

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ АКВАТОРИИ МАНЖЕРОКСКОГО ОЗЕРА

Ю.В. Робертус, А.В., Кивацкая, Р.В. Любимов, В.А. Ситникова
АУ РА «Алтайский региональный институт экологии», с. Майма

Одной из популярных рекреационных территорий Республики Алтай является район Манжерокского озера, расположенного в живописной местности у западного подножья г. Синюха в 30 км к югу от республиканского центра – г. Горно-Алтайска и в 1,5 км восточнее федеральной трассы Р-256 “Чуйский тракт” (рис. 1). С 1978 года озеро является памятником природы регионального значения (III категория МСОП). Постановлением Правительства Республики Алтай от 27.06.2007 г. № 126 утверждены его границы и режим охраны [Кадастр..., 2014].

Состояние озера в последние десятилетия вызывало опасение. Его площадь сокращалась, наблюдалось заболачивание и зарастание берегов, усилился снос делювиально-пролювиального материала и образование донных илов, ухудшился кислородный режим воды [Андреева, Ротанова, 2008].

Современное экологическое состояние водоема во многом является прямым следствием прошлых антропогенных нарушений ландшафтов водоохранной зоны озера и смежных с ним территорий. Их последствия изменили гидролого-гидрогеологические условия в районе водоема, что сказалось на его водно-седиментационном режиме и растительности [Зарубина, Соколова, 2016].

Установившийся гидрологический режим, в частности замедление водообмена, способствует нарастанию эвтрофикации озера и заполнению его сапропелевыми илами, мощность которых достигла 1,5-2,5 м и более [Цимбалей, 2008, 2009]. Имеющиеся данные говорят об анаэробном распаде отмерших микроорганизмов в донных илах, что ухудшает эколого-гигиеническое качество озерной воды, а в перспективе делает ее непригодной для хозяйственных целей. Прогрессирующий процесс заболачивания водоема негативно влияет на бактериологические показатели озерной воды, часть из них не отвечает требованиям санитарных норм. В последние годы качество озерной воды соответствует категории 3«Б», то есть классу очень загрязненных вод, в основном из-за высокого содержания растворенного органического вещества.

Основополагающий вывод проведенных обследований состоит в том, что сохранение современного гидрологического режима Манжерокского озера приведет в долгосрочной перспективе к его полной деградации и превращению в заболоченную низину [Андреева, Ротанова, 2008; Природные..., 2006].

Для санации вышеотмеченных негативных процессов АО «Запсибгипроводхоз» (г. Новосибирск) в 2016 г. был разработан проект экологической реабилитации Манжерокского озера. Основное ее мероприятие, проведенное в 2017-2018 гг. АО «Сибгидромехстрой» (г. Новосибирск), состояло в углублении дна и очистки от донных илов центральной части озера, свободной от «красно-книжного» эндемика – водяного ореха

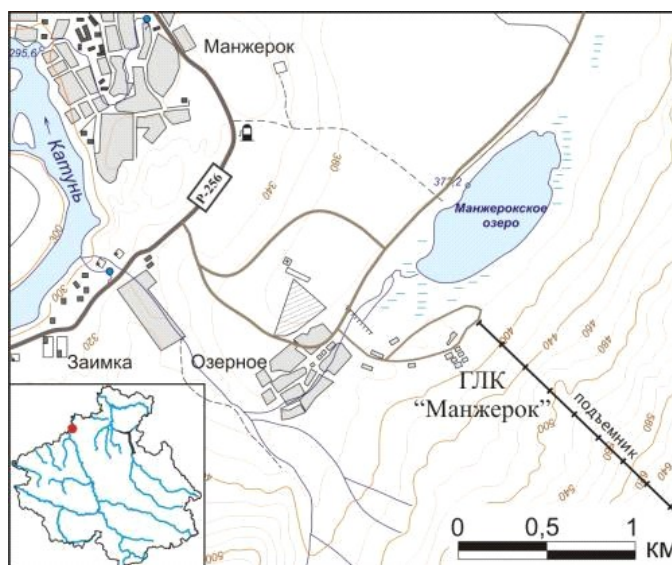


Рис. 1. Обзорная схема района памятника природы «Озеро Манжерокское».

(*Trapa pectinata* V. Vassil.) [Ильин, 1982; Красная книга..., 2000]. Всего на площади 15 га было вынута и перемещено 217,3 тыс. м³ донных илов (сапропелей). Средняя глубина расчистки составила 1,34 м при максимальной 2,06 м. Для предотвращения инфильтрации на дне озера оставлен слой илов мощностью 10-20 см.

Ближайшим следствием проведенной расчистки явилось заметное ухудшение качества озерной воды из-за увеличения содержания взвешенных веществ и показателя мутности. Для выявления тенденций изменения создавшейся экологической обстановки Алтайским региональным институтом экологии (АРИ «Экология») в период август 2018 г. – ноябрь 2019 г. проведено 7 туров обследования акватории озера, которые были начаты после открытия 21.07.2018 г. пляжа на северо-западном берегу озера. Состояния акватории в это время вызвало неприятие со стороны рекреантов, поскольку вода в зоне купания имела черный цвет и большое количество частиц ила, придававших ей неприятный грязный вид.

В ходе обследования пробы озерной воды отбирались в 6 пунктах на двух профилях, ориентированных вдоль пляжной зоны. Пункты пробоотбора 1, 2 находились в 50 м от пляжа, остальные – в центральной части озера, из них пункты 3, 4 в контуре расчистки, а пункты 5, 6 вне его (рис. 2). Всего в 2018-2019 гг. было отобрано и изучено 50 проб озерной воды.

Химический анализ водных проб проведен старшим научным сотрудником института к.г.-м.н. А.В. Кивацкой на базе Горно-Алтайского филиала ИВЭП СО РАН. В пробах были определены следующие показатели: содержание взвешенных веществ, мутность, плотность, перманганатная и, реже, бихроматная (ХПК) окисляемость воды.

Отправной информацией по оценке динамики экологического состояния озерной воды послужили результаты обследования АРИ «Экология» и ИВЭП СО РАН в августе 2018 г. В это время в воде отмечалось максимальное содержание взвешенных веществ (в основном частиц растительного детрита) и значений показателей ее качества (мутность, окисляемость и др.). В их распределении было отчетливо проявлено тяготение к площади расчистки, проведенной перед открытием купального сезона, объясняемое взмучиванием воды.

При обследованиях, проведенных в 2019 году, наметилась ясно выраженная в экологическом плане тенденция последовательного снижения содержания взвешенных частиц и значений других показателей экологического состояния (качества) озерной воды. Так, среднее содержание взвешенных веществ в воде с августа 2018 г. уменьшилось в

1. Средние значения показателей воды оз. Манжерокское в 2018-2019 гг.

Показатели	VIII.2018	III.2019	V.2019	VIII.2019	IX.2019	X.2019	XI.2019
Взвешенные вещества, г/дм ³	2,83	0,434	0,414	0,215	0,130	0,081	0,074
Мутность, ЕМ/дм ³	1683	804	531	180	163	210	195
Окисляемость, МГО/ дм ³	130	н.д.	54	33	25,5	28,5	12,8



Рис. 2. Характер распределения взвешенных веществ в акватории Манжерокского озера в августе (слева) и в сентябре (справа) 2019 г.

38,2 раза, показателя мутности в 8,6 раза, а перманганатной окисляемости в 10,2 раза (табл. 1). В пространственном распределении взвешенных веществ по акватории озера преобладала приуроченность максимальных концентраций к месту проведенной расчистки (август 2019 г.) или, в случае нагонных явлений, к пляжевой зоне озера (сентябрь 2019 г.) (рис. 2).

Исходя из полученных данных, можно считать, что для современного состояния воды Манжерокского озера на участке пляжа характерны следующие особенности:

- доминантой состояния воды являются примеси органических и минеральных веществ, обусловившие высокое содержание взвесей и мутность воды;
- состав примесей в воде является гетерогенным и представлен как преобладающими относительно крупными взвесями, так и коллоидно-растворенными в воде веществами;
- взвеси (взвешенные вещества) предположительно представлены частицами глины (минеральная составляющая), растительного детрита, фитопланктона и др. (органическая составляющая), а растворенные в воде вещества имеют существенно органическую природу;
- с увеличением содержания взвесей в воде увеличивается ее мутность. Взвеси (суспензии, эмульсии) придают воде мутность, а растворенные вещества - темную окраску воды;
- размер растворенных в воде частиц предположительно составляет десятые-сотые доли микрона, поскольку они проходят через мелкопористый фильтр “зеленая лента”.

Полученные данные позволяют считать, что в среднесрочной перспективе (до 2-3-х лет) качество озерной воды восстановится до уровня 2017 г. (т.е. до начала расчистки). При этом необходимо помнить, что и в это время его состояние было далеко не идеально по основным «рекреационным» показателям – содержанию взвешенных веществ и мутности воды. Предположение о восстановлении качества воды до прежнего уровня основывается на выявленных трендах поведения изученных показателей качества воды, на основании которых были рассчитаны их возможные значения в следующем году (табл. 2).

2. Средние значения показателей воды оз. Манжерокское в 2018-2020 гг.

Показатели качества воды	Средние наблюдаемые значения			Прогноз на 2020 г.	
	2018 г.	1 полугодие 2019 г.	2 полугодие 2019 г.	1 полугодие	2 полугодие
Взвешенные вещества, г/дм ³	2,83	0,42	0,12	0,07	0,04
Мутность, ЕМ/дм ³	1683	668	187	120	80
Окисляемость, мгО/ дм ³	130	54	25	20	15

Для оценки прогнозных значений основных показателей качества озерной воды в 2020 году выполнена аппроксимация полученных значений 2018-2019 г. (с шагом – полугодие). Установлено, что динамика (тренды) всех изученных показателей качества воды описывается степенной функцией вида $y = kx^n$, где x – число полугодий (начиная с 2-го полугодия 2018 г.), а значения показателя степени n варьируются от **-2,6** для содержания взвешенных веществ до **-1,35** для окисляемости воды (рис. 3).

На основании установленных функций распределения и были рассчитаны прогнозные значения изученных параметров качества воды в 1-м и 2-м полугодии 2020 г. (табл. 2). Так, расчетное содержание взвешенных частиц в озерной воде к концу 2020 г. может снизиться до 40 мг/дм³, значение мутности воды – до 80-120 ЕМ/дм³, а величина ее перманганатной окисляемости – до 15-20 мгО/дм³. Эти значения вполне приемлемы для организации курортного отдыха рекреантов.

Следует иметь в виду, что эта благоприятная в экологическом отношении ситуация может быть реализована только частично по причине достижения показателей качества воды уровня местного фона, который был характерен до расчистки озера, или фона, который установится после стабилизации обстановки в ближайшее время. В частности, проведенными в осеннюю межень 2015 г. инженерно-экологическими изысканиями было определено содержание взвешенных веществ в воде Манжерокского озера – 37,5 мг/дм³, а окисляемости –

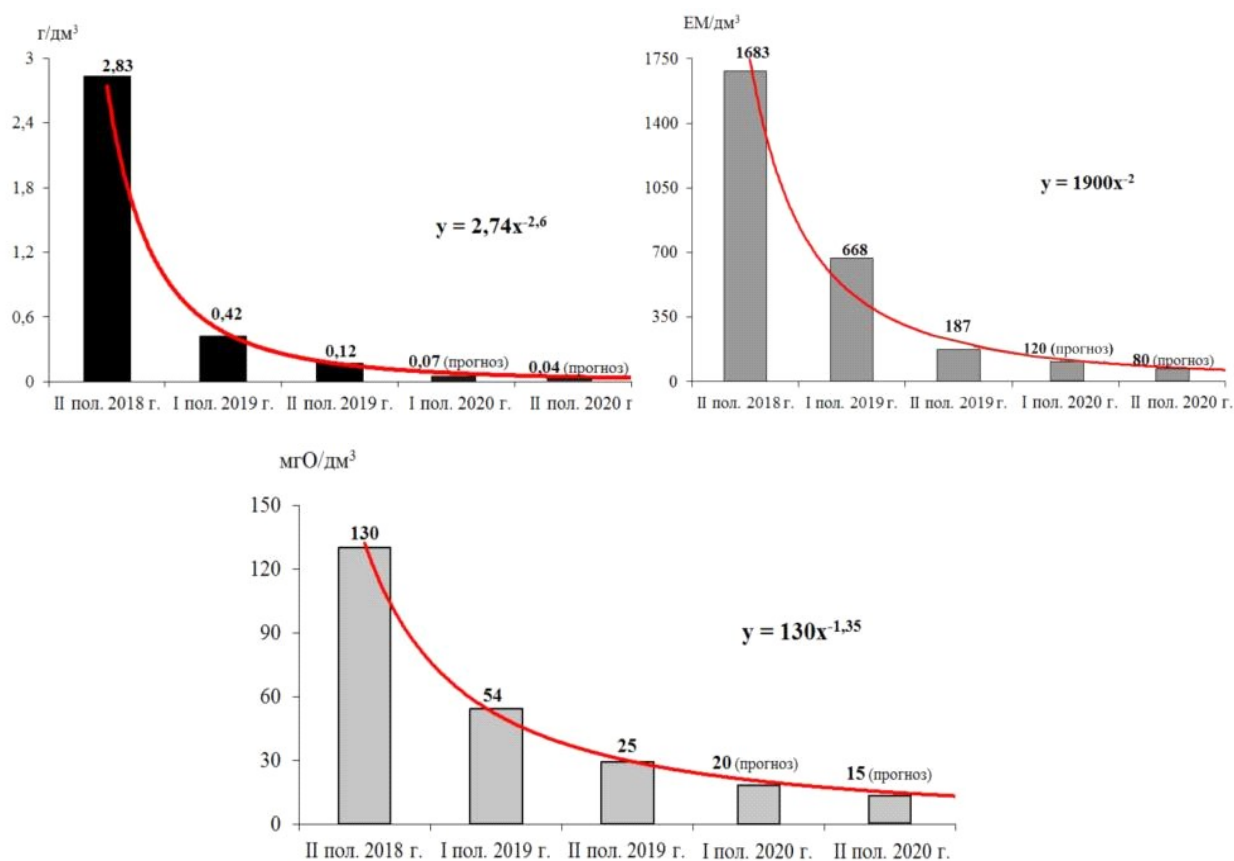


Рис. 3. Тренды наблюдаемого и прогнозируемого изменения содержания взвешенных веществ (вверху слева), мутности (вверху справа), окисляемости (внизу) воды Манжерокского озера в 2018-2020 гг.

10 мгО/дм³. Эти значения, вероятно, и являются фоновыми для озерной воды периода, предшествующего расчистке озера.

Несмотря на проведенную расчистку, общая ситуация с качеством озерной воды в 2019 году оставалась на неудовлетворительном уровне. Основная причина заключалась в высоком содержании взвешенных частиц в воде, обусловленном как ее взмучиванием при расчистке, так и наличием мощного слоя сапропеля на нерасчищенной части озера, подверженной нагонным явлениям и размыву, что приводит к их поступлению в расчищенную площадь акватории. Об этом свидетельствуют более высокие концентрации взвесей и мутности воды на участках акватории, смежных с расчищенной площадью.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

- 1) Экологическое состояние воды Манжерокского озера до проведения расчистки от донных илов находилось на малоудовлетворительном уровне.
- 2) Результаты проведенных мониторинговых обследований свидетельствуют о том, что основной причиной временного ухудшения экологического состояния озерной воды является проведенная в 2017-2018 гг. расчистка центральной части озера от донных илов.
- 3) Проведенная расчистка полностью не решила проблему экологической реабилитации Манжерокского озера. Для этого необходимо восстановить естественный гидрологический режим озера, в частности его проточность.
- 4) Выявленные позитивные в экологическом плане тренды изменения изученных показателей воды свидетельствуют о самовосстановлении озерной экосистемы после проведения реабилитационных мероприятий.

Исходя из полученных результатов, представляется целесообразным продолжить мониторинг акватории озера в 2020 г. Изученные показатели необходимо дополнить оценкой

углерода (гумуса) в воде. Другие задачи заключаются в изучении фазово-дисперсного состояния примесей и их вещественного состава. По результатам этого изучения можно будет судить о силах, удерживающих примеси в воде, и в итоге – о методах их удаления из воды.

Литература

Андреева И.В., Ротанова И.Н. Озеро Манжерокское: прошлое, настоящее и будущее памятника природы // Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов. Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2008. С. 305-308.

Зарубина Е.Ю., Соколова М.И. Трансформация структуры растительного покрова Манжерокского озера (Республика Алтай) за 35-летний период // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология, 2016, № 4(36), с. 47–61.

Ильин В.В. Флора и растительность Манжерокского озера (Алтай) // Ботанический журнал, 1982, т. 67, с. 210-220.

Кадастр особо охраняемых природных территорий Республики Алтай / Барнаул: Азбука, 2014. 456 с.

Красная книга Республики Алтай (особо охраняемые территории и объекты). Горно-Алтайск: 2000. 272 с.

Природные комплексы Майминского района Республики Алтай / Коллективная монография. Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2006. 186 с.

Цимбалей Ю.М. Манжерокское озеро в Горном Алтае: седиментогенез, его индикационный анализ, проблемы охраны и рекреационного освоения. // Мир науки, культуры, образования, 2008, № 2, с. 22-26.

Цимбалей Ю.М. Манжерокское озеро в Горном Алтае: современное состояние и перспективы рекреационного освоения // Изв. РГО, 2009, т. 141, вып. 3, с. 56-62.