

ОСОБЕННОСТИ КИСЛОРОДНОГО РЕЖИМА РУСЛОВОГО СТОКА МАЛОЙ РЕКИ МАЙМЫ (БАССЕЙН ВЕРХНЕЙ ОБИ)

© 2020 г. А. В. Пузанов^а, Ю. В. Робертус^{а, *}, А. В. Кивацкая^а, В. А. Ситникова^б

^аИнститут водных и экологических проблем СО РАН,
Барнаул, 656038 Россия

^бГорно-Алтайский государственный университет,
Горно-Алтайск, 649000 Россия

*e-mail: ariecol@mail.gornu.ru

Поступила в редакцию 26.03.2017 г.

После доработки 19.12.2019 г.

Принята к публикации 24.12.2019 г.

Рассмотрены особенности кислородного режима руслового стока малой р. Маймы (бассейн Верхней Оби). Изучение пространственного и сезонного изменения показателей кислородного режима приустьевой части реки и ее притоков показало, что они изменяются от их истоков к устью. Оценено влияние промышленно-селитебной агломерации г. Горно-Алтайска на качество поверхностных вод района. Установлено ухудшение кислородного режима от крупных рек к малым рекам и их притокам. Предложен интегральный показатель оценки качества поверхностного стока по показателям кислородного режима: высокое качество (слабо загрязненные воды) – менее 10 ед., среднее качество (загрязненные воды) – 10–30 ед., низкое (грязные воды) – более 30 ед.

Ключевые слова: Майма, Горно-Алтайск, растворенный кислород, качество воды.

DOI: 10.31857/S0321059620040161

В 2012–2015 гг. ИВЭП СО РАН в рамках проекта “Гидрогеохимические особенности антропогенно-трансформированного поверхностного стока рек 3–4 порядка в бассейне Верхней Оби” изучены гидролого-гидрохимические условия формирования стока в бассейне малой р. Маймы (правый приток р. Катунь). Особое внимание в работе уделено устьевому отрезку реки в черте агломерации г. Горно-Алтайска и его пригородов (Майма, Кызыл-Озек и др.). Целью изучения была оценка роли и вклада природных и антропогенных факторов в формирование и трансформацию гидрогеохимического качества речной воды, в том числе показателей ее кислородного режима.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Водосборный бассейн р. Маймы площадью 780 км² расположен в северной низкогорной умеренно увлажненной зоне Республики Алтай. Длина реки 57 км, превышение истока над устьем 800 м, средняя отметка водосбора 670 м, скорость течения в устье 0.6–0.9 м/с, среднегодовой расход 8.7 м³/с, слой стока 340 мм, модуль стока 9.6 л/(с км²). По типу водного режима река относится к типичным для региона горным рекам с весенним половодьем и летними паводками: 45% стока прихо-

дится на весну, 30% – на лето. Питание смешанное: по 40% за счет атмосферных осадков и грунтовых вод.

В пределах бассейна р. Маймы отсутствуют источники загрязняющих веществ в виде крупных и средних промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Установлено, что слабо загрязняющие речную воду вещества (взвешенные вещества, соединения минерального азота, фосфаты, нефтепродукты, тяжелые металлы) поступают с поверхностным и грунтовым стоком с селитебной территории г. Горно-Алтайска и со сбросными водами очистных сооружений города [3].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Особенности кислородного режима рек Катунь и Маймы изучены на двух и шести постах соответственно, а притоков р. Маймы (Улалушка, Каяс и др.) – на 27 постах, расположение которых обеспечивало оценку их природного состояния и влияния хозяйственно-селитебной агломерации г. Горно-Алтайска на показатели качества воды (рис. 1). В основные сезоны гидрологического года (летняя и зимняя межень) проведено изучение химического состава 70-ти проб речной воды, в том числе определение бихроматной окисляемо-

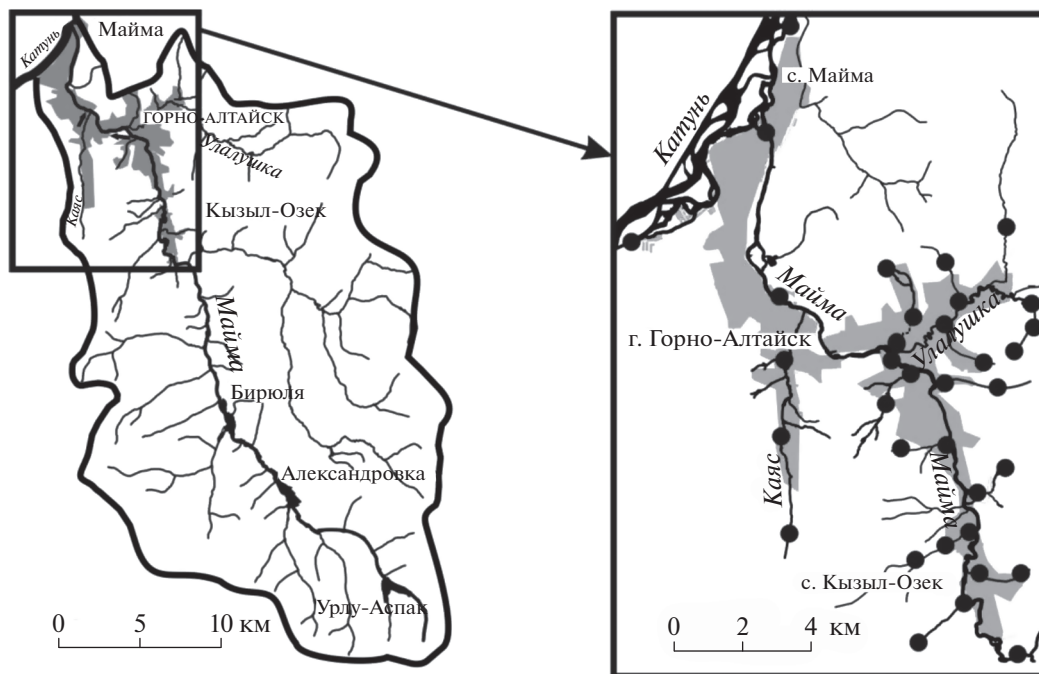


Рис. 1. Картограммы водосборного бассейна р. Маймы (слева), исследований химического состава и кислородного режима на водосборе территории агломерации г. Горно-Алтайска (справа). Черные кружки – пункты отбора водных проб и измерений содержания растворенного кислорода.

сти (ХПК) и биохимического потребления кислорода (БПК₅), а также выполнено 70 измерений содержания растворенного кислорода в воде.

Определение массовой концентрации растворенного кислорода в речной воде проводилось путем прямых измерений портативным электрохимическим анализатором МАРК-302Э в соответствии с его инструктивными требованиями. Определение ХПК и БПК₅ в пробах воды выполнено титриметрическим методом по аттестованным методикам в Центре гигиены и эпидемиологии в Республике Алтай (г. Горно-Алтайск).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В результате исследования в районе г. Горно-Алтайска установлены следующие тренды поведения растворенного кислорода в речной воде, синхронизированные с основными периодами гидрологического цикла [3]:

1) увеличение его содержания и степени насыщения от истока к устью у водотоков всех порядков (рис. 2);

2) увеличение его содержания в ряду водотоков: мелкие < средние < крупные.

С учетом схожести гидрологического режима изученных горных рек выявленные тренды объясняются главным образом их различной водностью [2]. Так, содержащие наименьшие концентрации кислорода ручьи и мелкие реки глубиной

0.1–0.5 м с расходами от единиц до несколько десятков литров в секунду в большей степени дегазируют растворенный кислород, чем более крупные реки, и при этом обедняются им.

Значения других показателей кислородного режима воды: окисляемости (ПО, ХПК), БПК, – напротив, закономерно увеличиваются от крупных рек к мелким водотокам и уменьшаются от истока к устью изученных рек (рис. 3). Эти закономерности объясняются снижением доли вовлекаемого мелкими водотоками в русловой сток легкоокисляемого органического вещества (в основном гумуса прибрежных почв).

В общем виде намечена обратная зависимость градиентов изученных показателей от порядка водотоков. Так, градиент изменения с расстоянием содержания растворенного кислорода (%O₂/км) в воде рек 4–5-го порядка в 2–3 раза выше, чем в р. Майме (градиент БПК₅ выше в 5–10, ПО в 9–26 раз). В свою очередь, градиенты этих показателей для воды р. Маймы в 8.5–14 раз выше, чем для воды р. Катунь (табл. 1).

Эта закономерность объясняется, с одной стороны, отчетливо выраженной вертикальной (гипсометрической) зональностью состава и режима восторженных водотоков, с другой – их низкой водностью, способствующей большим изменениям качества воды при антропогенном воздействии [1]. Таким образом, на возникновение этой закономерности влияет различие гидрологиче-

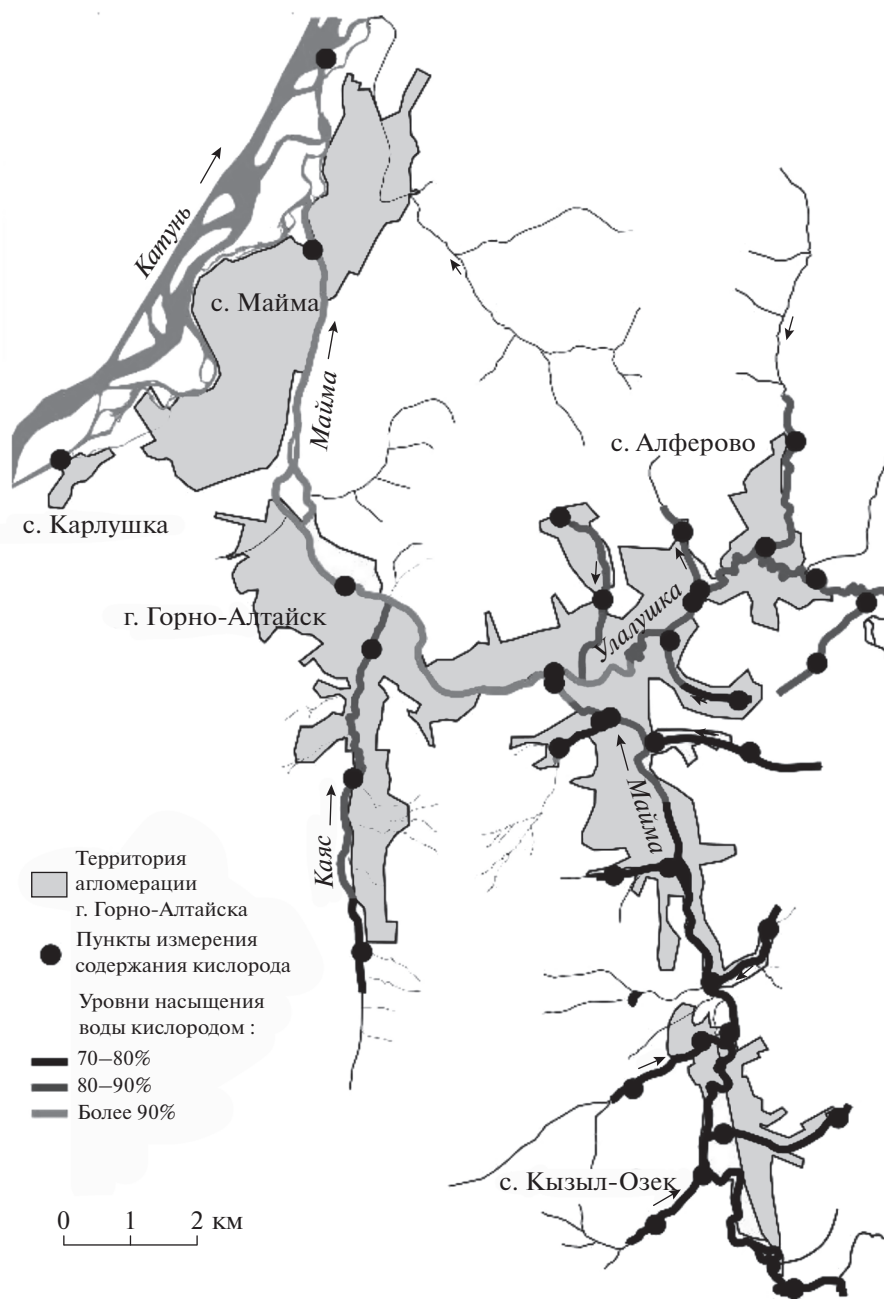


Рис. 2. Картограмма уровней насыщения кислородом речных вод в районе Горно-Алтайска в летнюю межень 2015 г.

ского режима рек разного порядка. Определенное значение имеет также длина изученных отрезков водотоков в пределах агломерации. Так, изученный отрезок р. Катунь составляет 1.5% ее длины (10 из 688 км), р. Маймы – 35% (20 из 57 км), а ее притоков – в среднем 70–80% их длины.

Величины показателей кислородного режима поверхностных вод в районе в целом соответствуют требованиям, предъявляемым к водам водоемов рыбохозяйственного назначения. Содержание растворенного кислорода в них в течение года

>7 мг/дм³, ХПК в основном 15–30 мгО/дм³, а БПК₅ < 3 мгО₂/дм³, что указывает на присутствие незначительного количества химических загрязнителей и легкоокисляемого органического вещества и на слабое развитие фитопланктона.

Для более полной и объективной оценки экологического состояния изученных водных объектов предложен индекс кислородного режима (ИКР), дополняющий известные интегральные показатели качества поверхностных вод: индекс загрязнения вод (ИЗВ), показатель химического загряз-

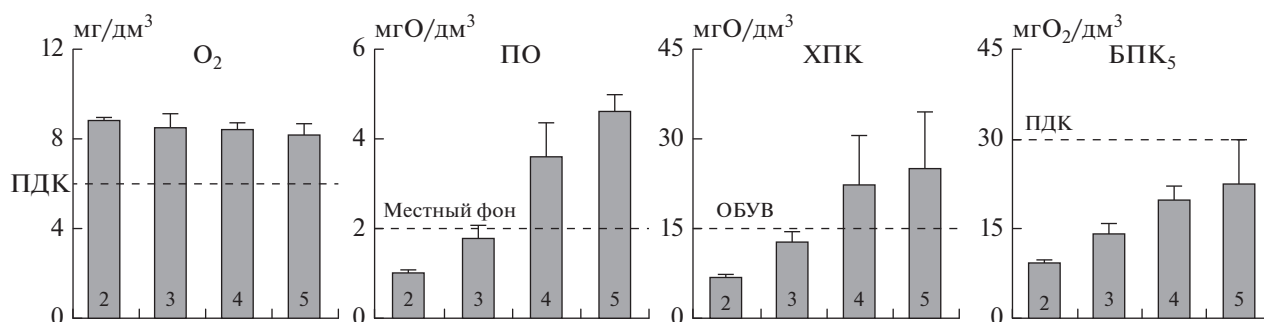


Рис. 3. Средние значения показателей водотоков 2–5-го порядка на территории агломерации г. Горно-Алтайска (летняя межень).

нения (ПХЗ), удельный комбинаторный индекс загрязнения вод (УКИЗВ) [5]. ИКР представляет собой безразмерный интегральный показатель, учитывающий основные параметры кислородного режима воды (содержание растворенного O₂, ХПК, БПК₅), нормированные на их ПДК (ОБУВ) для вод водоемов рыбохозяйственного назначения. Индекс рассчитывается по формуле:

$$\text{ИКР} = \frac{C_{\text{ХПК/ОБУВ}} \times C_{\text{БПК}_5/\text{ПДК}}}{C_{\text{O}_2/\text{ПДК}}} \times 100,$$

где C – значения показателей кислородного режима воды на конкретных постах.

Намечены следующие классы качества поверхностных вод по их индексу кислородного режима: высокий (ИКР < 10), средний (10–30), низ-

кий (>30). Установлено, что вода р. Катунь в районе г. Горно-Алтайска относится к высокому классу качества (слабо загрязненные воды) для рыбохозяйственных целей, вода р. Маймы – к среднему и частично к низкому классу, а вода ее притоков – в основном к низкому классу качества.

Сопоставлением расчетных значений ИКР поверхностных вод в районе г. Горно-Алтайска с используемым Росгидрометом интегральным показателем степени загрязненности воды УКИЗВ [4] установлено, что высокий класс качества по ИКР соответствует слабо загрязненным водам (класс 2 по УКИЗВ), средний класс – загрязненным и частично очень загрязненным водам (классы 3а, 3б), а низкий класс – в основном грязным водам класса 4 по УКИЗВ (табл. 2).

Таблица 1. Градиенты показателей кислородного режима на отрезке исток–устье водотоков ($\Delta = (2-1) \times 100\%/\text{расстояние}$, км)

Водотоки (порядок рек)	Кислород, мг/дм ³			Окисляемость, мгО/дм ³			БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³		
	1. исток	2. устье	Δ , %/км	1. исток	2. устье	Δ , %/км	1. исток	2. устье	Δ , %/км
р. Катунь* (2)	8.80	8.87	0.8	0.97	0.95	0.2	0.94	0.93	0.1
р. Майма* (3)	7.89	9.06	5.2	2.09	1.63	2.1	1.56	1.24	1.4
р. Улалушка* (4)	8.05	8.72	9.4	4.40	3.02	19.4	2.21	1.74	6.6
Притоки р. Улалушки (5)	7.75	7.98	14.4	2.72	1.84	55.0	2.70	2.50	12.5

* Расстояние между крайними створами в районе г. Горно-Алтайска.

Таблица 2. Показатели качества поверхностных вод в районе г. Горно-Алтайска в 2012–2015 гг. (классы загрязнения воды [4]: 2 – слабо загрязненная, 3а – загрязненная, 3б – очень загрязненная, 4 – грязная)

Показатели качества (число компонентов)	2-й порядок (р. Катунь)*		3-й порядок (р. Майма)		4-й порядок (р. Улалушка)	
	значения	класс	значения	класс	значения	класс
ИКР (3)	9.0	Высокий	20.8	Средний	55	Низкий
УКИЗВ (11)**	1.8	2	3.3	3а–3б	5.3	4

* Пост в с. Сростки.

** Данные Росгидромета.

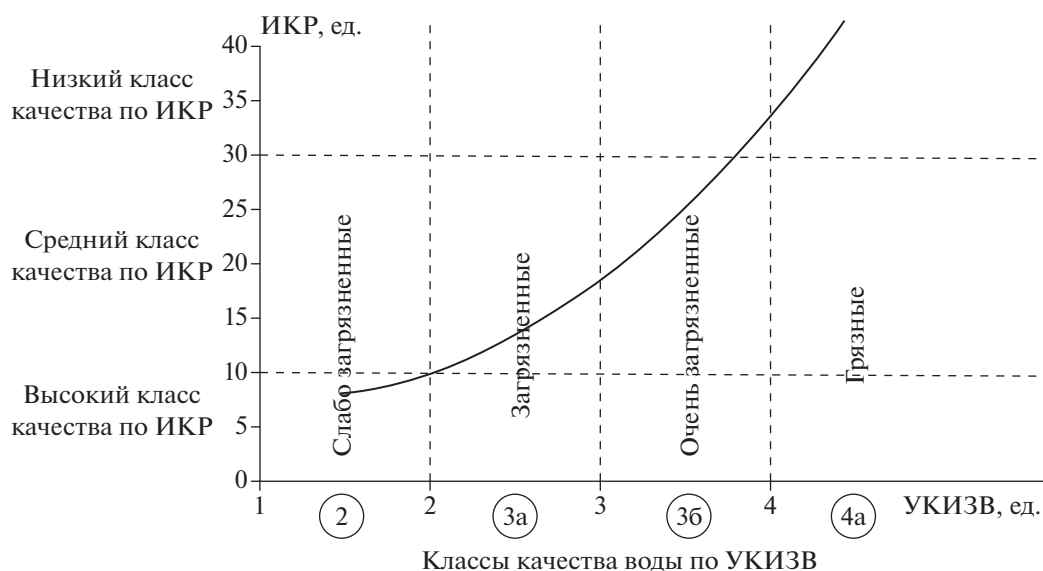


Рис. 4. Номограмма для приближенного определения степени загрязненности воды по величине ИКР.

В практических целях это позволяет использовать более “бюджетный” показатель ИКР для предварительной индикации экологического состояния поверхностных вод по номограмме, отражающей обобщенную связь ИКР и УКИЗВ (рис. 4).

ВЫВОДЫ

Кислородный режим руслового стока бассейна р. Маймы формируется в основном под влиянием природных факторов, характеризуется слабой сезонной вариабельностью показателей, направленно изменяется от истоков к устью водотоков, ухудшается в качественном отношении от крупных рек к малым рекам.

По содержанию растворенного кислорода (в среднем 8.5 мг/дм^3) и степени насыщения им (в среднем 85%) вода р. Маймы на территории агломерации г. Горно-Алтайска относится к классу чистых вод.

Предложенный индекс кислородного режима воды применим в качестве дополнительного ин-

дикатора экологического состояния поверхностных водных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаров А.В., Заславская М.Б., Исаев В.А., Лобченко Е.Е., Ничипорова И.П. Типы кислородного режима рек бассейна Оби // География и природ. ресурсы. 2013. № 3. С. 69–76.
2. Папина Т.С., Третьякова Е.И. Особенности гидрохимического режима Чемальского водохранилища (Горный Алтай, Республика Алтай) // Сиб. экол. журн. 2000. № 2. С. 225–231.
3. Пузанов А.В., Робертус Ю.В., Любимов Р.В., Кивацкая А.В. Гидролого-гидрохимические аспекты поверхностного стока в бассейне реки Майма (Горный Алтай) // Проблемы регион. экологии. 2015. № 1. С. 49–55.
4. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. М.: Росгидромет, 2002. 50 с.
5. Экомониторинг и аналитический контроль качества воды: учебное пособие для вузов / Под ред. И.В. Якуниной, Н.С. Попова. Тамбов: Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2011. 238 с.