022. – pp. 25-35.
4. Strategic approach to the development of land reclamation in a changing climate / V.N. Shchedrin, R.S. Masny, S.A. Manzhina, S.V. Kupriyanova // Land reclamation and water management. – 2022. – No. 2. – pp. 11-17.
5. Krechetova, I.M. The main directions for improving the effectiveness of the implementation of state land reclamation programs (on the example of the Altai Republic) / I.M. Krechetova, L.N. Medvedeva / Ways to improve the efficiency and environmental safety of land reclamation in the South of Russia. - FGBOU VO Donskoy GAU, 2017. – pp. 288-297.
6. Krechetova, I.M. Reclaimed lands – the basis for improving the efficiency of agriculture in the Altai Republic / I. M. Krechetova, A.S. Luxuriant // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. - 2018. – № 2 (70). – Pp. 156-162.
7. Pushkareva, T.I. Natural features and condition of irrigated lands in the Altai Republic / T.I. Pushkareva, M.A. Kulagin, V.I. Zanosova // Bulletin of the Altai State Agrarian University. – 2008. – №7 (45). – Pp. 29-32.
8. Ivanenko, Yu.G. Hydraulic aspects of stable water flows in indelible and eroded channels / Yu.G. Ivanenko, A.A. Tkachev, A.Yu. Ivanenko. – Novocherkassk, 2013. – 137 p.
9. Shchedrin, V.N. Hydraulic calculation of a reserve spillway (spillway with a wide threshold) / V.N. Shchedrin, Yu.M. Kosichenko, A.V. Kolganov // Melioration and hydraulic engineering. - 2022. – No. 4. – pp. 34-38.

УДК 504.45:771.712

DOI 10.37738/VNIIGIM.2024.94.37.047

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМАТИВОВ ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ

¹**Мустафаев Ж. С.,** доктор технических наук

²**Кенжалиева Б. Т.,** кандидат сельскохозяйственных наук

²**Далдабаева Г. Т.,** кандидат технических наук

¹АО «Институт географии и водной безопасности», г. Алматы, Казахстан

²Кызылординский университет имени Коркыт-Ата, г. Кызылорда, Казахстан

***Аннотация.** Цель исследования – повышение точности и надежности определения нормативов предельно-допустимой концентрации загрязняющих веществ в водных объектах речных бассейнов. Оценка проводится с учетом водности и нелинейности процессов загрязнения методом построения логистической регрессионной модели.*

***Ключевые слова:** загрязнение, поверхностные воды, речной бассейн, предельно допустимая концентрация*

METHOD FOR DETERMINING THE STANDARD FOR THE MAXIMUM PERMISSIBLE CONCENTRATION OF POLLUTANTS IN THE CATCHMENT AREAS OF RIVER BASIN WATERSHEDS

Mustafayev Zh. S.¹, Doctor of Technical Sciences
Kenzhalieva B. T.², Candidate of Agricultural Sciences
Daldabaeva G. T.², Candidate of Technical Sciences

¹JSC «Institute of Geography and Water Security», Almaty, Kazakhstan Kyzylorda

²University named after Korkyt-Ata, Kyzylorda, Kazakhstan

Abstract. *The purpose of the study is to increase the accuracy and reliability of determining standards for the maximum permissible concentration of pollutants in water bodies of river basins. The assessment is carried out taking into account water content and non-linearity of pollution processes by constructing a logistic regression model.*

Key words: *pollution, surface water, river basin, maximum permissible concentration*

Актуальность. В настоящее время химический состав поверхностных вод речных бассейнов в значительной степени формируется под влиянием антропогенных факторов. Водосборная территория речных бассейнов является пространственным базисом для населения и хозяйственной деятельности, что обуславливает сильное загрязнение воды, сбрасываемой в водоисточники после использования на коммунально-хозяйственные, промышленные и сельскохозяйственные нужды.

Поддержание благоприятного экологического состояния речных бассейнов в условиях развивающейся хозяйственной деятельности и роста населения на уровне, не представляющем опасность для жизни и здоровья населения, сложная задача. С одной стороны, требуется постоянный контроль качества поверхностных вод, с другой - необходимы надежные методы и способы оценки качества поверхностных вод, обеспечивающие обоснованность и достоверность прогнозирования, решения научных и практических водохозяйственных задач.

Цель исследования - повышение точности и надежности определения качества поверхностных вод на основе нормирования предельно-допустимой концентрации загрязняющих веществ в речных бассейнах с учетом водности, а также процесса трансформации и обмена веществ в водотоках.

Материалы и методы исследования. Существует большое количество работ в России, Польше, Венгрии, Германии, Чехии и Словакии [1-4,11,12], где на основе гидрохимических индикаторов предложены различные интегральные количественные индексы для оценки качества поверхностных вод в речных бассейнах. Среди них: индекс качества воды (*ИКВ*), индекс загрязнения воды (*ИЗВ*), индекс загрязненности воды с поправкой на водность (*ИКВ**), комбинаторный индекс загрязненности (*КИЗВ*) и удельный комбинаторный индекс загрязненности (*УКИЗВ*).

В мировой практике для определения качества поверхностных вод речных бассейнов используется индекс загрязнения воды, представляющий собой среднюю долю превышения $ПДК_i$ по строго лимитированному числу индивидуальных ингредиентов, характеризующих их уровень опасности при водопользовании [1]:

$$ИЗВ_i = \sum_i^N [(C_i / ПДК_i) / N_i], \quad (1)$$

где: C_i - содержание i -ого химического элемента (мг/л), входящего в состав рассматриваемых веществ при оценке качества поверхностных вод; N - число химических элементов, используемых для оценки качества; $ПДК_i$ - нормированная величина содержания химических элементов в составе поверхностных вод, соответствующих требованиям рыбохозяйственного и хозяйственного водопользования.

В Российской Федерации для оценки загрязнённости сточных и поверхностных вод используют коэффициент предельной загрязнённости воды ($K_{пзi}$), являющийся одной из модификаций индекса загрязнения воды ($ИЗВ_i$) [7]:

$$K_{пзi} = (1/N) \cdot \sum_i^N (C_i / ПДК_i) - 1 = ИЗВ_i - 1. \quad (2)$$

На основании индекса загрязнения воды ($ИЗВ_i$), для оценки степени загрязнения водотоков был предложен индекс загрязнения воды с поправкой на водность [8]:

$$ИЗВ_i^* = ИЗВ_i \cdot K = (1/N) \cdot \sum_i^N (C_i \cdot Q_{фак} / ПДК_i \cdot Q_{ср}), \quad (3)$$

где: $Q_{фак}$ - фактический расход воды реки (за период определения показателя), $Q_{ср}$ - среднегоголетний расход.

Изменение качества воды в природе происходит в зависимости от расхода, с его увеличением пропорционально уменьшается концентрация загрязняющих химических элементов. С другой стороны, под действием трансформации и обмена веществ в водотоках, концентрация химических элементов уменьшается всегда с замедляющейся скоростью соответственно принципу нелинейности природных процессов (самоочищение природных вод), из-за чего предложенная формула (3) теряет свой математический смысл.

Таким образом, можно сказать, что определение норматива предельно-допустимой концентрации загрязняющих веществ в водотоках с использованием индекса загрязнения воды ($ИЗВ_i$) и индекса загрязнения воды с поправкой на водность ($ИЗВ_i^*$) построено на основе линейной зависимости. Полученная величина является завышенной, не отражает реального уровня допустимой концентрации загрязняющих веществ, если учитывать процесс трансформации и обмена веществ в водотоках.

Результаты исследования. Согласно принципу лимитирующего фактора, или закона минимума Либиха [6], нормирование содержания веществ по лимитирующему признаку вредного воздействия на организм человека в условиях антропогенного загрязнения водных объектов осуществляется по двум признакам: по величине коэффициента водности (K_{bi}) как отношения фактического расхода воды (Q_i , м³/с) к среднегоголетнему ($Q_{ср}$, м³/с), и по коэффициенту предельной загрязнённости ($K_{пз}$), или индексу загрязнённости воды ($ИЗВ$), который рассчитывается как сумма приведенных к $ПДК_i$ фактических значений основных показателей качества воды (C_i).

Коэффициент водности:

$$K_{bi} = W_{cp}/W_i \quad (4),$$

где: W_{cp} – среднегодовое количество стока, км³; W_i – фактический объем стока, км³.

Коэффициент загрязненности воды ($K_{пzi}$), может быть получен на основе решения дифференциальных уравнений, описывающих гидрохимические изменения.

Водосбор речных бассейнов как геосистема обладает общесистемными свойствами. Характерна нелинейность природных процессов, где трансформация и обмен энергией и веществом идет всегда с уменьшающейся скоростью, а интенсивность вредного воздействия на живой организм в условиях увеличения антропогенного загрязнения водных объектов замедляется за счет адаптации. Зависимость коэффициента предельной загрязненности воды ($K_{пzi}$), от приведенного индекса загрязнения воды ($ИЗВ_i$) приближенно описывается уравнением [5,9,10]:

$$dK_{пzi}/dИЗВ_i = k \cdot K_{пzi}. \quad (5)$$

Решение этого уравнения определяется выбором аналитического выражения $k \cdot K_{пzi}$, широко распространено в практике гидрохимических расчетов с учетом нелинейности природных процессов при оценке вредного воздействия вод на организм, которое описывается экспоненциальной функцией:

$$K_{пzi} = (1/N) \cdot \sum_{i=1}^N [1 - \exp(-ИЗВ_i)]. \quad (6)$$

где: $K_{пdzi}$ – коэффициент предельно-допустимой концентрации; K_b – коэффициент водности; $K_{пzi}$ – коэффициент предельной загрязненности воды; Q_i – фактический расход воды (м³/с); Q_{cp} – среднегодовое количество стока (м³/с); $ИЗВ_i$ – индекс загрязнения воды: $ИЗВ_i = C_i/ПДК_i$; C_i – фактическая концентрация i -го ингредиента; $ПДК_i$ – предельно-допустимая концентрация ингредиента, соответствующая назначению водного объекта.

Математический и физический смысл полученного экспоненциального уравнения для оценки качества поверхностных вод сводится к описанию спонтанной сукцессии – естественного процесса, проходящего в водной экосистеме при антропогенном воздействии и характеризующегося свойством нелинейности.

Таким образом, коэффициент предельно-допустимой загрязненности воды ($K_{пdzi}$) можно представить, как произведение коэффициента водности (K_b) и коэффициента предельной загрязненности воды ($K_{пzi}$), которое имеет следующий вид:

$$K_{пdzi} = K_b \cdot K_{пzi} = (W_{cp}/W_i) \cdot \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [1 - \exp(-ИЗВ_i)], \quad (7)$$

где: W_{cp} – среднеголетний объем стока, км³; W_t – фактический объем стока, км³.

При этом следует отметить, что коэффициент водности (K_b) и коэффициент предельной загрязненности ($K_{пз}$) являются показателями количественно и качественно характеризующими влияние изменения расхода воды и трансформации обмена веществ, а совокупность их, за счет коэффициента предельно-допустимой концентрации ($K_{пдзi}$), позволяет определить одновременное действие двух природных процессов с высокой точностью и достоверностью.

Математическая модель для определения коэффициента предельно-допустимой загрязненности воды ($K_{пдзi}$) имеет ряд преимуществ. Модель, во-первых, учитывает одно из главных свойств геосистемы - нелинейность природных процессов, во-вторых, дает возможность оценки качества через показатель *ИЗВ*, в-третьих, повышает точность и надежность устанавливаемых нормативов,

в-четвертых, позволяет повысить и уточнить границу загрязнения как предельно-допустимой концентрации загрязняющих веществ, и, в-пятых, учесть водность рек речных бассейнов.

Таким образом, предложен способ определения норматива предельно-допустимой концентрации загрязняющих веществ в поверхностных водах речного бассейна с учетом загрязнения, определяемого на основе анализа проб воды, отобранных по створам на водосборах бассейнов рек, и определения средней выборочной концентрации загрязняющих веществ, что позволяет определить ПДК загрязняющих веществ с учетом водности и нелинейности процессов загрязнения на основе построения логистической регрессионной модели оценки качества поверхностных вод.

Выводы. На основе законов природопользования «Все связано со всем» и «Физико-химического единства», а также свойств «Нелинейности природных процессов», где трансформация и обмен энергией и веществом идет всегда с замедляющейся скоростью, разработана методика (способ) оценки качества поверхностных вод речных бассейнов, характеризующаяся следующими признаками:

- *наличием действия или совокупности действий* – совокупность взаимодействия, во-первых, динамики расхода воды, где с увеличением количественного значения прямо пропорционально уменьшается концентрация химических элементов, а с уменьшением действия расхода воды пропорционально увеличивается их концентрация, во-вторых, трансформации и обмена веществ в водотоках, когда концентрация химических элементов уменьшается с замедляющейся скоростью из-за нелинейности природных процессов самоочищения;

- *порядком протекания взаимодействия во времени* - одновременное взаимодействие при пропорциональном взаимодействии расхода и концентрации и экспоненциальном - трансформации и обмена веществ;

- использованием *натурных данных* - для оценки качества поверхностных вод используется концентрация химических элементов, отобранных по створам, расположенным на участке речных бассейнов.

Список использованных источников

1. Гагарина, О.В. Обзор методов комплексной оценки качества поверхностных вод / О.В. Гагарина // Наука о Земле. - 2005. - №11. - С. 45-58.
2. Катона, Э. Формирование и регулирование качества воды в Венгрии / Э. Катона // Бюллетень по водному хозяйству СЭВ. - М., 1985. -№2 (36). - С. 75.
3. Кимстач, В.А. Классификация качества поверхностных вод в странах Европейского экономического сообщества / В.А. Кимстач. - СПб.: Гидрометеониздат, 1990. - 48 с.
4. Миколаш, Я. Управление охраной окружающей среды / Я. Миколаш, Л. Питтерман. - М.: Прогресс, 1983. - 238 с.
5. Мустафаев, Ж.С. Математическая модель динамики качества поверхностных вод водосборов речных бассейнов / Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, А.Е. Алдиярова, Л.М. Рыскулбекова // Вестник КазНУ, серия географическая. - 2022. - №2. - С. 75-83.
6. Попов, В.А. Математическое выражение закона лимитирующего фактора и его приложение к задачам мелиоративного земледелия / В.А. Попов // Мелиорация и водное хозяйство. - 1997. - №2. - С.30-34.
7. Шабанов, В.В. Оценка качества воды и экологического состояния водных объектов / В.В. Шабанов, В.Н. Маркин // Водоочистка, Водоподготовка, Водоснабжения. - 2008. - №10. - С.28-37.
8. Шлычков, А.П. Использование коэффициента стока загрязняющих веществ для оценки состояния рек / А.П. Шлычков, Г.Н. Жданова, О.Г. Яковлева // Мониторинг. - 1996. - №2. - С. 23-27.
9. Mustafayev Zh. S. Forecast of surface water quality in river basins using physical and chemical indicators of natural systems //Reports of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan, 2022.-№3. - P.132-144.
10. Mustafayev Zh. S., Kenzhaliyeva B.T., Daldabayeva G.T., Alimbayev E. N. Hydrochemical exploration and ecological state of the territory in the lower down of the Syrdarya river //N E W S of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2023.-№4.-P. 157-175.
11. Starzeska A., Pasternak K., Ostrowsky M. Proba klasyfikacji czystosci wody w oparciu o wybrane bakteriologiczne i chemiczne cechy// Actahydrobiol.1979. -V. 4. - P. 397–402.
12. Tumpling W. Ober die Zusammenhange zwischcn bestimmten Faktoren der Wasserbeschaffenheit in Fliepgewasse // Wasserwirtschaft Wassertechnik.1970. - V. 3. P. 77–81.

References

1. Gagarina, O.V. Review of methods for integrated assessment of surface water quality / O.V. Gagarina // Nauka o Zemlya. - 2005. - No. 11. - pp. 45-58.
2. Katona, E. Formation and regulation of water quality in Hungary / E. Katona // Bulletin on Water management COMECON. - M., 1985. -№2 (36). - p. 75.
3. Kimstach, V.A. Classification of surface water quality in the countries of the European Economic Community / V.A. Kimstach. - St. Petersburg: Hydrometeoizdat, 1990. - 48 p.
4. Mikolash, Ya. Environmental protection management / Ya. Mikolash, L. Pitterman. - M.: Progress, 1983. - 238 p.
5. Mustafayev, J.S. Mathematical model of the dynamics of the quality of surface waters of catchments of river basins / J.S. Mustafayev, A.T. Kozykeeva, A.E. Aldiyarova, L.M. Ryskulbekova // Bulletin of KazNU, geographical series. - 2022. - No.2. - pp. 75-83.

6. Popov, V.A. Mathematical expression of the law of the limiting factor and its application to the tasks of reclamation agriculture / V.A. Popov // Melioration and water management. - 1997. - No.2. - pp. 30-34.
7. Shabanov, V.V. Assessment of water quality and ecological condition of water bodies / V.V. Shabanov, V.N. Markin // Water treatment, Water treatment, Water supply. - 2008. - No. 10 - pp.28-37.
8. Shlychkov, A.P. The use of the runoff coefficient of pollutants to assess the state of rivers / A.P. Shlychkov, G.N. Zhdanova, O.G. Yakovleva // Monitoring. - 1996. - No.2. - From 23-27.
9. Mustafayev Zh. S. Forecast of surface water quality in river basins using physical and chemical indicators of natural systems //Reports of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan, 2022.-No.3.- pp.132-144.
10. Mustafayev Z. S., Kenzhaliyeva B.T., Daldabayeva G.T., Alimbayev E. N. Hydrochemical exploration and ecological state of the territory in the lower down of the Syrdarya river // N E W S of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2023.-No.4.-P. 157-175.
11. Starzeska A., Pasternak K., Ostrowsky M. Proba klasyfikacji czystosci wody w oparciu on wybrane bakteriologiczne i chemiczne cechy// Actahydrobiol.1979. -V. 4. - P. 397-402.
12. Tümping W. Ober die Zusammenhänge zwischen bestimmten Faktoren der Wasserbeschaffenheit in Fließgewässern // Wasserwirtschaft Wassertechnik.1970. - V. 3. P. 77–81.

УДК 551.482.214

DOI 10.37738/VNIIGIM.2024.74.66.048

СОВРЕМЕННЫЙ ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ТЕРРИТОРИИ ВОДОСБОРА В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬЯ

¹Мустафаев Ж.С., доктор технических наук

²Мустафаева М. Б., PhD

¹АО «Институт географии и водной безопасности», г. Алматы, Казахстан

²Южно-Казахстанский государственный университет, г. Шымкент, Казахстан

***Аннотация.** В работе отражены современные гидрохимические показатели воды на территории водосбора в низовье реки Сырдарьи в пространственных и временных аспектах по гидрологическим постам Шардара, Кызылорда и Казалы. В настоящее время водные ресурсы в низовье реки Сырдарья по химическим показателям, несмотря на слабовыраженный отрицательный тренд, не пригодны для хозяйственно-питьевого водоснабжения.*

***Ключевые слова:** химические ингредиенты, гидрохимический сток, минерализация, линейный тренд*

MODERN HYDROCHEMICAL REGIME OF THE WATER COLLECTION TERRITORY IN THE LOWER SYRDARYA RIVER

¹Mustafayev Zh. S., Doctor of Technical Sciences

²Mustafaeva M.K., PhD

¹JSC «Institute of Geography and Water Security», Almaty, Kazakhstan

²South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan