

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ НА КАЧЕСТВО ВОДЫ В ИРРИГАЦИОННОЙ СЕТИ Г. ТАШКЕНТА И ПУТИ ЕЕ РЕАБИЛИТАЦИИ

Н. И. РАХМАТОВА, Е. М. ВИДИНЕЕВА, Н. Г. ВЕРЕЩАГИНА
*Научно-исследовательский гидрометеорологический институт,
Ташкент, Узбекистан*
e-mail: nigmi@albatros.uz

The Tashkent city impact on water quality in the irrigation system was assessed. Operating efficiency of treatment facilities was evaluated. Chemical composition of water along the length of the channels was studied. Water pollution was assessed by group indices considering the category of danger of polluting substances.

Столица Узбекистана Ташкент — крупнейший промышленный город в Средней Азии с населением более 2 млн человек. Город расположен в зоне с аридным климатом, поэтому происходит интенсивное использование воды из водотоков и водоемов для целей ирригации и рекреации. Антропогенное влияние большого города в условиях аридного климата ухудшает гидроэкологический режим поверхностных вод и отрицательно сказывается на состоянии гидробиоценозов.

Водные экосистемы — это наиболее уязвимое звено природных систем, подверженных антропогенному прессу в условиях крупного промышленного города, и изучение влияния сточных вод на качество воды в водотоках является одной из актуальнейших проблем в большом городе.

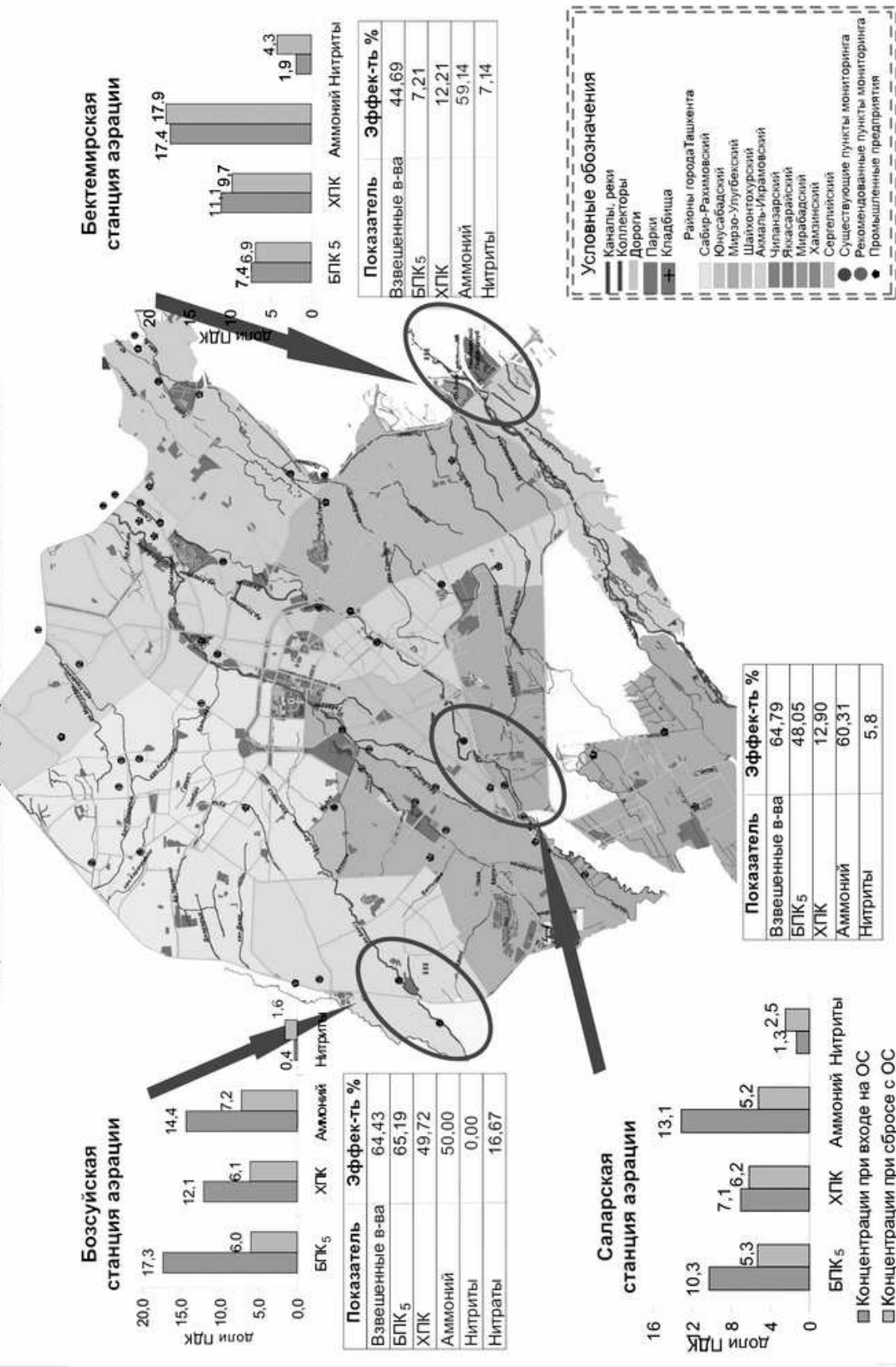
На территории Ташкента расположено около 600 крупных и средних водопользователей, а также 2600 объектов среднего и малого бизнеса, воздействующих на воды города. Из них около 300 имеют либо водозаборы, либо сбросы в открытые водоемы.

Мониторинг состояния поверхностных вод на четырех крупных водотоках у входа в город и при выходе из него проводится Узгидрометом и Городским комитетом охраны природы (на 27 створах в черте города). Горкомприроды производит отбор сточных вод на химический анализ из сосредоточенных сбросов их с 20 предприятий города (см. рисунок).

Чтобы оценить воздействие сточных вод, нами выбраны семь специфических загрязняющих веществ, концентрации которых чаще всего превышают ПДК в них: ионы аммония, нитритные, медь, цинк, нефтепродукты, органические вещества нестойкие (по БПК) и вся органика (по ХПК).

Для более объективной оценки работы очистных сооружений проанализированы данные Ташгоркомприроды по эффективности работы очистных сооружений, на карте-схеме выделены места расположения очистных сооружений и в долях ПДК приведены концентрации некоторых химических веществ в воде, поступающей в очистные сооружения и сбрасываемой из них в водотоки.

Карта-схема гидрографической сети г.Ташкента



На рисунке также приведены результаты расчетов эффективности работы очистных сооружений, которая составляет в среднем 50–60 %: в воде, сбрасываемой в водотоки после очистных сооружений, концентрации почти всех загрязняющих веществ превышают ПДК.

Для оценки загрязнения поверхностных водотоков сточными водами изучены изменения концентраций загрязняющих веществ по длине каналов Бозсу и Салар. Содержание всех загрязняющих веществ резко возрастает ниже станций аэрации, что показывает, как велика роль Саларской и Бозсуйской станций аэрации в загрязнении городских водотоков. Под влиянием сбросов Саларской станции аэрации содержание почти всех загрязняющих веществ превышает ПДК: азот аммонийный (характеризующий количество биогенных веществ, в том числе и фекальное загрязнение) — 2.7 ПДК; азот нитритный — 2.4 ПДК; ХПК (показатель общей органики) — 5.3 ПДК; БПК₅ (показатель нестойкой органики) — 3.2 ПДК. После сбросов Бозсуйской станции аэрации также содержание в воде многих загрязняющих веществ превышает ПДК: азот аммонийный — в три раза, ХПК — в 5.2 раза, БПК₅ — в три раза. Нефтепродукты уже на входе в город в Бозсу и Саларе превышают ПДК в полтора и три раза соответственно, а на выходе из города концентрации нефтепродуктов в Бозсу — 4 ПДК, Саларе — 7.4 ПДК.

Итак, даже после разбавления сточных вод относительно чистой водой каналов качество воды ниже очистных сооружений ухудшается в среднем в 2–3 раза.

Для интегральной оценки качества вод в каналах города нами рассчитаны групповые индексы загрязнения воды (ИЗВ), позволяющие дифференцировать загрязняющие вещества по генезису и степени токсикологической опасности. Индексы загрязнения воды рассчитывались по методике, предложенной Казахским научно-исследовательским институтом мониторинга окружающей среды и климата [1]. Эта комплексная методика позволяет учесть все измеряемые в системе гидрометслужбы характеристики химического состава воды и в то же время оценить качество воды по отдельным группам элементов, предварительно объединенных между собой по идентичности, генетическому происхождению, токсичности и т. п. Ниже приводится краткое описание этой методики.

1. Все элементы химсостава разбиваются на следующие условные группы:

- главные ионы — Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$, SO_4^{2-} , Cl^{-} ;
- биогенные элементы — NH_4^{+} (аммоний); NO_2^{-} (нитриты), NO_3^{-} (нитраты), $\text{P}_{\text{общ}}$ (фосфор общий), Si (кремний);
- тяжелые металлы — Cu, Zn, Pb, Cd, Cr (III), Cr (VI), Mn, Hg, Ni, Co, Sn, Bi, Mo, Fe (II), Fe (III);
- ядовитые вещества (цианиды, фтор, сероводород, мышьяк, нитробензол);
- органические вещества (нефтепродукты, смолы, углеводы, жиры, фенол, синтетические поверхностно-активные вещества). Нами в эту группу добавлены косвенные показатели содержания органики — ХПК и БПК₅;
- хлорорганические пестициды (ДЛТ, ДДД, ДДЕ, ГХЦГ, севин, гексахлорбензол).

2. Для каждой группы рассчитывается индекс загрязнения воды:

$$\text{ИЗВ}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_i} \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}, \quad (1)$$

где ИЗВ_j — индекс загрязненности j -й группы; C_i — концентрация i -го ингредиента; n_j — количество ингредиентов j -й группы.

3. Подсчитывается условный показатель комплексности загрязненности:

$$N = \frac{n'}{n} 100 \%, \quad (2)$$

где n' — число ингредиентов, привлекаемых для расчетов ИЗВ_{*j*}; n — общее число нормируемых ингредиентов в данном створе.

Если $N > 10$, то оценка действительно комплексная, а при $N < 10$ не все загрязняющие вещества, влияющие на качество воды, учтены. Кроме того, качество воды обязательно оценивается по содержанию растворенного кислорода (%) и БПК₅. Для питьевого водоснабжения предельно допустимая концентрация БПК₅ ≤ 2 , для рекреации ≤ 4 мг О₂/дм³; О₂ > 4 мг О₂/дм³.

Возможен еще один вариант определения и классификации загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям — с учетом класса опасности ингредиентов. На современном этапе есть множество методов комплексной оценки качества поверхностных вод по токсичности загрязняющих ингредиентов на гидробионтные и бентосные сообщества, основывающихся на классе опасности. Например, известна работа Л. Брагинского и др. [2], где определение качества поверхностных вод с точки зрения токсичности загрязняющих веществ построено на суммарной эквивалентной массе загрязняющих ингредиентов с учетом их индивидуальной опасности, суммарной опасности группы объединенных элементов по классам вредности, коэффициента опасности отдельного загрязняющего вещества в данной группе вредности. Многие из этих исследовательских работ по сути своей являются попытками выразить токсичность загрязняющих веществ с помощью проведения их вредности через первый и второй классы опасности, поскольку многочисленные медико-биологические, санитарно-эпидемиологические и токсикологические исследования показывают, что преобладающее влияние на здоровье населения оказывают именно загрязняющие ингредиенты с первым и вторым классом опасности [3, 4]. Поэтому исходя из международных стандартов обеспечения здоровья и необходимости учета при определении ИЗВ принципа приоритета здоровья населения весьма важно оценивать загрязненность поверхностных вод с учетом класса опасности загрязняющих ингредиентов.

При этом ИЗВ рассчитывается как отношение фактической концентрации вещества к произведению коэффициента класса опасности на ПДК. В санитарной токсикологии такое выражение, т. е. введение в расчетную формулу коэффициента класса опасности, принято называть коэффициентом изоэффективности. Таким образом, индекс загрязненности вод (ИЗВ_{*ко*}) с учетом класса опасности ориентирован на показатели, характеризующие различную степень опасности химических соединений для человека по их токсичности, кумулятивности, способности вызывать отдаленные побочные эффекты во взаимосвязи с лимитирующими показателями вредности. Следует также подчеркнуть, что определяемые ИЗВ с учетом класса опасности могут служить индикативной величиной при определении соединений, подлежащих первоочередному контролю в поверхностных водах; установлении последовательности первоочередных водоохранных мер; обосновании адресных рекомендаций по конкретному загрязнителю поверхностных вод, по замене высокоопасных ингредиентов на менее опасные в технологических процессах.

Для более четкого определения токсикологической роли загрязняющих веществ при оценке уровня их влияния на водный потенциал в рекомендуемом М.Ж. Бурлибаевым варианте расчета ИЗВ_{*ко*} весь перечень анализируемых ингредиентов группируется на следующие условные классы по признакам опасности:

— первый класс опасности (Hg, ГХЦГ, линдан, бенз(а)пирен, бериллий, таллий, элементарный фосфор и т. д.);

— второй класс опасности (ДДД, ДДТ, ДДЕ, NO₂⁻, Si, Pb, Se, Mo, Co, Cd, Ag, CN, SCN, Al, As, F, B и др.);

— третий класс опасности (Mg, Cl, нитробензол, гексахлорбензол, NH_4 , Fe^2 , Fe^3 , Cu, Zn, Ni, Cr^3 , Cr^6 , V, Ti и др.);

— четвертый класс опасности (SO_4^{2-} , ксантогенаты, фурфурол, ГХЦГ, фенол, нефтепродукты и др.).

Формула для расчета ИЗВ_{ko} для каждой группы запишется теперь в виде

$$\text{ИЗВ}_{ko} = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{K_{ko} \text{ПДК}_i}, \quad (3)$$

где ИЗВ_{ko} — индекс загрязненности вод с учетом класса опасности; K_{ko} — класс опасности i -го загрязняющего ингредиента; остальные обозначения прежние.

Индексы загрязненности вод нами определялись по методике [1] за год, по месяцам, в периоды весеннего половодья и летне-осенне-зимней межени. В соответствии с требованием к нормативно-чистым водам показатели ИЗВ должны быть меньше 2. Воды умеренного уровня загрязнения имеют ИЗВ от 2 до 6, высокого уровня загрязнения фиксируются при ИЗВ больше 10.

Анализ рассчитанных по вышеописанной методике групповых ИЗВ показал, что в современных условиях в водотоках Ташкента по большинству загрязняющих веществ лишь иногда отмечаются заметные превышения ПДК. Исключение составляют вещества азотной группы — ионы аммония и нитритные, содержание органики, особенно в летний период. Это вещества, характеризующие загрязнение воды коммунально-бытовыми стоками, в том числе и фекальными. Итак, в современных условиях, когда почти все промышленные предприятия города работают не на полную мощность, вода в поверхностных водотоках имеет умеренный уровень загрязнения по всем группам загрязняющих веществ, кроме биогенных элементов и органических веществ (см. таблицу). И только по этим двум группам четко прослеживается заметное влияние города Ташкента на загрязнение воды. Чтобы выявить это, проведено сравнение ИЗВ в пунктах наблюдений выше и ниже города. Такое влияние устанавливается очень четко: например, в январе 2003 г. $\text{ИЗВ}_{\text{биоген}}$ в нижнем створе канала-коллектора Салар оказался выше, чем в верхнем, в 8.5, а в июне — в 60.6 раз. Поэтому разработан и предложен следующий комплекс мероприятий, направленных на уменьшение сброса сточных вод в водотоки города, повышение эффективности работы очистных сооружений, что в конечном счете приведет к улучшению качества воды.

1. В результате рекогносцировочных обследований и анализа существующей информации выявлено, что мониторинг химического состава ведется лишь на четырех водотоках города, что недостаточно, и нами с учетом мест наибольшего загрязнения предложены дополнительные пункты отбора проб внутри города на таких крупных каналах, как Каракамыш, Анхор, Калькауз и др. (см. рисунок).

2. Известно, что эффективность работы очистных сооружений на промышленных предприятиях и в канализационных системах городов в Республике Узбекистан мала и недостаточна. Обеззараживание воды ультрафиолетовым излучением в настоящее время является реальной практической технологией, которая имеет необходимый потенциал дезинфекции патогенных и индикаторных микроорганизмов [5]. Промышленные и коммунально-бытовые сточные воды приносят в поверхностные и подземные воды массу патогенных бактерий. Поэтому перед сбросом в водотоки и водоемы сточные воды целесообразно обеззараживать ультрафиолетовым излучением.

3. В последние годы при очистке сточных промышленных вод для экономически и экологически выгодного извлечения многих веществ из них при процессах ионного обмена вместо обычных зерненных ионитов применяют полимерные фильтрующие элементы

Индекс загрязнения воды на верхних и нижних гидростворах

Водоток	Гидроствор (по отношению к г. Ташкенту)	ИЗВ (группы)			
		Главные ионы		Биогенные элементы	
		ИЗВ	$\frac{\text{ИЗВ}_{\text{ниж}}}{\text{ИЗВ}_{\text{верх}}}$	ИЗВ	$\frac{\text{ИЗВ}_{\text{ниж}}}{\text{ИЗВ}_{\text{верх}}}$
р. Чирчик	1 км выше	0.204	1.07 (январь)	0.79	0.75 (январь)
	3 км ниже	0.22		0.60	
Канал Бозсу	1 км выше	0.13	4.75 (январь)	0.5	2.14 (январь)
	1.5 км ниже	0.62		1.07	
	1 км выше	0.12	2.93 (июнь)	0.25	2.04 (июнь)
	1.5 км ниже	0.36		0.51	
Коллектор Салар	1 км выше	0.17	2.0 (январь)	0.49	21.19 (январь)
	14 км ниже	0.34		10.47	
	1 км выше	0.14	1.64 (июнь)	0.45	14.38 (июнь)
	14 км ниже	0.23		0.5	

пространственно-глобальной структуры — ПГС-полимеры. Эффективность работы ПГС-ионитов в 100 раз и более выше, чем обычных. ПГС-фильтры позволяют извлекать многие тяжелые металлы из сточных вод от предприятий цветной металлургии и очищать сточные воды от растворенных эмульгированных органических веществ [6]. Степень извлечения органики достигает 92–96 %, в то время как на очистных сооружениях г. Ташкента — не более 65 %.

Список литературы

- [1] Бурлибаев М.Ж. К концепции комплексной оценки качества поверхностных вод // Гидрометеорология и экология. 1998. № 3–4. С. 3–24.
- [2] Брагинский Л.П. Некоторые принципы классификации пресноводных экосистем по уровням токсической загрязненности // Гидробиолог. журн. 1985. Т. 21, № 6. С. 65–74.
- [3] Белогуров В.П., Лозанский В.Р., Песина С.А. Применение обобщенных показателей для оценки уровня загрязнения водных объектов // Комплексные оценки качества поверхностных вод. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. С. 33–43.
- [4] Белоусов А.П. и др. Использование комплексных показателей оценки загрязненности водных объектов для обоснования целесообразности и очередности внедрения на них водоочистных сооружений // Гидрохим. матер. 1988. Т. 101. С. 3–19.
- [5] Костенко С.В. и др. Обеззараживание воды УФ-излучением // Водные ресурсы Центральной Азии: Матер. научно-практ. конф. — МКВК. Алматы, февраль 2002. С. 565.
- [6] Любман Н.Я. ПГС-полимеры — новые возможности технологий водоподготовки и очистки сточных вод // Там же. С. 549.

Поступила в редакцию 9 ноября 2006 г.