

31. Шмелев Н.А., Кабиров Р.Р. Сообщества почвенных водорослей основных типов леса Южно-Уральского заповедника // Лесоведение. – 2007. – № 1. – С. 20–27.
32. Штина Э.А. Почвенные водоросли как экологические индикаторы // Ботан. журн. – 1990. – Т. 75. – № 4. – С. 441–453.
33. Штина Э.А., Голлербах М.М. Экология почвенных водорослей. – М.: Наука, 1976. – 143 с.
34. Bourrelly P. Les algues d'eau douce. Les Algues bleues et rouges. Les Eugleniens, Peridiniens et Cryptomonadines. – Paris: N. Boubéer & Cie, 1970 a. – 512 p.
35. Desikachary T.V. Cyanophyta // I.C.A.R. Monographs on Algae. – New Delhi, 1959. – 686 p.
36. Highly diverse community structure in a remote central Tibetan geothermal spring does not display monotonous variation to thermal stress / C.Y. Lau [et al.] // FEMS Microbiol. Ecol. – 2006. – V. 57. – P. 80–91.
37. Community phylogenetic analysis of moderately thermophilic cyanobacterial mats from China, the Philippines and Thailand / J. Hongmei [et al.] // Extremophiles. – 2005. – V. 9. – P. 325–332.
38. Madigan M.T., Imhoff J.F. International Committee on Systematics of Prokaryotes. Subcommittee on the Taxonomy of Phototrophic Bacteria // Intern. J. Syst. Evol. Microbiol. – 2007. – 57. – P. 1169–1171.



УДК 631.117 (571.51)

С.Э. Бадмаева, К.В. Макушкин

#### ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИРРИГАЦИОННОЙ ВОДЫ ЕСАУЛЬСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

*В результате исследования содержания загрязняющих веществ в воде р. Енисей в 5 км ниже г. Красноярск выявлено, что оросительная вода по соотношению ионов натрия, калия, кальция и магния благополучна и относится к первому классу.*

**Ключевые слова:** качество воды, индекс загрязнения, ирригационная вода, Красноярский край.

S.E. Badmayeva, K.V. Makushkin

#### THE IRRIGATION WATER QUALITY ASSESSMENT OF ESAULSKAYA IRRIGATING SYSTEM IN KRASNOYARSK KRAI

*As the result of the pollutant content research in the Yenisei River water 5 kilometers lower Krasnoyarsk city it was singled out that the irrigation water is safe according to the ratio of sodium, potassium, calcium and magnesium and refers to the first class.*

**Key words:** water quality, pollution index, the irrigation water, Krasnoyarsk Krai.

---

Для обеспечения комплексной оценки качества воды для орошения следует учитывать агрономические, технические и экологические критерии, которые должны определять качество воды с учетом необходимости обеспечения безопасной санитарно-гигиенической обстановки на данной территории и охраны окружающей среды.

**Цель работы.** Комплексная оценка поверхностных вод для целей ирригации.

**Задачи:**

1. Изучить методику определения содержания загрязняющих веществ в поверхностных водах.
2. Исследовать содержание загрязняющих веществ в воде р. Енисей в 5 км ниже г. Красноярск.

**Методы исследований:** методика Гидрохимического института.

Номенклатура показателей должна обеспечивать комплексную оценку качества воды для орошения с достаточной полнотой по всем критериям исходя из необходимости высокоэффективного и стабильного

функционирования агроэкосистем, получения максимально возможного количества сельскохозяйственной продукции требуемого качества и охраны окружающей среды [1].

Показатели качества воды, отражающие свойства воды для орошения и содержание в ней веществ, подразделяются на две группы:

1. Показатели первой группы характеризуют свойства воды для орошения и содержание веществ, необходимых в определенных количествах для нормального функционирования агроэкосистемы.

2. Показатели второй группы отражают свойства воды для орошения и содержание веществ при определенных условиях, оказывающих отрицательное воздействие на отдельные компоненты агроэкосистемы.

Нормирование показателей качества воды первой группы осуществляется путем установления оптимального диапазона и предельно допустимых концентраций веществ в водах, применяемых для орошения.

Нормирование показателей качества воды второй группы осуществляется путем установления предельно допустимых значений концентраций веществ в водах, применяемых для орошения.

Следует отметить, что в настоящее время оценки воздействия загрязнённых вод по чисто экологическому критерию – стабильности агроценозов – находятся в стадии научных разработок и в практической деятельности не применяются.

Для количественной оценки и объективного сравнительного анализа воздействия различных уровней загрязнения воды разработаны два типа нормативных показателей: санитарно-гигиенические (для питьевой воды) и рыбохозяйственные (для водоемов, имеющих рыбохозяйственное назначение).

Оценка состояния загрязнения водных объектов и изменения качества вод произведена по комплексному показателю – комбинаторному индексу загрязнения воды (КИЗ), разработанному в Гидрохимическом институте [2]. Главное достоинство метода заключается в получении однозначной оценки качества воды и проведении на ее основе классификации по степени пригодности для основных видов водопользования. Принципиальную основу метода составляет сочетание дифференцированного и комплексного подходов к оценке качества и использование при этом набора относительных критериев, позволяющих решить поставленную задачу с различных сторон [3].

Конструкция метода включает следующие основные направления обработки аналитического материала:

1. Определение характера загрязненности по величине условного коэффициента комплексности.
2. Установление уровня и класса качества воды по величине комбинаторного индекса загрязненности.
3. Выделение приоритетных загрязняющих компонентов по числу и составу лимитирующих показателей загрязненности.
4. Проведение дифференцированной оценки лимитирующих показателей загрязняющих веществ.

С экологической точки зрения, строго говоря, подобные индексы называть комплексными оценками качества нельзя. Все оценки являются формализованными, в основе их лежит суммирование результатов химического анализа проб воды. Тем не менее упрощенная оценка по показателю КИЗ позволяет провести сравнение качества вод различных водных объектов (независимо от присутствия различных загрязняющих веществ), выявить тенденцию качества вод по годам, упростить форму представления информации. Следует отметить, что целый ряд других комплексных оценок, для расчета которых необходимы большие затраты времени, не дают преимуществ по сравнению с КИЗ.

С целью выявления целесообразности применения для оценки качества воды водных объектов дифференцированного или комплексного подходов на первой стадии обработки материала оценивается комплексность загрязненности воды в пробе, створе, пункте, водном объекте, бассейне с помощью условного коэффициента комплексности, выражающегося отношением числа загрязняющих веществ, содержание которых превышает функционирующие в стране нормативы, к общему числу ингредиентов, определенных программой исследования

$$K = n^1/100n,$$

где  $K$  – условный коэффициент комплексности загрязненности;  
 $n^1$  – число ингредиентов и показателей качества, содержание которых превышает установленные ПДК;  
 $n$  – общее число нормируемых ингредиентов и показателей качества.

Коэффициент комплексности  $K$  характеризует в основном участие антропогенной составляющей в формировании химического состава воды водных объектов и значительно варьирует для рек, находящихся в различных экономических районах с разнообразными характеристиками природных факторов формирования. Чем больше  $K$ , тем хуже качество воды и тем большее влияние на формирование качества оказывает антропогенный фактор. При потреблении коэффициента комплексности для сравнительной характеристики степени загрязненности воды водных объектов необходимо соблюдать условие равенства числа учитываемых в расчете коэффициента ингредиентов и показателей качества. Оптимальным их количеством применительно к программе ОГСНК может быть 16–25. Если при этом обнаруживается незначительная комплексность загрязненности воды водного объекта ( $K < 10\%$ ), то следует применять для дальнейшей обработки метод комплексной оценки качества воды водных объектов.

При анализе загрязненности воды водных объектов по кратности превышения нормативов отдельными загрязняющими веществами также выделяются четыре качественно различимые ступени уровня загрязненности:

- 1) низкого уровня;
- 2) среднего;
- 3) высокого;
- 4) очень высокого.

Таблица 1

**Характеристика загрязненности водных объектов по кратности превышения ПДК**

Кратность превышения нормативов	Характеристика уровня загрязненности	Частные оценочные баллы	
		Выраженные условно	Абсолютные значения
0,10	Низкий	$a_j$	1
10,30	Средний	$d$	2
30,50	Высокий	$C_j$	3
50,100	Очень высокий	$d_j$	4

Качественным выражениям выделенных характеристик также присваиваются количественные выражения градаций в баллах. Используя вторую ступень классификации, можно получить такие характеристики степени загрязненности воды водотоков, как загрязненность фенолами низкого уровня, загрязненность нефтепродуктами высокого уровня и т.д.

Под качеством воды в целом понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования, при этом критерии качества представляют собой признаки, по которым производится оценка качества воды.

Для обеспечения комплексной оценки качества воды для орошения учитываются агрономические, технические и экологические критерии.

Экологические критерии должны определять качество воды для орошения с учетом необходимости обеспечения безопасной санитарно-гигиенической обстановки на данной территории и охраны окружающей среды.

Номенклатура показателей обеспечивает комплексную оценку качества воды для орошения с достаточной полнотой по всем трем критериям исходя из необходимости высокоэффективного и стабильного функционирования агроэкосистемы, получения максимально возможного количества сельскохозяйственной продукции требуемого качества и охраны окружающей среды.

К категории наиболее часто используемых показателей для оценки качества водных объектов относят гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ) и гидробиологический индекс сапробности (S).

Индекс загрязнения воды, как правило, рассчитывают по шести–семи показателям, которые можно считать гидрохимическими; часть из них (концентрация растворенного кислорода, водородный показатель pH, биологическое потребление кислорода БПК<sub>5</sub>) является обязательной.

$$ИЗВ = 1/6 = \sum C_j / ПДК_i,$$

где  $C_j$  – концентрация компонента (в ряде случаев – значение параметра);  
ПДК<sub>i</sub> – установленная величина для соответствующего типа водного объекта.

В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяют на классы (табл. 2). Индексы загрязнения воды сравнивают для водных объектов одной биогеохимической провинции и сходного типа, для одного и того же водотока (по течению, во времени и т.д.).

Таблица 2

**Классы качества вод в зависимости от значения индекса загрязнения воды**

Воды	Значение ИЗВ	Класс качества вод
Очень чистые	До 0,2	1
Чистые	0,2–1,0	2
Умеренно загрязненные	1,0–2,0	3
Загрязненные	2,0–4,0	4
Грязные	4,0–6,0	5
Очень грязные	6,0–10,0	6
Чрезвычайно грязные	>10,0	7

При рассмотрении вопроса о гидрохимических показателях качества воды исходят из представления о лимитирующих и репрезентативных показателях качества воды.

Лимитирующие вещества – вещества, по содержанию которых лимитируется качество водных объектов в зависимости от вида водопользования.

К лимитирующим веществам (ингредиентам) при оценке качества поверхностных вод следует относить все вещества, содержание которых в водных объектах нормируется в установленном порядке, т.е. для которых определены ПДК. Наличие загрязненности воды по лимитирующим веществам устанавливается исходя из требований охраны водных объектов, определяющих, что состав и свойства воды в пунктах хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования или на заданном расстоянии от них ни по одному из показателей не должны превышать нормативные значения (ПДК).

Лимитирующие вещества устанавливаются применительно к конкретному виду водопользования. Пригодность воды для данного вида водопользования оценивается по наименьшему значению ПДК по разным показателям вредности  $j$  – органолептическому, общесанитарному, токсикологическому.

В условиях интенсивного антропогенного воздействия разнообразие состава промышленных сточных вод, сбрасываемых в водотоки и водоемы, затрудняет получение полной и надежной информации об уровнях загрязненности последних.

Выбор гидрохимических показателей, репрезентативных для оценки фоновое состояние воды, должен базироваться на данных натуральных гидрохимических наблюдений, проводимых на участках рек выше городов или местных сосредоточенных выпусков сточных вод, и учитывать наличие нормативных критериев качества воды, установленных для различных видов водопользования.

Установлено, что в р. Енисее, в 5 км ниже города Красноярска, минерализация воды в реке колеблется в пределах от 113 до 147 мг/л (ПДК 1000 мг/л). Содержание растворенного в воде кислорода во все сезоны года находится в оптимальных величинах – от 10,2 до 13,3 мг/л (ПДК 6,0 мг/л). Весьма большое значение имеет растворенный кислород природных вод, поскольку его присутствие определяет степень аэрированности воды и возможность существования в ней жизни.

Содержание растворенного в воде кислорода во все сезоны года находится в оптимальных величинах – от 10,2 до 13,3 мг/л (ПДК 6,0 мг/л). Весьма большое значение имеет растворенный кислород природных вод, поскольку его присутствие определяет степень аэрированности воды и возможность существования в ней жизни.

Величина БПК<sub>5</sub> колеблется от 1,2 до 2,8 мг O<sub>2</sub>/л (ПДК 3 мгO<sub>2</sub>/л); азота аммонийного – от 0,12 до 0,42 мг/л (ПДК 0,5 мг/л).

Химический анализ произведен в оросительный период по месяцам (май–август) по 17 ингредиентам в среднем за три года (табл. 3).

Таблица 3

**Содержание загрязняющих веществ в воде р. Енисея в 5 км ниже по течению**

Ингредиент	Концентрация по месяцам, мг/л			
	май	июнь	июль	август
Кислород	12	12,3	10,9	10,2
БПК5	2,7	1,5	1,2	2,6
Азот аммонийный	0,21	0,13	0,27	0,12
Железо	0,38	0,32	0,26	0,20
Медь	3,7	6,3	8,6	7
Цинк	15	55	35	21
Кадмий	0,7	2,6	1,4	0
Никель	12	23	16	13
Азот общий	0,6	0,25	0,28	0,3
Фосфор общий	0,051	0,046	0,084	0,18
Марганец	16	19	16	21
Кальций ++	21,8	23,4	26,5	22,8
Магний ++	4,3	4,4	4,7	5,4
Натрий +	3,5	3,8	4,3	5,4
Калий +	0,5	0,3	0,8	0,4
Хлор -	2,7	3,1	3,7	4,1
Сульфаты42-	10,6	12,5	12,3	15,4

Таким образом, установлено, что содержание тяжелых металлов (медь, железо, цинк, кадмий, никель) превышает допустимые показатели нормативных значений для объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования в десятки раз.

Оросительная вода по соотношению ионов Na, K, Ca, Mg вполне благополучная и может быть отнесена к первому классу. Отношение Na/Ca составляет 0,11, а Mg/Ca – 0,31. Вода первого класса по качеству не оказывает неблагоприятного влияния на плодородие почв, подземные воды, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции. Качество воды не накладывает ограничения на состав сельскохозяйственных культур.

**Литература**

1. *Безднина С.Я.* Экологические основы водопользования. – М.: Изд-во ВНИИАгрохимии, 2005. – 223 с.
2. *Гидрохимический атлас СССР.* – М.: ГУГК СССР, 1990. – С. 111.
3. *Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод суши / под ред. А.В. Караушева.* – Л.: Гидрометеиздат, 2007. – С. 286.

