



УДК 502.51.05(28)(571)

Т. Ю. ЗЕНГИНА (РОССИЯ), Д. С. БЕДРИНОВА (РОССИЯ)

ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЕ ОЗЕРА КОТОКЕЛЬ (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)

Представлены результаты оценки качества поверхностных вод в рекреационной зоне оз. Котокель, расположенного на территории особой экономической зоны туристско-рекреационного типа «Байкальская гавань», и в смежных с ним водотоках (Республика Бурятия) по материалам летних полевых исследований 2013 г. Дано краткое физико-географическое описание озера, его хозяйственного и рекреационного значения. Изложена методика отбора и обработки проб с помощью мини-лаборатории. Приведены полученные результаты и характеристика пространственного распределения ряда гидрохимических показателей качества воды, таких как pH, минерализация, цветность, содержание растворенного органического вещества, концентрация суммы тяжелых металлов. Рассмотрены гидрохимические характеристики проб воды, отобранных из источников питьевого водоснабжения, расположенных на берегу озера. Исследованы перспективы восстановления рекреационного потенциала данной территории.

Ключевые слова: гидрохимические исследования; оценка качества воды; экология озер; рекреационная зона; рекреационный потенциал; оз. Котокель; Республика Бурятия.

The paper presents the results of the evaluation of surface water quality in the recreational area of lake Kotokel, and the adjacent watercourses (Buryatia Republic) based on the fieldwork during an expedition in summer 2013. The lake is situated on the territory of a recreational special economic zone «Baikalskaya Gavan». The paper contains a brief physical and geographical description of the lake and its economic and recreational value. It describes a method of collecting and processing samples in a mini-lab. The paper presents the obtained results and gives a description of the spatial distribution of a number of hydro-chemical water quality indicators such as pH, mineralization, color, content of dissolved organic matter, concentration of heavy metals and others. The paper also describes hydrochemical characteristics of the water samples taken from drinking water sources located on the shores of the lake. At the end of the article there are the conclusions about the ecological state of the lake and the prospects for restoration of the recreational potential of the lake's recreational area.

Key words: hydrochemical investigations; evaluation of water quality; ecology of lakes; recreational area; recreational potential; lake Kotokel; Buryatia Republic.

Озеро Котокель расположено в пределах особой экономической зоны туристско-рекреационного типа (ОЭЗ ТРТ) «Байкальская гавань» и находится в двух километрах от восточного берега Байкала, между дельтой р. Селенги и Баргузинским заливом. Озеро – популярная зона отдыха у жителей г. Улан-Удэ и других населенных пунктов Бурятии. Оно достигает 15 км в длину и около 5 км в ширину, площадь зеркала озера составляет 60 км², площадь водосбора – 183 км². Преобладающие в озере глубины – 4–6 м при максимальной глубине около 14 м. Котокельская озерная впадина на северо-западе и западе отделена от Среднего Байкала Котокельской грядой, которая к северу продолжается низкой горной дугой хр. Черная Грива, а на юге смыкается с отрогом хр. Морской. Вытекает из оз. Котокель одна река – Исток, направление которой может меняться несколько раз за лето, что происходит из-за колебания уровня воды в озере. Котокель принадлежит к типу сточных озер и питается в основном водами, поступающими с горного хр. Улан-Бургасы. Крупнейшей рекой, берущей с него начало, является Верхний Коточик (далее – В. Коточик), которая при слиянии с р. Исток образует р. Нижний Коточик (далее – Н. Коточик), впадающую в р. Турку и несущую воды в оз. Байкал. Для режима рек характерно крайне неравномерное распределение стока в течение года: больший объем стока приходится на теплое время года, зимой реки промерзают или покрываются льдом.

Котокель – водоем рыбохозяйственного пользования первой категории. Здесь обитают плотва, щука, лещ, елец, язь [1]. Небольшие глубины способствуют тому, что вода в озере летом теплая и прогревается до 25 °С. Берега озера очень живописны, преобладают песчаные пляжи, местами достаточно широкие. В летний период озеро всегда привлекало огромное количество отдыхающих как из Бурятии, так и из других регионов страны. На северном, западном и южном берегу озера расположено около 40 турбаз, домов отдыха и санаторий «Байкальский бор» (рис. 1). В выходные дни резко возрастает поток неорганизованных туристов, приезжающих с палатками. Количество неорганизованных отдыхающих максимально в северной части озера, на участке между поселками Исток и Ярцы, а также на юге, в районе поселков Котокель и Черемушки.

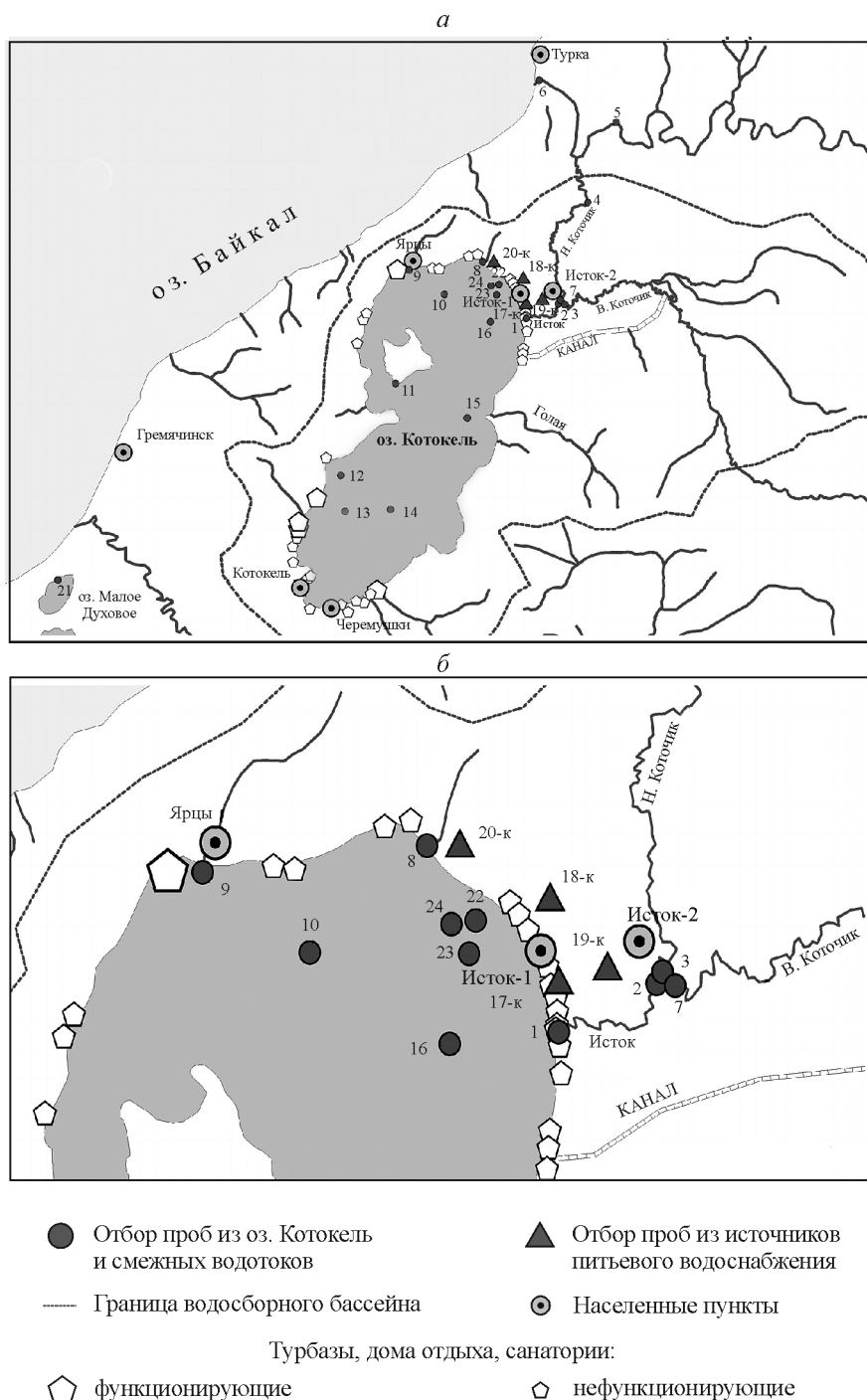


Рис. 1. Гидрохимическое опробование вод оз. Котокель и смежных водотоков:
а – карта оз. Котокель и прилегающей территории; б – карта северной части оз. Котокель

В июле 2008 г. в рекреационной зоне оз. Котокель сложилась ситуация, которая многими специалистами интерпретировалась как экологическая катастрофа. Ее следствием стала серия отравлений жителей прибрежных сел, один из которых скончался. Постановлением главного государственного санитарного врача Республики Бурятия от 10.06.2009 г. № 4 был введен запрет на использование оз. Котокель в рекреационных, питьевых и хозяйственно-бытовых целях. Причиной запрета явилась вспышка заболеваний, вызванных энтеровирусной инфекцией – гаффской болезнью (синдром алиментарной токсической пароксизмальной миоглобинурии), связанная с купанием в водоеме и употреблением зараженной рыбы, выловленной в оз. Котокель. Выяснение природы токсинов и причин развития гаффской болезни в настоящее время ведется рядом научных институтов. В качестве основной причины рассматривается вселение в 1986 г. чужеродного водного растения – элодеи канадской – *Elodea canadensis* [2]. В настоящее время элодея канадская прошла полный цикл от развития до исчезновения. Последние результаты мониторинга оз. Котокель (2010–2012) на содержание токсичных цианобактерий и микроцистинов, являющихся результатом деятельности синезеленых водорослей, активно развивающихся вследствие разложения элодеи канадской, представлены в ряде работ [3, 4]. Не менее значимым фактором, обусловившим развитие энтеровирусной инфекции, считается эвтрофикация, а также другие виды загрязнения, связанные с активным развитием рекреации в прибрежной зоне озера.

Введение режима чрезвычайной ситуации (запрет на купание, лов рыбы, использование воды из озера в питьевых и хозяйственно-бытовых целях) стало причиной закрытия большинства домов отдыха и туристических баз в прибрежной зоне. В 2013 г. функционировало только 2 турбазы, 2 дома отдыха и санаторий «Байкальский бор». Остальные за прошедшее с 2008 г. время пришли практически в полный упадок, вся пляжная инфраструктура вокруг озера разрушена, пляжи замусорены и в рабочие дни пустуют. Тем не менее, как показали проведенные исследования, в выходные дни озеро активно используется в рекреационных целях неорганизованными туристами. Уже сейчас на северном берегу озера в летний период, несмотря на неснятые запреты на купание и вылов рыбы, отдыхает большое количество неорганизованных туристов, поток которых не контролируется и не регулируется местными властями.

Объект, цель и задачи исследования

В рамках комплексной экспедиции географического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова (далее – МГУ), организованной с целью изучения современного экологического состояния рекреационных зон Бурятии, проводилась оценка экологического состояния водных объектов в пределах ОЭЗ ТРТ «Байкальская гавань», в том числе оз. Котокель. Целью исследования стало предварительное изучение ряда гидрохимических показателей качества воды (рН, минерализация, цветность, электропроводность и др.) оз. Котокель и смежных с ним водотоков, а также особенностей их пространственного распределения по акватории озера. Дополнительно отбирались пробы в оз. Малое Духовое, не связанном с оз. Котокель, но находящемся в относительной близости от него и никогда не испытывавшем столь высоких антропогенных нагрузок.

При выборе точек опробования ориентировались на необходимость решения следующих задач: 1) получение информации для предварительной оценки современного экологического состояния оз. Котокель; 2) предварительная оценка состояния вод в реках, соединяющих оз. Котокель с оз. Байкал, определяющих вклад вод оз. Котокель в формирование качества вод, поступающих в оз. Байкал; 3) предварительный выбор точек отбора проб для организации в перспективе мониторинговых наблюдений на оз. Котокель и в реках, соединяющих его с оз. Байкал. В расчет также бралась относительная транспортная и пешая доступность места отбора проб.

Материалы и методы исследования

В ходе летней экспедиции 2013 г. отбор проб воды в Котокельской рекреационной зоне осуществлялся в 24 точках (таблица). Исследования проводились в середине августа, в период межени. 2013 год может быть отнесен к средневодному году. Часть измерений осуществлялась непосредственно на воде при отборе проб. С помощью мобильной мини-лаборатории проводились экспресс-анализы, в том числе определялись рН и минерализация. После этого пробы были соответствующим образом подготовлены и отправлены в Москву для проведения более детальных анализов в стационарной лаборатории МГУ.

Результаты экспресс-анализа проб, полученные в ходе экспедиции

№ точки	Место отбора	pH	Электропроводность, мСм
Река			
1	Исток, устье реки	8,00	29
2	Исток перед слиянием с р. В. Коточик	7,86	29
3	Н. Коточик после слияния р. Исток и р. В. Коточик	8,01	55
4	Н. Коточик, среднее течение	7,51	22
5	Турка после слияния с р. Н. Коточик	7,68	25
6	Турка в месте впадения в оз. Байкал	7,53	26
7	В. Коточик в нижнем течении перед слиянием с р. Исток	7,37	16
Озеро			
8	Котокель рядом с берегом, около турбазы «Светлячок»	7,30	31
9	Котокель рядом с берегом, около турбазы «Геолог»	7,30	30
10	Котокель, акватория между турбазой «Геолог» и о. Монах	8,88	28
11	Котокель, акватория между о. Монах и м. Березовый	7,36	34
12	Котокель, акватория недалеко от бывшей военной турбазы	9,78	30
13	Котокель, акватория в 2 км от пос. Черемушки	9,56	30
14	Котокель, акватория между м. Орлиный и м. Кедровый	9,66	30
15	Котокель, акватория напротив м. Коврижка	8,82	29
16	Котокель, акватория напротив р. Исток	7,03	30
22	Котокель, акватория около турбазы «Геолог»	7,24	31
23	Котокель, акватория около турбазы «Геолог»	7,41	35
24	Котокель, акватория около турбазы «Геолог»	7,08	28
21	Малое Духовое	9,47	133
17-к	<i>Колодец в п. Исток-2</i>	6,07	36
18-к	<i>Колодец в п. Исток-1</i>	6,28	122
19-к	<i>Колонка в п. Исток-1</i>	7,00	67
20-к	<i>Колодец на турбазе «Геолог»</i>	6,42	38

Отбор проб, помимо оз. Котокель, проводился из следующих водных объектов: рек В. Коточик и Н. Коточик, Исток, Турка, а также из оз. Малое Духовое (рис. 1).

Результаты исследований и их обсуждение

Как показали проведенные исследования, вода в озере вблизи некоторых участков побережья и на акватории характеризуется низкими органолептическими свойствами: она загрязнена, имеет коричневый цвет, на ее поверхности и на берегу отмечаются участки, покрытые белыми пенными хлопьями. По словам местных жителей, до 2008 г. подобные явления в озере не отмечались.

Результаты проведенных экспресс-анализов позволяют говорить о том, что вода в оз. *Котокель* в настоящее время отличалась прежде всего повышенными значениями pH – от 7,03 до 9,78, что по щелочности в ряде случаев соответствует мыльному раствору (см. таблицу, точки 10, 12, 13, 14, 15). Наибольшее значение pH было отмечено в северной части акватории оз. Котокель (точка 12). Высокое значение pH можно связать с эвтрофностью вод в летний период. Такие значения pH могут также свидетельствовать о нарушении биологического равновесия в водоеме и о том, что последствия

произошедшей экологической катастрофы все еще оказывают негативное влияние на состояние водоема. Анализ пространственного распределения показателя рН выявил более низкие его значения в северной части озера, и особенно в северо-восточной. Эти данные говорят о том, что построенный и начавший работать весной 2013 г. канал, проложенный от стекающей с гор р. В. Коточик в оз. Котокель, справляется с задачей разбавления эвтрофированных вод Котокеля чистой водой. До начала функционирования канала уровень эвтрофированности вод в озере был более или менее одинаков по всей акватории. Кроме того, снижению уровня рН в северной части озера способствует впадение ряда мелких водотоков в районе пос. Ярцы и турбазы «Геолог» (см. рис. 1). Значения минерализации не имеют существенных различий в пределах акватории оз. Котокель и колеблются около значения в 30 мг/л.

В *реках*, в которых отбирались пробы (Исток, В. Коточик и Н. Коточик, Турка), в целом показания рН не превышают значения 8. Следует отметить, что показатель рН невысокий и в р. Исток, которая в момент отбора проб имела течение из оз. Котокель. Показатель минерализации наименьший в нижнем течении р. В. Коточик, стекающей с гор и протекающей по малоосвоенной территории. Наиболее высокий показатель минерализации – в р. Н. Коточик, принимающей воды р. Исток, вытекающей из оз. Котокель.

В стационарной лаборатории г. Москвы анализ проводился по 13 дополнительным параметрам. Так, например, наиболее высокая цветность воды и максимальные показатели содержания растворенного органического вещества были зафиксированы в точках 10, 12, 13, а также для устья и среднего течения р. Исток, вытекающей из оз. Котокель (точки 1, 2), акватории озера между о. Монах и турбазой «Геолог» (точка 10), между м. Орлиный и м. Кедровый (точка 14), а также напротив м. Коврижка (точка 15). В более эвтрофизированном оз. Малое Духовое гораздо значительнее содержание растворенного органического вещества и показатель цветности, а также высокий щелочной рН и большая концентрация биогенных элементов. Повышенная концентрация суммы тяжелых металлов Zn, Cu, Pb была отмечена для устья и среднего течения р. Исток, а также на акватории оз. Котокель в районе м. Орлиный и м. Кедровый, что требует в дальнейшем более детальных исследований для установления причины зафиксированного явления.

В целом по результатам пилотных полевых исследований водных объектов рекреационной зоны оз. Котокель можно сделать следующие выводы: 1) вода оз. Котокель отличается повышенными значениями ряда гидрохимических показателей, что свидетельствует о нарушении биологического равновесия в водоеме; 2) в реках, соединяющих оз. Котокель и оз. Байкал, анализируемые показатели значительно ниже, чем средние значения по оз. Котокель, что говорит о том, что вклад вод оз. Котокель в формирование качества речных вод, поступающих в оз. Байкал, незначителен.

Были также отобраны пробы воды из *трех колодцев* и *питьевой колонки* на берегу оз. Котокель – в поселках Исток-1, Исток-2 и на турбазе «Геолог» (рис. 2; см. таблицу – точки 17-к, 18-к, 19-к, 20-к). Пробы были охарактеризованы по 13 параметрам. В пробах питьевой воды определяли цветность, концентрацию гуминовых кислот, нитратную и аммонийную формы азота, хлориды, сумму тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb) и др. [5]. Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие предварительные выводы. Показатель рН в пробах колеблется в пределах от 6 до 7. Вода в *колодце в п. Исток-1* характеризуется высокой цветностью, превышением почти в 2 раза показателей по растворенному органическому веществу и небольшим превышением концентрации нитратов (в 1,04 раза), что требует использования угольных фильтров и кипячения воды. Вода в *колонке в п. Исток-1* содержит по сравнению с водой в колодце значительно меньше нитратов и пригодна для питья. Вода в *колодце в п. Исток-2* характеризуется превышением предельно допустимой концентрации веществ (ПДКв) по цветности, нитратам и приблизительно в 2 раза по растворенному органическому веществу, а также содержит много тяжелых металлов, что требует обязательного использования фильтров. В остальном превышений ПДКв не наблюдается, это позволяет употреблять воду после предварительного отстаивания и кипячения. В воде *колодца на турбазе «Геолог»* отмечается некоторое превышение ПДКв по цветности, но в целом вода характеризуется относительным соответствием гигиеническим нормативам. Однако применение угольных фильтров очень желательно.

Таким образом, пилотные исследования, проведенные в рекреационной зоне оз. Котокель, показали следующее.

1. Сохраняющееся после экологической катастрофы 2008 г. нарушение биологического равновесия в озере проявляется в настоящее время повышенными значениями ряда гидрохимических показателей, однако это не оказывает существенного отрицательного влияния на формирование качества речных вод, поступающих в оз. Байкал.

2. Состояние источников питьевого водоснабжения в поселках северной части Котокельской рекреационной зоны по основным показателям соответствует гигиеническим нормативам, однако в некоторых колодцах отмечены незначительные превышения содержания нитратов (поселки Исток-1, Исток-2) и тяжелых металлов (п. Исток-2), а также показателя цветности и растворенного органического вещества (в колодце в п. Исток-1 – до двух раз), что требует применения фильтров (в том числе угольных) и кипячения воды.

3. Несмотря на экологическую катастрофу 2008 г. и действующий до сих пор запрет на использование оз. Котокель в рекреационных, питьевых и хозяйственно-бытовых целях, озеро по-прежнему является привлекательным местом для отдыхающих, число которых в настоящее время не контролируется и не регулируется.

4. В то же время согласно данным проведенных в рамках экспедиции социальных опросов большинство местных жителей считают необходимым сокращение числа неорганизованных туристов, повышение уровня экологической культуры (как отдыхающих, так и местного населения), а также положительно относятся к развитию организованного туризма в районе оз. Котокель и готовы работать в сфере рекреации.

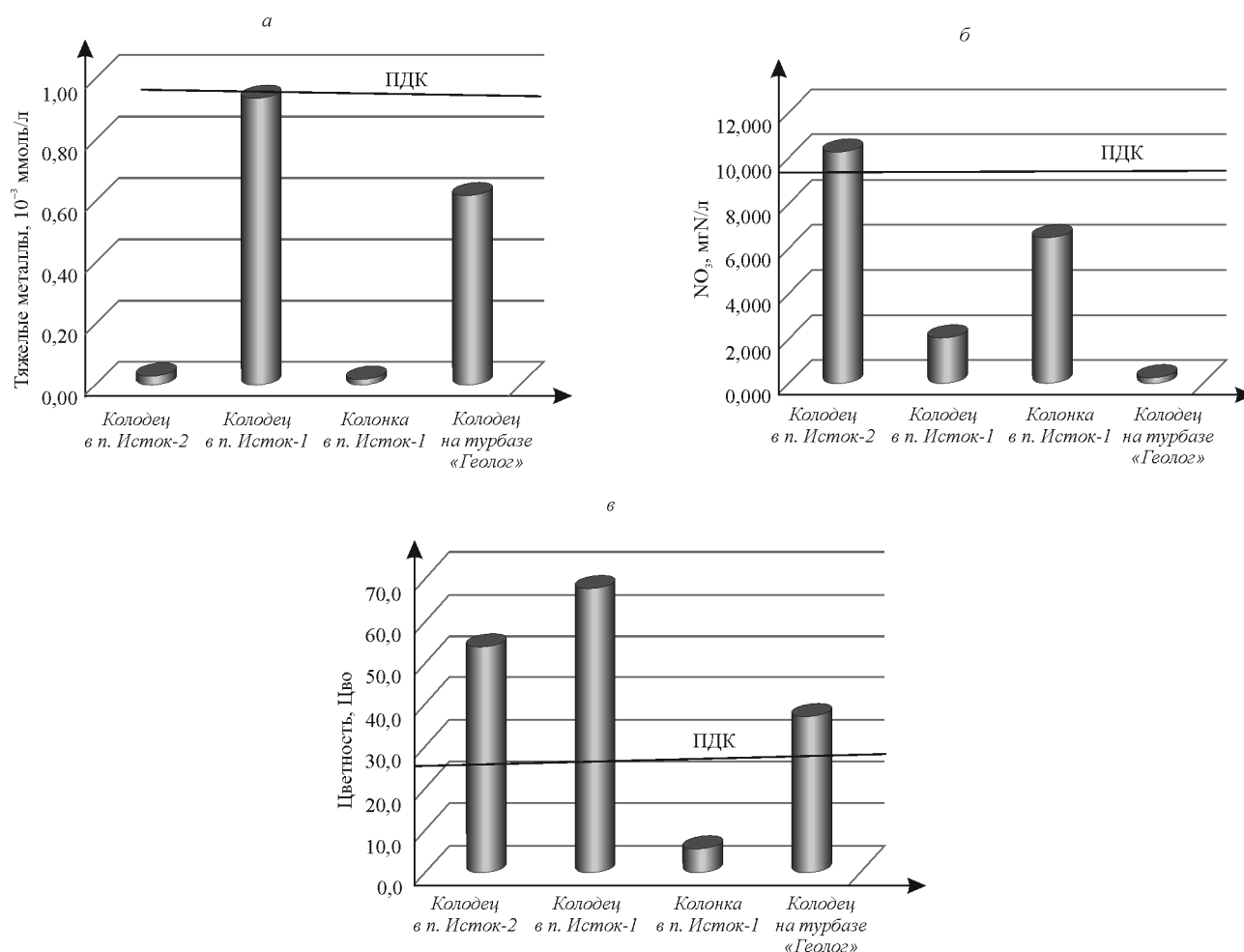


Рис. 2. Некоторые показатели качества питьевой воды (в сравнении с ПДК) в источниках питьевого водоснабжения в поселках северного берега оз. Котокель:

а – содержание тяжелых металлов в питьевой воде, 10^{-3} ммоль/л;

б – концентрация нитратов в питьевой воде $[\text{NO}_3]$, мгN/л;

в – органическое вещество (цветность) в питьевой воде, Цво

5. Для восстановления рекреационного потенциала Прикотокелья необходимо:

- снять запрет на использование оз. Котокель в рекреационных, питьевых и хозяйственно-бытовых целях, что должно быть сделано только в случае существенной нормализации экологической обстановки, подтвержденной результатами детальных, в том числе гидрохимических, исследований;

- разработать перечень экологически и экономически обоснованных мероприятий по восстановлению и поддержанию рекреационного потенциала Прикотокелья. В число последних должны входить мероприятия по восстановлению практически разрушенной рекреационной инфраструктуры в районе оз. Котокель и обеспечение должного качества воды в источниках питьевого водоснабжения;
- провести исследования по определению допустимых рекреационных нагрузок для обеспечения контроля и научно обоснованного регулирования численности отдыхающих;
- разработать меры по переходу на преимущественное развитие организованного отдыха, сократить и жестко контролировать число неорганизованных рекреантов;
- обеспечить ознакомление со сведениями экологического характера как местного населения, так и отдыхающих.

Изучение экологических проблем Котокельской рекреационной зоны, а также гидрохимических параметров вод оз. Котокель и смежных водотоков продолжается в 2014–2015 гг. Результаты анализов, полученные летом 2013 г., будут использованы для уточнения мест отбора проб в рамках перспективных исследований и для разработки комплекса мероприятий по организации системы мониторинга экологического состояния водоема и управления природопользованием в рекреационной зоне оз. Котокель.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Озеро Котокельское: природные условия, биота, экология / отв. ред. М. Н. Пронин, Л. Л. Убугунов. Улан-Удэ, 2013.
2. Токсичные цветения цианобактерий в оз. Котокельское (Бурятия) – современное состояние проблемы / Е. Г. Сорокинова [и др.] // Вода: химия и экология. 2014. № 2. С. 29–35.
3. Кузьмич В. Н. Эколого-продукционная характеристика озер Иркана и Котокель // Биопродуктивность евтрофных озер Иркана и Котокель бассейна озера Байкал. Улан-Удэ, 1988. № 279. С. 131–146.
4. Гидрохимические параметры воды некоторых озер Забайкалья зимой / О. М. Горшкова [и др.] // Проблемы развития науки и образования: теория и практика : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. (Москва, 30 сент. 2013 г.). Москва, 2013. Ч. 1. С. 13–18.
5. Воробьевская Е. Л., Горшкова О. М., Зенгина Т. Ю., Корешкова Т. Н., Седова Н. Б., Слипенчук М. В., Чевель К. А., Бедринова Д. С. Оценка качества питьевой воды в рекреационной зоне оз. Котокель // Объекты природного наследия и экотуризм : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. проф. М. В. Слипенчука (Улан-Удэ – п. Гремячинск, 25–27 авг. 2014 г.). М., 2014. С. 113–117.

Поступила в редакцию 17.02.2015.

Татьяна Юрьевна Зенгина – кандидат географических наук, доцент кафедры рационального природопользования географического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова (Россия).

Дарья Сергеевна Бедринова – студентка 5-го курса географического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. Научный руководитель – Т. Ю. Зенгина.

УДК 911.3

Д. С. ЗОРИНА (РОССИЯ), Д. В. ЗАЯЦ (РОССИЯ)

РАЗМЕЩЕНИЕ И ДИНАМИКА НАСЕЛЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ РОССИЙСКО-БЕЛОРУССКОГО ПОГРАНИЧНОГО РЕГИОНА (на примере Смоленской, Витебской и Могилевской областей)

Анализируется современная система размещения населения и его динамика в белорусско-российском пограничье на примере Смоленской, Витебской и Могилевской областей. Исследуются исторический и транспортный факторы формирования демографического потенциала рассматриваемой территории. Установлено усиление барьерной функции новой государственной границы на этом участке. Выявлена следующая закономерность: депопуляция наиболее заметна в районах, непосредственно прилегающих к государственной границе, при удалении от политического рубежа убыль населения уменьшается. Констатируется положительное влияние главных транспортных осей трансграничного направления на демографическую ситуацию: вдоль этих осей убыль населения существенно ниже средних значений. Показана важная роль сети малых городов (менее чем 50 тыс. жителей) в сохранении демографического потенциала пограничных территорий. Эта сеть лучше развита на приграничной территории Беларуси. Утверждается, что улучшение демографической ситуации в пределах российско-белорусского пограничья возможно лишь при условии комплексного социально-экономического развития территории. Сложность проведения этих мероприятий заключается в больших материальных и временных затратах.

Ключевые слова: пограничье; периферийность; демографический потенциал; плотность населения; прирост и убыль населения; транспортная ось; малый город.

The authors analyze the modern system of settlement and demographic indicators on both sides of the state border between Russia and Belarus within Smolensk, Vitebsk and Mogilev regions. Placement of the population is subject to historical and transportation factors. The role of the border as a barrier between Belarus and Russia increases. Depopulation is most noticeable in areas immediately