

## К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД УЗБЕКИСТАНА

**Б.Т. Курбанов**

E-mail: bk1948@bk.ru

*Национальный центр государственных кадастров, геодезии и картографии,  
г. Ташкент, Республика Узбекистан*

**АННОТАЦИЯ:** Статья посвящена анализу качества поверхностных вод в Узбекистане. Проанализировано их влияние на условия жизни и здоровье населения республики. Наиболее сложное положение с питьевым водоснабжением и ростом заболеваний, вызванных употреблением некачественной питьевой воды, приходится на Навоийскую, Хорезмскую, Сурхандарьинскую области и на Каракалпакстан. В этих условиях актуально проведение исследований по определению качества поверхностных вод и совершенствованию методов его оценки. Применяемая в настоящее время в Узбекистане методика оценки индекса загрязнения воды, рассчитываемая в соответствии с «Методическими рекомендациями по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям» была разработана еще в советское время и не отвечает современным требованиям. Указана необходимость совершенствования методов оценки качества поверхностных вод. Одной из перспективных методик является разработанный и используемый в оперативной практике в России «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям». Наиболее информативными комплексными оценками, получаемому по данному методу, являются удельный комбинаторный индекс загрязненности воды и класс качества воды.

Предложены более достоверные методики оценки качества поверхностных вод, расчет которых основан на использовании большего объема исходной информации. В частности – методика оценки качества поверхностных вод с учетом класса опасности ингредиентов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** экология, гидрология, качество поверхностных вод, здоровье населения, индекс загрязнения воды.

К беспрецедентному по масштабам негативному воздействию на экологию среднеазиатского региона привело продолжающееся усыхание Аральского моря. Неблагоприятные последствия ощутили на себе более 60 млн человек, проживающих в бассейне Аральского моря. На высохшем дне моря, служившем природно-климатическим регулятором Приаралья, образовалась песчано-соляная пустыня Аралкум площадью более 5,7 млн

© Курбанов Б.Т., 2019

га. Аральский кризис привел к резкому дефициту и высокой загрязненности речных вод, используемых для питьевого водоснабжения и орошения, ухудшению здоровья населения, росту детской смертности и пр. [1, 2]. По данным ВОЗ, 50 % заболеваемости населения в мире связано именно с качеством питьевой воды. Удельная водообеспеченность в Узбекистане в связи с ростом населения продолжает оставаться острой проблемой. Чрезмерное загрязнение водных ресурсов, их нерациональное использование привели к сложной ситуации с обеспечением водными ресурсами и качеством питьевой воды. Уровень централизованного обеспечения чистой питьевой водой в Узбекистане в настоящее время составляет 68 %. А в Каракалпакстане этот показатель достиг лишь 52 %, в Бухарской области – 53 %, в Кашкадарье и Сурхандарье – 54 %, в Хорезмской области – 56 %. В аварийном состоянии находятся 27 тыс. км или 38 % водопроводных сетей, вышли из строя 2 тыс. (20 %) насосов. Лишь в 79 городах (57 %) страны имеются системы канализации, 23 % которых нуждается в ремонте.

В результате нитратного загрязнения источников питьевого водоснабжения в Узбекистане высок процент заболеваний печени, почек, нервной системы. Критическое положение по снабжению питьевой водой и росту заболеваний, вызванных ее употреблением, сложилось в Навоийской, Хорезмской, Сурхандарьинской областях и в Каракалпакстане [3]. Дефицит питьевого водоснабжения вынуждает население бросать свои дома и уезжать в более благоприятные с точки зрения питьевого водоснабжения районы. На рис. 1 приведен пример заброшенного селения в Сурхандарьинской области в 20 км к югу от Пачкамарского водохранилища.



**Рис. 1.** Заброшенное селение в 20 км от Пачкамарского водохранилища, 2018 г.

В 20 % проб воды поверхностных источников Ургенча обнаруживали вирусы, в Нукусе – в 100 % проб поверхностных вод и в 75 % проб воды из подземных источников. Кроме того, 28–75 % проб из подземных источников Нукуса были нестандартны по коли-индексу, а 15–21 % проб содержали патогенные бактерии. В Хорезмской области прослеживалась связь между наличием возбудителей кишечных инфекций в водных объектах и заболеваемостью населения [1, 4]. Действующий в настоящее время в Республике Узбекистан мониторинг за водными объектами хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения требует совершенствования, т. к. не гарантирует эпидемической безопасности [5]. Вследствие неблагоприятной экологической обстановки наблюдается ряд негативных последствий для жителей Приаралья экономического характера, высокая детская и материнская смертность [6].

Реки региона на всем своем протяжении подвержены загрязняющему влиянию животноводческих, коммунально-бытовых, промышленных стоков и коллекторно-дренажных вод. В пределах республики в поверхностные водотоки поступают загрязненные сточные воды более чем 5 тыс. объектов водопользователей, что составляет примерно 20 % от общего водоотведения в открытые водные объекты [7].

Все вышеизложенное свидетельствует об актуальности проведения исследований по качеству поверхностных вод. Основной целью данной работы является анализ методов оценки степени загрязнения поверхностных вод, в т. ч. с учетом класса опасности ингредиентов.

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Комплексная оценка качества воды по гидрохимическим показателям в Узбекистане производится по индексу загрязнения воды (ИЗВ). В основе расчета ИЗВ лежит методика, разработанная в Управлении наблюдений и контроля загрязнения окружающей среды Государственного комитета СССР по гидрометеорологии [8]. Напомним, что под предельно допустимой концентрацией (ПДК) понимается такая максимальная концентрация химических элементов и их соединений в окружающей среде, которая при повседневном влиянии в течение длительного времени на организм человека не вызывает патологических изменений или заболеваний, устанавливаемых современными методами исследований, в любые сроки жизни настоящего и последующего поколений [9]. Значения ПДК, устанавливаемые на основании экспериментальных данных о токсичности и иных исследований, не одинаковы в разных странах и периодически пересматриваются на основании современных научных исследований и разработок.

Как отмечено выше, для оценки ИЗВ применяют методику, разработанную еще в советские времена [8]. По данной методике ИЗВ рассчитывает-

ся по шести гидрохимическим показателям – содержание растворенного кислорода, БПК и четырех загрязняющих веществ, имеющих наиболее высокие по отношению к ПДК показатели. Узгидромет проводит гидрохимический анализ по створам, количество которых составляет около 100 гидростов. Загрязняющие вещества выбираются из данных гидростов, по которым проводится анализ [10]. ПДК устанавливаются из расчета, что существует некое предельное значение вредного фактора, ниже которого пребывание в данной зоне (или, например, использование продукта) совершенно безопасно. В результате современных исследований сделан вывод об отсутствии нижних безопасных порогов, следовательно, и ПДК при воздействии некоторых ингредиентов, в частности – канцерогенов и ионизирующей радиации. Список таких веществ постоянно пополняется. Любое превышение привычных природных фонов опасно для живых организмов в цепи поколений [11].

В свете изложенного используемые для расчета ИЗВ значения ПДК не являются истиной в последней инстанции. Расчеты ИЗВ по методике [8] для разных створов могут быть произведены по разным ингредиентам. Данный факт вызывает определенные сомнения в сопоставимости результатов расчетов ИЗВ и оценки степени загрязнения поверхностных вод для разных створов. В этой ситуации достоверность оценок ИЗВ, на наш взгляд, может быть повышена, если привлечь к анализу все ингредиенты с ПДК больше единицы.

$$K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{P_i}, \quad (1)$$

где  $K$  – концентрация ингредиентов;

$C_i$  – значение  $i$ -го ингредиента;

$P_i$  – ПДК  $i$ -го ингредиента

$n$  – количество всех ингредиентов, превышающих ПДК.

Если исходить из предположения, что даже в тех случаях, когда содержание отдельных ингредиентов не превышает ПДК, они могут оказывать негативное воздействие на здоровье человека, целесообразно для анализа и оценки степени загрязнения поверхностных вод использовать все ингредиенты, по которым проводится анализ. В этом случае концентрация ингредиентов рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{P_i}, \quad (2)$$

где  $N$  – количество всех анализируемых ингредиентов.

В настоящее время при оценке качества поверхностных вод все чаще применяется «вероятностный» подход, развиваемый ЕРА (Управлением по охране

окружающей среды США) с начала 1980-х годов [9]. В этой концепции учтена возможность совместного действия вредных факторов, причем их весовые коэффициенты могут меняться в зависимости от симбатности (мера схожести зависимостей) или аддитивности (величина, относящаяся к системе в целом, равна сумме величин, относящихся к ее составным частям) этих факторов. Такой подход исключает использование фиксированных ПДК, заменяя их специальными исследованиями оценки риска, более обоснованными и информативными. В предельном случае оценка риска может дать и значения лимитов на концентрации (уровни) вредных факторов, совпадающие с ПДК.

В предлагаемой ниже методике оценки степени загрязнения поверхностных вод учитывается класс опасности через повышающие весовые коэффициенты. При установлении этой величины опираются одновременно на несколько показателей. Перечень значений и правила присвоения степени опасности определены ГОСТ 12.1.007–76. Показатели концентраций, способных вызвать летальный исход при различных способах введения вещества в организм, являются основными при определении степени опасности. Решающим считается показатель, соответствующий более высокому классу [12]. Например, чрезвычайно опасные вещества I класса даже в малом количестве способны вызвать летальный исход. Для человека смертельной станет пероральная доза всего в 15 мг на 1 кг массы тела. В случае воздействия через кожу летальным станет количество около 100 мг на 1 кг. Предельно допустимая концентрация таких соединений в воздухе – менее 0,1 мг на 1 м<sup>3</sup> [12].

Как отмечено выше, на основе новейших исследований в развитых странах ПДК для различных ингредиентов периодически пересматриваются и уточняются. Необходимость пересмотра методов оценки степени загрязнения поверхностных вод отмечают многие исследователи. Эти вопросы акцентированы и в Национальном докладе об использовании и охране водных ресурсов в Республике Узбекистан [7], где указана необходимость разработки современных критериев для оценки качества воды и устойчивости экосистем, связанных с водным фактором.

В итоге анализа ряда методик по оценке качества поверхностных вод в [13] предложено использовать метод В.В. Шабанова [14]. Основным отличием предлагаемой модели является введение показателя кратности сверхнормативного загрязнения, который, с одной стороны, характеризует уровень загрязнения воды без учета гидрохимического фона, с другой – может определяться через составляющие водохозяйственного баланса.

В настоящее время в России разработан «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» (разработчики В.П. Емельянова, Е.Е. Лобченко) [15]. Этот документ утвержден и введен в действие Росгидрометом 03.12.2002 вместо действовав-

ших ранее «Методических рекомендаций по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям» [8]. Наиболее информативными комплексными оценками, получаемыми по «Методу комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям», являются:

- удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ);
- класс качества воды.

УКИЗВ определяется по 16 градациям. Класс качества воды устанавливается на основе значений УКИЗВ, при которых поверхностные воды по степени загрязненности разделяются на 5 классов – от «условно чистых» до «экстремально грязных». Комплексные показатели могут быть использованы для решения широкого круга задач анализа, оценки, классификации, прогнозирования загрязненности поверхностных вод при разработке природоохранных мероприятий.

По предлагаемой методике [16] расчет ИЗВ производится по всем ингредиентам, значения которых превышают ПДК, с учетом класса опасности по формуле:

$$I = K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{P_i}; \quad (3)$$

где  $I$  – значение ИЗВ;

$K_1 = 0,1n + 0,4$ ;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий степень опасности ингредиентов для здоровья человека;

$C_i$  – значение превышения ПДК  $i$ -го ингредиента;

$P_i$  – значение ПДК.

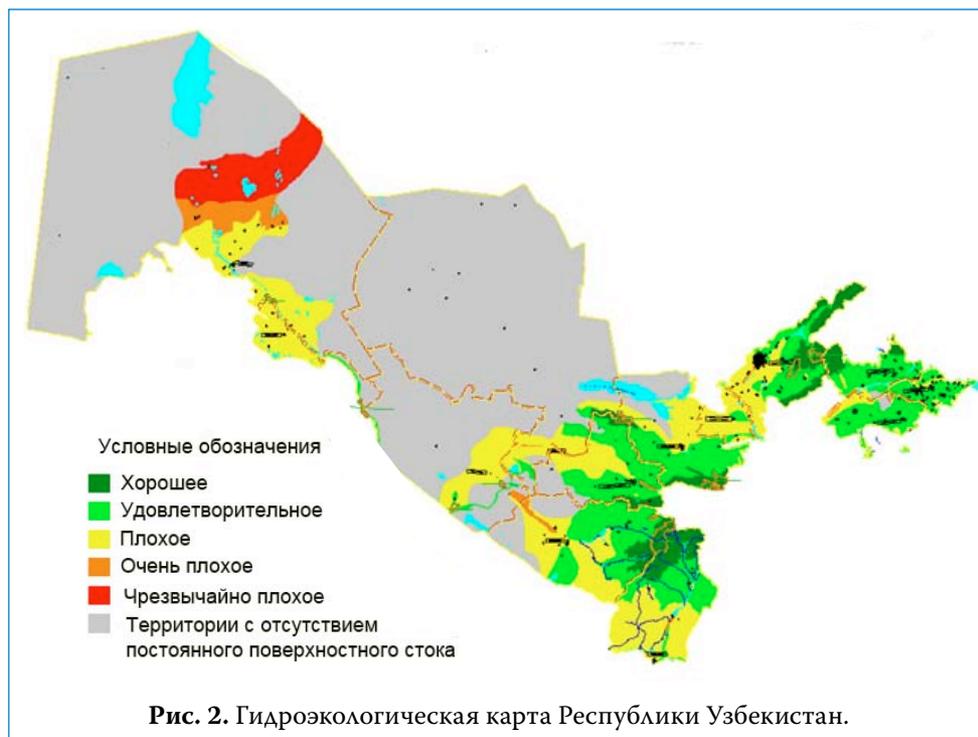
$n$  – количество ингредиентов с ПДК более единицы.

Значения коэффициента  $K_2$  были определены с привлечением экспертов. Получены следующие значения коэффициента  $K_2$  (таблица):

Таблица. Численные значения  $K_2$

Количество ингредиентов, превысивших ПДК	1–3		≥4	
	III, IV	Один ингредиент I или II класса, остальные III и IV класса	Один ингредиент I или II класса или два ингредиента II, остальные III и IV класса	Не менее одного ингредиента I класса и одного ингредиента II класса или три ингредиента II класса, остальные III и IV класса
K2	1,0	1,1	1,2	1,5

В опытном порядке по методикам (1) и (3) были разработаны карты районирования территории Узбекистана по качеству поверхностных вод, которые позволили выявить наиболее проблемные территории, требующие незамедлительных действий по устранению источников сильных загрязнений. Пример разработанной по методике (3) гидроэкологической карты Республики Узбекистан представлен на рис. 2.



Карта разработана по многолетним данным на программно-технологических комплексах INTERGRAPH и ArcGIS. В процессе разработки данной карты использована система ПДК для водоемов рыбохозяйственного использования, которая предъявляет более жесткие требования к качеству воды и в значительно большей степени соответствует экологическим требованиям, чем гигиенические ПДК [17]. Анализ показал, что данная карта хорошо согласуется с данными о заболеваемости населения по регионам Узбекистана.

### ВЫВОДЫ

Используемая в настоящее время в Узбекистане методика оценки индекса загрязнения воды, рассчитываемая в соответствии с «Методическими рекомендациями по формализованной комплексной оценке качества

поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям» была разработана еще в советское время и не отвечает современным требованиям. Более перспективным является разработанный и используемый в оперативной практике России «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям», который введен в действие Росгидрометом в 2002 г. вместо действующих ранее «Методических рекомендаций по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям».

Автором предложены методики, основанные на расчете ИЗВ с использованием большего объема исходной информации и являющиеся более достоверными. В частности, предложена методика оценки качества поверхностных вод с учетом класса опасности ингредиентов. Предлагаемые методики требуют дальнейших уточнений, но в целом, на наш взгляд, дают более достоверную оценку степени загрязнения поверхностных вод по сравнению с используемыми в настоящее время в Узгидромете. Разработанная с использованием данной методики гидроэкологическая карта в числе лучших научных разработок ученых Узбекистана демонстрировалась на Экспо-2000 в Ганновере, где получила высокую оценку специалистов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гаевая Т.Я., Писарева В.Н.* Экологическая ситуация в Узбекистане. Режим доступа: <http://igpi.ru/e404.html> (дата обращения: 02.03.2019).
2. *Рафииков В.А.* Проблемы Аральского моря. Что дальше? /сб. докладов межд. научн. конф. «Геофизические методы решения актуальных проблем современной сейсмологии, посвященной 150-летию Ташкентской научно-исследовательской геофизической обсерватории». Ташкент. 15–16 октября 2018 г. С. 377–382.
3. *Норматова Ш.А., Ашурова М.Д., Эрматова Г.А., Хожиматов Х.О., Султонов Г.Н., Болтабоев У.А.* Актуальные проблемы экологии и здоровья населения в Узбекистане. Режим доступа: <https://publikacia.net/archive/2014/5/2/60ч> (дата обращения: 03.03.2019).
4. Фонд защиты генофонда Приаралья. Эволюция Аральского моря. Режим доступа: [aralgenofond.org](http://aralgenofond.org) (дата обращения: 11.01.2019).
5. *Усманов И.А., Ходжаева Г.А., Мусаева А.К.* К вопросу совершенствования мониторинга водных объектов в Узбекистане. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-sovershenstvovaniya-monitoringa-vodnyh-obektov-v-uzbekistane> (дата обращения: 02.03. 2019).
6. Экологическая катастрофа Аральского моря. Режим доступа: [www.godmol.ru](http://www.godmol.ru) (дата обращения: 23.01.2019).
7. Uzbekistan National Report. Seminar on the role of ecosystems as water suppliers (Geneva, 13–14 december 2004). Национальный доклад об использовании и охране водных ресурсов в Республике Узбекистан. Режим доступа: <http://nauka.x-pdf.ru/17raznoe/606568-1-seminar-the-role-ecosystems-water>

- suppliers-geneva-13-14-december-2004-uzbekistan-national-report-nacionalniy-d.php (дата обращения: 12.03.2019).
8. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. М., 1988. 11 с.
  9. Предельно допустимая концентрация. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 02.03.2019).
  10. Качество поверхностных вод в Республике Узбекистан за 2011–2015 гг. Режим доступа: [http://livingasia.online/la\\_data/качество-поверхностных-вод-в-республ-2/](http://livingasia.online/la_data/качество-поверхностных-вод-в-республ-2/) (дата обращения: 07.02.2019).
  11. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.
  12. Классы опасности вредных химических веществ. Режим доступа: <https://vtothod.ru/klassy/klassy-opasnosti-vrednyh-himicheskikh-veshhestv-i-othodov> (дата обращения: 03.03.2019).
  13. Мягкова Н.В. Возможности совершенствования методов оценки качества воды в республике Узбекистан. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-sovershenstvovaniya-metodov-otsenki-kachestva-vody-v-respublike-uzbekistan> (дата обращения: 12.02.2019).
  14. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Методика эколого-водохозяйственной оценки водных объектов. М.: ВПО РГАУ МСХА им. К.А.Тимирязева, 2014. 162 с.
  15. РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Введ. 03.12.2002. СПб.: Гидрометеоиздат. 2003. 55 с.
  16. Патент № IDP 04390. Способ комплексной оценки качества речных вод /Курбанов Б.Т. и др. Государственное патентное ведомство РУз. Опубликовано 23.06.2000 г.
  17. Перечень рыбохозяйственных нормативов, предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: ВНИРО, 1999. 304 с.

*Для цитирования:* Курбанов Б.Т., К вопросу оценки качества поверхностных вод Узбекистана // Водное хозяйство России. 2019. № 5. С. 80-96.

#### **Сведения об авторе:**

**Курбанов Бахтиёр Тохтаевич**, канд. физ.-мат. наук, заведующий лабораторией, Национальный центр государственных кадастров, геодезии и картографии Госкомземгеодезкадастра Республики Узбекистан, Республика Узбекистан, 100097, г. Ташкент, пр. Бунёдкор, 28; e-mail: bk1948@bk.ru

УДК 504.45:574.5

## ON THE ISSUE OF THE UZBEKISTAN SURFACE WATER QUALITY ASSESSMENT

**Bakhtiyor T. Kurbanov**

E-mail: bk1948@bk.ru

*National Center of State Cadasters, Geodesy and Cartography*

**Abstract:** The article is devoted to the analysis of the quality of surface water in Uzbekistan. Analyzed their impact on the living conditions and health of the population of the republic. The most difficult situation with drinking water supply and with the growth of diseases caused by the use of poor-quality drinking water falls on the Navoi, Khorezm, Surkhandarya regions and Karakalpakstan. The stated data makes it relevant to conduct research to determine the quality of surface waters and improve the methods of its assessment. The analysis of existing methods for assessing the quality of surface waters. The technique of assessment of the index of pollution of water applied now in Uzbekistan counted in compliance with "Methodical recommendations about the formalized complex evaluation test of the surface and ocean waters about hydro/chemical indexes" was developed in Soviet period and doesn't meet the modern requirements. The need to improve the methods for assessing the quality of surface waters as compared with that currently used in Uzhydromet is indicated. One of the most promising at present is the "Method of integrated assessment of the degree of contamination of surface waters by hydro/chemical indicators" developed and used in operational practice in Russia. The most informative comprehensive estimates obtained by this method are the specific combinatorial index of water pollution and the class of water quality.

The author proposed methods for assessing the quality of surface waters, the calculation of which is based on the use of a larger amount of initial information and are more reliable than those used. In particular, the proposed methodology for assessing the quality of surface waters, taking into account the hazard class of ingredients.

**Key words:** ecology, hydrology, surface water quality, public health, water pollution index.

The continuous drying of the Aral Sea has caused unprecedented negative impact upon environment of the Middle Asia region. Over 60 million population feel unfavorable consequences of his phenomenon. The Aralkum sand/salt desert with more than 5.7 million hectares area appeared on the dried bottom of the sea that used to be a natural/climatic regulator of the Aral Region. The Aral crisis has led to the sharp deficit and high pollution of river waters used for drinking water supply and irrigation, consequently to serious deterioration of public health, increase of infant mortality, etc. [1, 2]. According to WHO, 50 % morbidity in the world are connected with the drinking water quality. Specific water supply in Uzbekistan remains to be an acute problem due to fast growth of population. Excessive pollution of water resources and irrational use of them have caused an occurrence of the complicated situation with water resources supply and drinking water quality. In Uzbekistan rake of sicknesses of liver, kidneys, and nervous system in high due to nitrates pollution of the drinking water supply sources. The most critical situation with drinking water supply and morbidity because of its use is in Navoi, Khorezm, Surkhandarya oblasts and Karakalpakstan [3]. The drinking



**Fig. 1.** The abandoned village in 20 km from the Pachkamar Reservoir, 2018.

water deficit makes the population to abandon the houses and to leave for the regions more favorable in terms of drinking water supply. Fig.1 gives an example of the abandoned village in Surkhandarya Oblast, 20 km to the south from the Pachkamar Reservoir.

In 20 % of water samples from the Urgench surface water sources they managed to find viruses, while in Nukus the respective figures were 199% of surface water samples and 75 % of groundwater samples. Besides, 28–75 % samples from the Nukus groundwater samples were non-standard in respect of coli index, and 15-31% of samples contained pathogenic bacteria. In Khorezm Oblast one can track certain connection between the presence of enteric infectious agents in water bodies and the population sickness rate [1, 4]. The currently applied in Uzbekistan monitoring system for water bodies of domestic/drinking and recreation/municipal purposes requires improvement as it does not secure epidemic safety [5]. Due to unfavorable environmental situation, there are some negative consequences for the Aral region inhabitants: economic difficulties, high infant and maternal mortality [6].

The region's rivers are subjected to polluting impact of cattle-breeding, municipal, industrial and drainage discharges along all their lengths. Within the Republic's boundaries more than 5 thousand water users discharge polluted waste waters to the surface watercourses; this is approximately 20 % of total water disposal to open water bodies [7].

All the above said is an evidence of importance of conducting researches of the surface waters' quality. The main object of this study is an analysis of the assessment methods for the surface waters pollution degree including the ingredients class of danger.

#### STUDY METHODS AND DISCUSSION OF RESULTS

In Uzbekistan they assess water quality in respect of hydro/chemical indicators by the Water Pollution Index (WPI). WPI is based on a method developed in the USSR State com-

mittee on Hydro/meteorology Department of Observations and Environment Pollution Control [8]. Let us remind, the maximal permissible concentration (MPC) is interpreted as a such maximal concentration of chemical elements and their compounds in environment that, in case of every day long time impact upon human organism does not cause pathological changes or diseases that can be detected by current methods of investigation in any life terms of the present or future generations [9]. The MPC values based on experimental data on toxicity and other researches are not identical in different countries and periodically are subjects to revision based on the modern scientific studies and developments.

As we noted above, to assess WPI they use the method developed as early as in the Soviet time [8]. Compliant to this method WPI is to be calculated against six hydro/chemical indicators: dissolved oxygen content, BOD and four pollutants with the highest in respect of MPC indicators. Usgidromet conducts hydro/chemical analysis over the reaches with around 100 hydro measuring points. The pollutants are to be selected from the hydro-points' data collected for the analysis [10]. MPC is to be set according to the supposition that there is some limit of an adverse factor below which the presence in the certain zone (or, for instance, the use of a certain product) is absolutely safe. As a result of the latest research one can conclude about the absence of safe lower thresholds (and, consequently, MPC) in case of some ingredients' (particularly, carcinogens and ionizing radiation) impact. The list of such substances is continuously replenishing. Any exceeding of the habitual natural background is potentially dangerous for living beings in the chain of generations [11].

In the light of the above said the MPC values used for calculating of WPI couldn't be considered an absolute verity. Calculating of WPI according to the method [8] for different reaches can be performed with different ingredients. This fact can provoke certain doubts about comparability of the WPI calculations and assessment of the surface waters' pollution degree or different reaches. In this situation the WPI reliability, in our opinion, can be enhanced in case of attraction to the analysis all ingredients with MPC exceeding unit.

$$K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{P_i}, \quad (1)$$

where  $K$  is the ingredients concentration;

$C_i$  is the value if the  $i$ -th ingredient;

$P_i$  is MPC of the  $i$ -th ingredient;

$n$  is the quantity of all ingredients exceeding MPC.

If we assume that even in cases when individual ingredients' content does not exceed MPC they could negatively affect human health, it would be expedient to use all ingredients involved in the analysis for assessment the surface water pollution degree. In this case, the ingredients' concentration is to be calculated according to the formula:

$$K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{P_i}, \quad (2)$$

where  $N$  is a quantity of all ingredients under analysis.

Nowadays a "probabilistic" approach developed by US Environment Protection Administration (EPA) since early 1980s is more often applied in assessment of the surface waters

quality [9]. This concept takes into account the possibility of joint action of adverse factors, at that their weight coefficients can vary dependent on symbasis (the measure of dependencies' similarity) or additivity (the measure relative to the system as a whole, equal to the sum of values relative to its components). Such an approach excludes the use of the fixed MPCs while substituting them for the special investigations in order to assess risks, more grounded and informative. In extreme case, the risk assessment could give limit values for the adverse factors concentration (level) coinciding with MPC.

The proposed below method of the surface waters pollution assessment takes into account the class of danger through increasing weight coefficients. When setting this value they apply concurrently several indicators. GOST 12.1.007–76 defines the list of values and rules of the danger class assigning. Concentration indicators capable of causing a lethal outcome being input in an organism by various ways are the main indicators for determination of the danger class. An indicator corresponding the highest class is considered the decisive one [12]. For instance, extremely dangerous substances of the class 1 are able to cause a lethal outcome even in the smallest quantity. For a human being even 15 mg per 1 kg of the body weight peroral doze could be lethal. In case of the through-skin impact a 100 mg per 1 kg quantity would be lethal. Maximal permissible concentration of such substances in are is less than 0.1 mg/m<sup>3</sup> [12].

As we noted above, MPC in the developed countries periodically are subjects for revision and refining based on the latest researches. Many researchers emphasized the necessity of revision of methods of the surface waters pollution degree assessment. The National Report on the Water Resources Use and Protection in the Republic of Uzbekistan focused on these issues [7]. The Report underlined the necessity of the modern criteria development in order to assess water quality and sustainability of ecosystems associated with the water factor.

The analysis of a number of methods of surface waters' quality assessment resulted in the proposal in [13] to use a method suggested by V.V. Shabanov [14]. The main distinctive feature of the proposed model is an introduction of the super-norm pollution multiplicity indicator which can, on the one hand, characterize the water pollution level without taking into account the hydro/chemical background, an, on the other hand, can be determined through the water/economic balance components.

At present, they in Russia have developed the "Method of comprehensive assessment of the surface waters' pollution degree by hydro/chemical indicators" (authors V.P. Yemelyanova, Y.Y. Lobchenko) [15]. This document has been approved and implemented by Rosgidromet 03.12.2002 instead of earlier active "Methodical recommendations on formalized comprehensive assessment of surface and sea water quality by hydro/chemical indicators" [8]. The most informative integrated estimations obtained with the "Method of comprehensive assessment of the surface waters' pollution degree by hydro/chemical indicators" are the following:

- water pollution specific combinatory index (WPSCI);
- class of water quality.

WPSCI is to be determined by 16 gradations. He water quality class is determined based on the WPSCI values when surface waters are divided into 5 classes from "conditionally clean" to "extremely polluted" in respect of the pollution degree. The integrated indicators can be applied for solution of a wide spectrum of tasks of analysis, assessment,

classification, and forecasting of the surface waters pollution when developing any nature/protective measures.

According to the proposed method [16] the WPI calculating is performed against all ingredients whose values are higher than MPC with taking into account the danger class according to the formule

$$I = K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{P_i}; \quad (3)$$

where  $I$  is the WPI value;

$K_1 = 0,1n+0,4$ ;

$K_2$  is a coefficient taking into account the degree of ingredients' danger for human health;

$C_i$  is the value of MPC excess of the  $i$ -th ingredient;

$P_i$  is the MPC value;

$n$  is the quantity of ingredients with MPC exceeding a unit.

Values of  $K_2$  coefficient were determined with participation of appropriate experts. We have obtained the following values of  $K_2$  coefficient (Table).

**Table.** Numerical values of  $K_2$

Number of ingredients exceeding maximal permissible concentration	1–3		≥4	
	Danger class	III, IV	One ingredient of Class I or II, the rest are of Class III and IV	One ingredient of Class I or II or two ingredients of Class II, the rest are of Class III and IV
$K_2$	1.0	1.1	1.2	1.5

Experimentally we have developed the maps of the Uzbekistan territory zoning in terms of the surface waters' quality according to the methods (1) and (3). These maps have enabled to reveal the most problematic territories that require immediate actions in order to remove the strong pollution sources. In Fig. 2 we present an example of the hydro/ecological map of the Republic of Uzbekistan developed according to the method (3).

We have developed the map based on many-year data with INTERGRAPH and ArcGIS soft/hardware complexes. The process employed the system of fishery MPCs which is more strict in terms of water quality and more consistent with ecological requirements than hygienic MPS [17]. Analysis has shown that this map is in a good agreement with data concerning sickness rate in the regions of Uzbekistan.

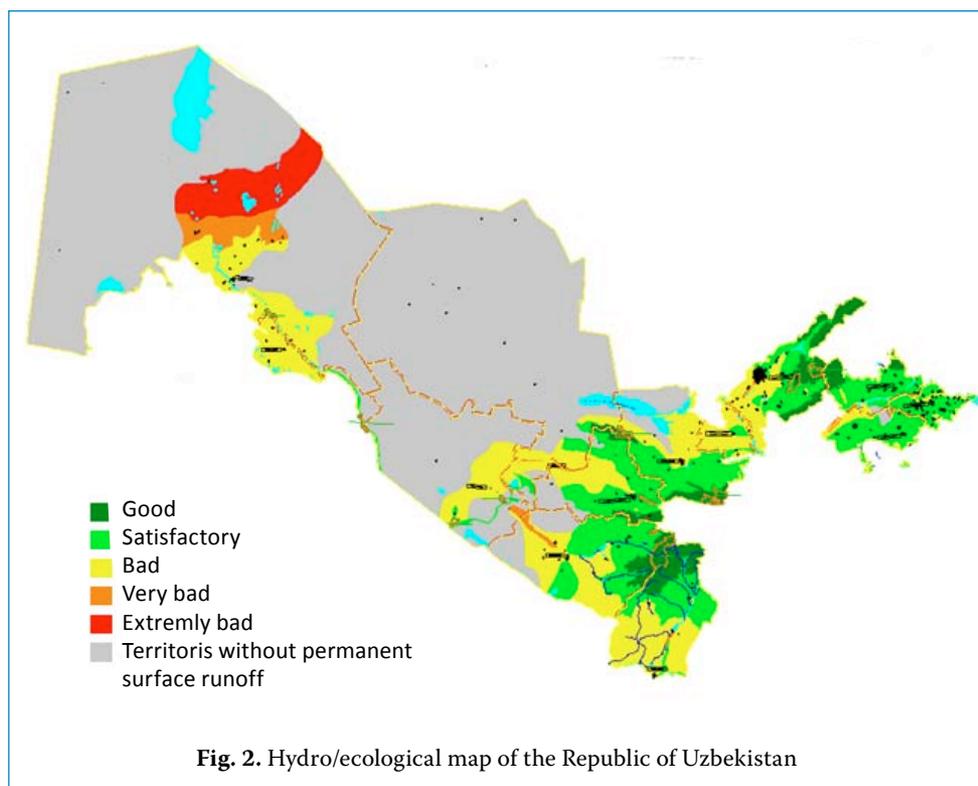


Fig. 2. Hydro/ecological map of the Republic of Uzbekistan

## CONCLUSIONS

The method of the water pollution index assessment based on the “Methodical recommendations on formalized comprehensive assessment of surface and sea water quality by hydro/chemical indicators” was developed as early as in the Soviet times and it does not satisfy current demands. The “Method of comprehensive assessment of the surface waters’ pollution degree by hydro/chemical indicators” developed and applied in operative practice in Russia is more informative. It has been adopted by Rosgidromet in 2002 instead of earlier active “Methodical recommendations on formalized comprehensive assessment of surface and sea water quality by hydro/chemical indicators”.

The author proposes the methods based on the WPI calculation with the use of the big amount of initial information. These methods are more reliable in comparison with the currently used methods. In particular, the author suggests the surface water quality assessment method with taking into account the ingredients’ class of danger. The proposed methods require further refinement but as a whole, in our opinion, they provide more authentic estimate of, the surface water pollution degree in comparison with those that currently Uzgidromet uses. The hydro/ecological map developed with the use of this method gained a high appraisal of experts in Hannover at Expo-2000 when it was exhibited there among other best achievements of scientists of Uzbekistan.

## REFERENCES

1. *Gaevaia T.Ia., Pisareva V.N.* 1995g. Ekologicheskaiia situatsiia v Uzbekistane. [Environmental situation in Uzbekistan] (Elektronnyi resurs). Rezhim dostupa: <http://igpi.ru/e404.html>. Data obrashcheniia: 02.03.2019.
2. *Rafikov V.A.* Problemy Aral'skogo moria. Chto dal'she? [Problems of the Aral Sea. What's next?] Sbornik dokladov mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Geofizicheskie metody resheniia aktual'nykh problem sovremennoi seismologii, posviashchennoi 150-letiiu Tashkentskoi nauchno-issledovatel'skoi geofizicheskoi observatorii. Tashkent 15-16 oktiabria 2018g. P. 377–382.
3. *Normatova Sh.A., Ashurova M.D., Ermatova G.A., Khozhimatov Kh.O., Sultonov G.N., Boltaboev U.A.* Aktual'nye problemy ekologii i zdorov'ia naseleniia v Uzbekistane. [Current problems of ecology and public health in Uzbekistan] (Elektronnyi resurs). Rezhim dostupa: <https://publikacia.net/archive/2014/5/2/60ch>. Data obrashcheniia: 03.03.2019.
4. Fond zashchity genofonda Priaral'ia [Foundation for the Aral Region genetic fund protection] (Elektronnyi resurs). Rezhim dostupa: > Evoliutsiia Aral'skogo moria. aralgenfond.org. Data obrashcheniia: 11.01.2019.
5. *Usmanov I.A., Khodzhaeva G.A., Musaeva A.K.* K voprosu sovershenstvovaniia monitoringa vodnykh ob'ektov v Uzbekistane. [On the issue of improvement of the water bodies' monitoring in Uzbekistan] (Elektronnyi resurs). Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-sovershenstvovaniya-monitoringa-vodnyh-obektov-v-uzbekistane>. Data obrashcheniia: 02.03.2019.
6. Ekologicheskaiia katastrofa Aral'skogo moria. [Environmental disaster in the Aral Sea] (Elektronnyi resurs). Rezhim dostupa: [www.godmol.ru](http://www.godmol.ru). Data obrashcheniia: 23.01.2019.
7. Uzbekistan National Report. Seminar on the role of ecosystems as water suppliers (Geneva, 13-14 december 2004) .Natsional'nyi doklad ob ispol'zovanii i okhrany vodnykh resursov v Respublike Uzbekistan. (Elektronnyi resurs). Rezhim dostupa: <http://nauka.xpdf.ru/17raznoe/606568-1-seminar-the-role-ecosystems-water-suppliers-geneva-13-14-december-2004-uzbekistan-national-report-nacionalniy-d.php>. Data obrashcheniia: 12.03.2019.
8. Metodicheskie rekomendatsii po formalizovannoi kompleksnoi otsenke kachestva poverkhnostnykh i morskikh vod po gidrokhimicheskim pokazateliam. [Methodical recommendations on the formalized comprehensive assessment of the surface and sea waters against hydro/chemical indicators] M., 1988. 11 pp.
9. Predel'no dopustimaia kontsentratsiia [Maximal permissible concentration] (Elektronnyi resurs). Rezhim dostupa: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>. Data obrashcheniia: 02.03.19.
10. Kachestvo poverkhnostnykh vod v Respublike Uzbekistan za 2011-2015 gg. [The surface water quality in the Republic of Uzbekistan] (Elektronnyi resurs). Rezhim dostupa: [http://livingasia.online/la\\_data/kachestvo-poverkhnostnykh-vod-v-respubl-2/](http://livingasia.online/la_data/kachestvo-poverkhnostnykh-vod-v-respubl-2/). Data obrashcheniia: 07.02.2019.
11. *Reimers N.F.* Prirodopol'zovanie: Slovar'-spravochnik. [Nature use: Reference Dictionary] M.: Mysl', 1990. 637 pp.
12. Klassy opasnosti vrednykh khimicheskikh veshchestv. [The hazardous chemical substances' classes] (Elektronnyi resurs). Rezhim dostupa: <https://vtohod.ru/klassy/klassy-opasnosti-vrednyh-himicheskikh-veshchestv-i-othodov>. Data obrashcheniia: 03.03.2019.

13. *Miagkova N.V.* Vozmozhnosti sovershenstvovaniia metodov otsenki kachestva vody v respublike Uzbekistan. [Possibilities for improvement of the water quality assessment methods in the Republic of Uzbekistan] (Elektronnyi resurs). Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-sovershenstvovaniya-metodov-otsenki-kachestva-vody-v-respublike-uzbekistan>. Data obrashcheniia: 12.02.2019.
14. *Shabanov V.V., Markin V.N.* Metodika ekologo-vodokhoziaistvennoi otsenki vodnykh ob»ektov. [Methods of the water bodies' ecological/water/economic assessment] Monografiia. M.: FGBOU VPO RGAU MSKhA im. K.A.Timiriazeva, 2014. 162 s.
15. RD 52.24.643-2002. Metodicheskie ukazaniia. Metod kompleksnoi otsenki stepeni zagriaznennosti poverkhnostnykh vod po gidrokhimicheskim pokazateliyam. [Methodical instructions. Method of comprehensive assessment of the surface waters' pollution degree against hydro/chemical indicators] Vved.03.12.2002. Sankt-Peterburg 2003. 55 pp.
16. Patent № IDP 04390. Sposob kompleksnoi otsenki kachestva rechnykh vod [Method of comprehensive assessment of the river waters quality] /Kurbanov B.T. i dr. Gosudarstvennoe patentnoe vedomstvo RUz. Opublikovano 23.06.2000g.

**About the authors:**

Bakhtiyor T. Kurbanov, Ph.D. of Physics and Mathematics, Senior Researcher, Head of Laboratory, National Center for State Cadastre, Geodesy and Cartography of the State Committee on Land Resources, Geodesy, Cartography and State Cadastre, Republic of Uzbekistan, 100097, Tashkent, Avenue Bunyodkor, 28 tel. (99894) 6493976, e-mail: bk1948@bk.ru

**For citation:** *Kurbanov B.T. On the Issue of the Uzbekistan surface water quality assessment // Water sector of Russia. 2019. No. 5. P. 80-96.*