

ДИНАМИКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА ТУРГОЯК

© 2020 г. С. Г. Захаров*

*Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет,
Челябинск, Россия*

**E-mail: s_zakcharov5@mail.ru*

Поступила в редакцию 24.10.2019 г.

После доработки 12.02.2020 г.

Принята к публикации 18.02.2020 г.

Рассматривается экологическое состояние уникального олиготрофного озера Южного Урала – Тургояк. Уточнены характеристики возраста озерной котловины и максимальных глубин озера. Рассмотрена динамика происходящих изменений в озерной экосистеме со времени первого научного описания озера в 1903–1912 гг. до сегодняшнего дня. Выявлено антропогенное воздействие на озеро. Обнаружено постепенное повышение минерализации вод и тенденция к возрастанию концентрации общего фосфора. В последние 3–4 года наблюдается устойчивое снижение прозрачности вод озера; водоем начал “цвести”. Отмечен переход озера в олиготрофно-мезотрофное состояние. Основные причины негативных изменений озерной экосистемы – неудовлетворительное состояние канализации и возрастающая рекреационная нагрузка на побережье и акваторию. Намечены мероприятия для сохранения озера; в частности, предложено повышение его охранного статуса.

Ключевые слова: озеро Тургояк, качество воды, охрана водоема

DOI: 10.31857/S0869607120010085

ВВЕДЕНИЕ

Озеро Тургояк – уникальный водоем Южного Урала и России. Уникальность проявляется в происхождении и морфологии озерной котловины, особенностях гидрологического режима озера. С 1969 г. оз. Тургояк является памятником природы областного значения, в 2007 г. территории вокруг водоема придан статус охранной зоны памятника природы. Озеро Тургояк – один из первых объектов России, рекомендованный к охране. В 1916 г. географ В.Н. Сементовский написал отдельную брошюру со страстным призывом к защите озера: “Гибнет, гибнет Тургояк. Он уже не тот, что прежде...” (цит. по [19]). В XX в. озеро оказалось вовлеченным в хозяйственный оборот. На его водосборной территории рубили лес, озерные воды шли на водоснабжение завода “УралАЗ” и г. Миасс. Сам Тургояк благодаря чистой воде и живописным видам превратился в любимейшее место отдыха: на его берегах создавали пионерские лагеря, пансионаты и базы отдыха. Вокруг озера Тургояк накопилось множество народных и псевдонаучных мифов. Задача данной статьи – проанализировать имеющуюся информацию по озеру и определить изменения качества водной массы озера за период 1912–2019 гг.



Рис. 1. Картограмма озера Тургойак с точками наблюдения (1–3) в 2017–2019 гг.

Fig. 1. The map of Lake Turgoyak with observation points (1–3) in 2017–2019.

МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Были проанализированы основные работы исследователей XX в. по оз. Тургойак ([3, 14–16, 22] и др.), а также работы, касающиеся исследований отдельных параметров геосистемы озера в XXI в. ([4, 7, 12, 13] и др.). Автором в марте и августе 2017–2019 гг. были проведены наблюдения за прозрачностью, цветностью, перманганатной окисляемостью, содержанием соединений неорганического азота, общего фосфора, основных ионов, тяжелых металлов в центральной части акватории (в т.ч. по глубинной вертикали) (т. 1) и в прибрежных зонах северной и восточной частей акватории оз. Тургойак: в Инышкинской курье (т. 2) и у Городского пляжа (т. 3) (рис. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Котловина

Озеро Тургойак расположено в пределах западных склонов Ильменского хребта Южного Урала, в межгорной котловине на северо-восточной окраине г. Миасс. Координаты центральной части озера: $55^{\circ}09'40''$ с.ш., $60^{\circ}04'$ в.д. Озерная котловина тектонического происхождения, приурочена к межгорному прогибу; находится в пределах зоны разлома земной коры и зоны контакта континентальных и древнеокеанических пород. Западные и особенно восточные берега высокие, зачастую обрывистые, высотой до 50–100 м. На незначительных по протяженности участках южного и северного берегов, а также восточного берега (вблизи р. Исток) характерны понижения бортов котловины.

Время возникновения озерной котловины до сих пор точно неизвестно, но все же это не 23 млн л. н., как указывает [11]). По современным оценкам возраст озера составляет не менее 12 тыс. лет [7, 13]. Если озеро существовало раньше этого времени,

Таблица 1. Максимальная/средняя глубина озера Тургойак (м) по данным разных авторов
Table 1. Maximum/average depth of the Lake Turgoyak (m) according to various authors

Авторы	Щелканов-цев, 1903 [14]	Подлесный, Троицкая, 1941 [13]	Старцев, 1959 [17]	Балабанова, 1964 [2]	Андреева, 1973 [1]	Экология..., 1998 [21]
Глубина	30/20	34/19.2	34/19.2	32.5/?	32.5/19.2	34/19.2

его уровень был бы на 20 м ниже современного [7]. Не исключено, что озеро в Тургойской котловине, пусть и меньших размеров, уже существовало в эпоху брянского потепления (около 32–25 тыс. л. н.) [8]. Выявлены различные скорости накопления осадочного материала в разных частях озерной котловины: более глубокая, северная часть котловины, заполнялась осадками быстрее [7]. Скорость осадконакопления за последние 100 лет составляет в среднем 1.75 мм/год (рассчитано по [12]). По анализу колонки донных отложений выявлено 4 основных периода развития озерной геосистемы: 1) начало озерного осадконакопления (>12.1 тыс. к. л. н.); 2) этап мелководного озера с повышенной минерализацией (12.1–11.2 тыс. к. л. н.); 3) этап возрастания глубины и снижения минерализации (11.2–8.0 тыс. к. л. н.); 4) этап устойчивого увеличения содержания органического вещества в воде (<8.0 тыс. к. л. н.) [13].

Морфометрия

Площадь озера составляет 26.4 км², площадь водосбора – 49 км²; объем водной массы – 507 млн м³ [2], максимальная глубина – 32.5 м (по другим данным – до 34 м) (табл. 1), средняя глубина 19.2 м [2]. Значение средней глубины – самое большое среди всех тектонических озер Южного Урала. На озере 6 островов, из которых относительно крупный только один – остров Веры (площадь около 7 га). Озеро сточное. Коэффициент условного водообмена составляет 0.015–0.02 [2]; объем вод полностью сменяется примерно раз в 50–65 лет. Есть устные сообщения дайверов о глубинах 40–42 м. Они представляются маловероятными, так как зона глубин свыше 30 м чрезвычайно мала. Во время наших исследований глубин более 32 м не обнаружено.

Прозрачность воды

“Легендарная” прозрачность 19–20 м, якобы существовавшая в озере в 1960-х гг., не находит подтверждения в научной литературе (табл. 2). Только в работе [22] упоминается о ней со ссылкой на работу М.А. Андреевой [2], но в последней такой информации не содержится. В популярной книге “Тургойак. Озеро – памятник природы и окрестности” [19] указано, что “дно просматривается до глубин 15–20 м”. Вероятно, эти сведения, постепенно “прирастая”, восходят к работе [3], где указана зимняя прозрачность в центральной части озера – 17.5 м.

Минимальные отмеченные величины прозрачности в 1940–1960-х гг. – 8.5 м (лето, литораль) [3]; в 1996–1997 гг. – 6 м (май, взвеси после разрушения ледового покрова, весенняя вспышка “цветения” воды) [22].

Летом 2010 г. в озере отмечена прозрачность от 14.8 до 15.1 м по белому диску [20]. Можно отметить, что в разгар биологического лета (наибольших сезонных температур в эпилимнионе) за период более чем 100 лет в центральной зоне озера прозрачность по белому диску принципиально не изменялась и составляла в среднем (при удалении крайних значений) 11–13 м, в отдельные годы достигая значений 14–15 м. В августе 2017 г. нами в центральной части водоема, при идеальных условиях наблюдения, было обнаружено снижение прозрачности до 9.4 м; в августе 2018 г. прозрачность изменялась в пределах 9.5–10.2 м. В августе 2019 г. впервые в истории озера при штилевой погоде наблюдалось “цветение” воды 3 степени, когда прозрачность в центральной части водоема уменьшилась до 8.0 м.

Таблица 2. Прозрачность воды в XX в. (июль–август) в оз. Тургойак
Table 2. Water transparency in the XX century (July–August) in the Lake Turgoyak

Источник, год публикации	Шелкановцев, 1903 [16]	Сементовский, 1914 [16]	Подлесный-Троицкая, 1941 [14]	Старцев, 1959 [18]	Россолимо Федорова, 1967 [15]	Экология, 1998 [22]	
Год наблюдения	1903	1912	1937	?	1965	1994	1996–1997
Прозрачность по белому диску, м	12	12	до 12	12	13–14	9.9–11.3	11.0–12.7

Изменение уровня водного зеркала

В 1936 г. через р. Исток в р. Миасс было сброшено около 20 млн м³ воды для пополнения Аргазинского водохранилища; при этом уровень озера понизился на 80 см. Окончательно сток из озера (по сообщению В. Ткачева [19]) прекращается в 1960 г. С 1952 г. началась перекачка вод в оз. Кысыкуль для водоснабжения г. Миасс. В 1960–1980-х гг. отбор воды колебался в пределах 5.8–10.5 млн м³/год; в 1990-е гг. – от 4 до 1.5 млн м³/год [22].

Амплитуда колебания уровней воды за 1951–2004 гг. достигала 2.8 м.; среднегогодового абсолютный урез воды составляет 319.45 м [5].

Среднегогодовые значения годового водного баланса оз. Тургойак положительны и составляют 5.6–6.4 млн м³ [8]. Водозабор в средние по водности годы может составлять около 2.8–3.2 млн м³/год. В 2007 г. искусственно восстановлен сток из озера по р. Исток.

Гидрохимическая характеристика озера

Воды озера мягкие пресные (жесткость менее 2 мг экв./дм³), по классификации О.А. Алекина [1] относятся к гидрокарбонатному классу сульфатно-натриевого (II) типа группы кальция. По сводным данным из разных источников [22], в 1937–1975 гг. минерализация вод озера по сухому остатку изменялась в пределах 52–80 мг/л; в период 1980–1994 гг. – 64–120 мг/л, в 1996–97 гг. – 106–115.7 мг/л (в прибрежной зоне в северной части акватории – до 138 мг/л). По сумме основных ионов с 1920 по 1970 г. выявлены изменения минерализации воды от 65.6 до 100 мг/л (за исключением одной пробы 22.05.1958 г. – 154 мг/л) [21].

Зимой (январь) 2014 г. минерализация поверхностных вод оз. Тургойак составляла 145 мг/дм³; на глубине 20 м – 146 мг/дм³; летом (июнь) 2014 г минерализация поверхностных горизонтов составляла 129 и 135 мг/дм³ на глубине 20 м (данные ЧГМС, Челябинск).

В марте и августе 2018 г. автором были проведены гидрохимические исследования в центральной зоне озера по глубинной вертикали (табл. 3).

Сезонные изменения минерализации наблюдаются в поверхностных горизонтах (от 124 мг/дм³ в период открытой воды до 145 мг/дм³ в подледный период). Глубинные и придонные воды не испытывают сезонных флуктуаций: минерализация до 153–154 мг/дм³ (см. табл. 3). По глубинной вертикали несколько изменяется структура катионного состава макроэлементов: с глубиной снижается доля кальция и возрастает доля магния, натрия и калия. Состав анионов с глубиной практически не изменяется. Динамика макроэлементов воды почти за 100 лет указывает на тенденцию к увеличению минерализации от 90–115 до 120–155 мг/дм³.

Наиболее уязвимы экосистемы олиготрофных озер к повышению концентрации биогенных элементов, в первую очередь соединений азота и фосфора. Современные

Таблица 3. Минерализация и состав основных ионов воды оз. Тургойак, мг/дм³
Table 3. Mineralization and composition of the main ions of the Lake Turgoyak water, ppm

Дата отбора	Глубина, м	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Σионов
18.03.2018	0.5	62.0	31.7	7.8	32.1	3.0	1.3	137.9
	20	67.0	38.0	7.8	21.8	6.9	11.7	153.2
22.08.2018	0.5	57.0	32.0	7.4	20.2	5.2	10.1	124.5
	29	68.0	37.0	6.7	21.0	4.9	16.4	154.0

Таблица 4. Содержание соединений минерального азота и общего фосфора (мг/дм³) по глубинной вертикали в центральной части оз. Тургойак (март 2018 г.)

Table 4. The concentration of mineral nitrogen and total phosphorus (ppm) in the central part of the Lake Turgoyak (March, 2018)

Глубины, м	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N минерал.*	P общ.
0.5	0.02	0.001	0.004	0.025	0.006
5	0.01	0.001	0.002	0.013	0.006
10	0.01	0.002	0.002	0.014	0.008
15	0.02	0.003	0.008	0.031	0.01
20	0.01	0.003	0.011	0.024	0.01

* В перерасчете на азот.

концентрации азота и фосфора в целом невысоки и соответствуют олиготрофному, в некоторых случаях – олигомезотрофному статусу водоема (табл. 4 и 5).

Высокие концентрации биогенных веществ на глубине 29 м (табл. 5) связаны с тем, что проба была отобрана в нескольких сантиметрах от дна.

При сравнении данных распределения соединений азота в марте 2018 г. (см. табл. 4) с данными зимнего периода, зафиксированными З.М. Балобановой (N-NH₄⁺ – 0.05 мг/л; N-NO₂⁻ – 0.0013 мг/л; N-NO₃⁻ – 0.18 мг/л) [3], можно увидеть, что качественных изменений в содержании соединений азота не произошло. Распределение биогенных веществ по акватории в августе 2017 и 2018 гг. (поверхностные слои) показано в табл. 6.

Летние концентрации фосфора в поверхностных водах в 1965 г. составляли 0.003 мг/л, [14], в весенне-летний период 1996–1997 гг. – 0.128 мг/л [22], тогда как в летний период 2017–2019 гг. они находились в интервале от 0.008 до 0.014–0.020 мг/л. Если данные 1996–1997 гг. верны, то мы наблюдаем значительное снижение концентраций общего фосфора, что свидетельствует о хорошей способности озера к самоочищению (табл. 7). Общее улучшение качества воды произошло в связи с увеличением водной массы озе-

Таблица 5. Содержание соединений минерального азота и общего фосфора (мг/дм³) по глубинной вертикали в центральной части оз. Тургойак (август 2018 г.)

Table 5. The concentration of mineral nitrogen and total phosphorus (ppm) in the central part of the Lake Turgoyak (August, 2018)

Глубины, м	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N минерал.*	P общ.
0.5	0.01	0.002	0.011	0.023	0.008
10	0.01	0.002	0.011	0.023	0.016
15	0.05	0.005	0.012	0.067	0.008
20	0.01	0.002	0.011	0.023	0.008
29 придон.	0.1	0.008	0.013	0.121	0.032

* В перерасчете на азот.

Таблица 6. Диапазон концентраций соединений азота и фосфора (мг/дм^3) в акватории оз. Тургояк (август 2017–2019 гг.)

Table 6. The concentration range of nitrogen and phosphorus compounds (ppm) in the water of the Lake Turgoyak (August, 2017–2019)

Элемент (соединение)	Центр озера	Городской пляж (50 м от берега)	Инышкинская курья (50 м от берега)
N- NH_4^+	0.01	0.01–0.02	0.05
N- NO_2^-	0.001–0.002	0.001–0.002	0.002
N- NO_3^-	0.008–0.011	0.009–0.01	0.01
P общ.	0.008–0.018	0.01–0.019	0.01–0.02

Таблица 7. Динамика содержания соединений минерального азота и общего фосфора в центральной части озера Тургояк, мг/дм^3

Table 7. The dynamics of the content of mineral nitrogen and phosphorus compounds in the central part of the Lake Turgoyak, ppm

Элемент (соединение)	Июль 1965 г. [14]	Среднегодовые за 1996–1997 гг. [22]	Июнь 2009 г.**	Июнь 2014 г.**	Август 2017 г.
N- NH_4^+	0.07–0.05*	0.06	0.01	0.02	0.01
N- NO_2^-	0.0007–0.0013*	0.0022	0.002	0.003	0.001
N- NO_3^-	н/об–0.05*	0.165	0.01	0.05	0.008
P общ.	0.003–0.027*	0.042	0.014	0.023	0.014

* Поверхностная – глубинная проба; ** данные лаборатории ЧГМС, Челябинск.

ра в 2000–2007 гг. (этот факт фиксируется и по снижению концентраций металлов в верхнем 2-сантиметровом слое донного осадка [12]). Тем не менее, современные (2009–2019 гг.) концентрации общего фосфора в поверхностных водах в 5–7 раз превышают значения середины 1960-х гг. (табл. 7). Наблюдается поступление соединений фосфора в результате прорывов канализации, а также в летний период с нарушенных участков водосборной площади и со стороны пляжей.

Настораживает обнаружение в поверхностных слоях концентраций общего фосфора порядка 0.02–0.04 мг/дм^3 (например, в 1996, 1997, 2014 гг.). Подобные значения характерны для мезотрофных, а не олиготрофных озер; в озере Тургояк подобные концентрации общего фосфора обычны только для глубинных придонных вод.

В водах озера отмечены достаточно высокие концентрации отдельных микроэлементов (цинка и меди) – до 3–4 ПДК. Такие значения можно было бы считать фоновыми природными характеристиками вод оз. Тургояк в зимний период [9], но, учитывая выявленное антропогенное загрязнение этими металлами [12], вполне возможно, что некоторая часть цинка и меди в водной среде имеет антропогенное происхождение.

В придонных водах на больших глубинах (29 м) в 2018 г. отмечены значительные концентрации марганца (0.24–0.488 мг/дм^3 – до 48 ПДК), что, вероятно, связано с выносом марганца в водную среду из донных отложений при локальном дефиците кислорода.

Органическое вещество в водах озера встречается в минимальных количествах и достаточно стабильно во времени: по перманганатной окисляемости диапазон концентраций с 1962 г. до 2018 г. составил 3–4 мгО/л ; по ХПК с 1980 г. по 2018 г. – от 18 до 21.9 мгО/л .

Цветность воды по акватории и глубинной вертикали в период 2009–2018 г. изменялась от 5 до 10° (в летний период 2017–2018 гг. – от 5 до 8°).

Содержание нефтепродуктов по глубинной вертикали в 2014 г. и 2018 г. отмечалось в пределах 0.01–0.03 мг/дм³ (с максимумом в поверхностных слоях как зимой, так и летом). Анализ распределения нефтепродуктов за период 2009–2017 гг. (по данным ЧГМС, Челябинск) показывает стабильное содержание нефтепродуктов в отмеченном нами диапазоне 0.01–0.03 мг/дм³.

Антропогенное загрязнение озера Тургояк

Выявленные изменения гидрофизических и гидрохимических параметров показывают как циклический, так и направленный характер негативных изменений экосистемы озера. Озерная экосистема обладает значительной способностью к самоочищению водной массы и значительной инерционностью. Тем не менее, тревожные симптомы негативных качественных изменений есть.

Это выявленное поступление соединений фосфора с освоенной части водосбора и побережья; резкое снижение летней прозрачности воды (с 12 до 8 м!), изменения в структуре планктонного сообщества.

Отмечено, что в первой половине 2006 г. состав водорослей соответствовал α -олигосапробной зоне (олиготрофное состояние, 2 класс качества вод), а в августе 2006 г. сапробность была на границе α -олигосапробной и β -мезосапробной зон, т.е. отмечалось пограничное состояние между олиготрофией и мезотрофией (2–3 класс качества вод, “чистая–умеренно-загрязненная”) [17]. Переход озера из олиготрофного в олиго-мезотрофное состояние по ряду признаков отмечается в работе [22].

Значения прозрачности по белому диску (см. табл. 2) свидетельствует о возрастании трофического статуса водоема (TSI) [23]: от 22–25 TSI в 1903–1965 г. до 27–29 TSI в 2017–2018 гг. Также следует отметить, что значения TSI по параметру прозрачности в 1965 г. хорошо согласуются с концентрацией общего фосфора в поверхностных горизонтах. Напротив, в 2017–2018 гг. отмечается существенное увеличение значения индекса TSI по параметру концентрации общего фосфора – до 34–40. В период 1994–1996 гг. отмечено максимальное расхождение между трофическим индексом TSI по прозрачности и концентрации общего фосфора: TSI по прозрачности составлял 25–28, а по общему фосфору достигал 57–58 (если данные по концентрации общего фосфора в работе [22] верны).

Антропогенное воздействие можно выделить также по накоплению поллютантов в донных отложениях. Было установлено, что оз. Тургояк подвержено аэральному загрязнению как из ближних (Карабаш, ПО “Маяк”), так и дальних источников эмиссии (Чернобыль) [12]. Авторы цитируемой монографии считают, что начало техногенного воздействия на оз. Тургояк начинает быть заметным со второй половины 1930-х гг. (горизонт 8–9 см донных отложений) и достигает своего максимума в 1970–1980-е гг. (горизонт до 2 см) (табл. 8).

Помимо водозабора, который в настоящее время не угрожает озерным водам, в последние годы наметилась негативная тенденция – регулярные утечки из коллекторов канализации и все более интенсивное неорганизованное рекреационное использование озера. В отдельные жаркие дни на городском пляже одновременно находятся до 2–2.5 тыс. человек. По данным С.А. Белова [4] в летнее время максимальная рекреационная посещаемость отмечается у Городского пляжа (до 800–1100 чел./ч), на других участках побережья – до 150–480 чел./ч. В целом вокруг оз. Тургояк максимальная рекреационная посещаемость в отдельные дни достигает 2000–2500 чел./ч, а с учетом неравномерности отдыха – до 7000 чел./сут. За летний период у озера может отдохнуть около 70–100 тыс. чел. [4]. Отмечены случаи таких развлечений при организации праздников, как подводные взрывы и фейерверки, плавучие бани, а также использование моторной техники на акватории озера – памятника природы.

Таблица 8. Концентрация некоторых тяжелых металлов в донных отложениях озера Тургойак (по материалам [12])**Table 8.** The concentration of some heavy metals in the bottom sediments of the Lake Turgoyak, ppm (according to [12])

Элемент	Природный фон, мг/кг	Оз. Тургойак – максимальная глубина фиксации техногенного воздействия, см	Оз. Тургойак – максимальное загрязнение в горизонте 0–2 см, мг/кг
Zn	До 150	8	800
Cu	До 100	7	260
Pb	До 50	7	210

Современный охранный статус не в полной мере защищает озеро. Неконтролируемая эксплуатация водоема и побережья приведет к разрушению природного равновесия, значительной утрате привлекательности единственного олиготрофного озера Челябинской области. В связи с уникальностью озера рекомендуется включить водоем и значительную часть водосбора, включая верховья реки Куштумги, в состав ООПТ более крупного ранга – природного парка [10].

ВЫВОДЫ

1. По результатам изучения динамики гидрофизических и гидрохимических характеристик водной массы озера Тургойак (по отдельным характеристикам с 1903 г.), а также верхнего слоя донных отложений озера, выявлено антропогенное воздействие на водоем, которое начинает проявляться над фоновыми флуктуациями озерной геосистемы с середины 1930-х гг. (аэральное загрязнение тяжелыми металлами со стороны предприятий окрестных городов – Миасса, Карабаша, Златоуста). Данный тип загрязнения в настоящее время не оказывает существенного влияния на качество воды. Концентрация тяжелых металлов (Zn, Cu) превышает ПДК в 3–4 раза, что сопоставимо с фоновыми характеристиками.

2. Один из интегральных показателей качества – прозрачность воды – в центральной части озера существенно не изменялся за период 1903–2010 г., и с небольшими флуктуациями составлял 10–14 м. Впервые в августе 2017 г. обнаружено снижение прозрачности ниже 10 м (до 9.4–9.5 м), а в августе 2019 г. – до 8.0 м.

3. Выявлена тенденция увеличения солесодержания в водах озера в период с 1940 по 2018 г. – от 80–100 мг/дм³ до 120–155 мг/дм³.

4. Озеро подвергается значительной рекреационной нагрузке; выявлено внешнее поступление соединений фосфора с побережья озера. Отмечаются несколько повышенные (но ниже ПДК) концентрации нефтепродуктов в поверхностных горизонтах (по сравнению с глубинными).

5. Современное состояние экосистемы озера изменилось от олиготрофного до олигомезотрофного с тенденцией к дальнейшей мезотрофии. Трофический индекс TSI увеличился от 22–25 TSI в 1903 – 1965 гг. до 27–29 TSI в 2017–2018 гг. Впервые на озере отмечено “цветение” вод 3 степени по всей акватории в течение одной недели в августе 2019 г. Неотложной задачей становится выявление всех участков наиболее активного антропогенного поступления биогенных веществ в оз. Тургойак. Требуется замена некачественных коллекторов канализации.

6. Учитывая высокую привлекательность и уникальность озера Тургойак и его побережья, рекомендуется повышение охранного статуса ООПТ с памятника природы на природный парк, либо включение озера в ООПТ еще более высокого ранга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексин О.А. Основы гидрохимии Л.: Гидрометеиздат, 1970. 446 с.

2. *Андреева М.А.* Озера Среднего и Южного Урала. Челябинск, 1973. 270 с.
3. *Балобанова З.М.* Горное озеро Тургояк // Труды УралВНИИОРХ. 1964 Т. 6. С. 61–83.
4. *Белов С.А., Дуденцова А.О.* Ландшафтно-рекреационный анализ проектируемого биосферного резервата (на примере национального парка Таганай и озера Тургояк) // Проблемы географии Урала и сопредельных территорий. Материалы международной научно-практической конференции (Челябинск, 26–28 сентября 2018 г.) Челябинск: Край Ра, 2018. С. 184–192.
5. Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды – на службе области // Комплексный доклад за 2004 г. Росгидромет. Челябинск, 2005. С. 21–25.
6. *Григорьев С.А., Васина Ю.В.* Историко-культурные ресурсы озера Тургояк и окружающего региона // Озеро Тургояк. Спорт. Туризм. Экология. Рекреация. Челябинск: Южно-Уральская промышленная палата, 2005. С. 9–17.
7. *Дерягин В.В.* Стратификация донных отложений у северного и южного побережий озера Тургояк (Южный Урал) // Проблемы географии Урала и сопредельных территорий/ Материалы международной научно-практической конференции (Челябинск, 26–28 сентября 2018 г.). Челябинск: Край Ра, 2018. С. 94–100.
8. *Захаров С.Г.* Проблемы изучения и сохранения озер Тургояк и Инышко // Озеро Тургояк. Спорт. Туризм. Экология. Рекреация // Материалы научно-практической конференции. Челябинск, 2005. С. 30–32.
9. *Захаров С.Г.* Озера Челябинской области. Челябинск: Абрис, 2010. 128 с.
10. *Лагунов А.В.* Озеро Тургояк: затянувшееся ожидание happy end'a // Южный Урал в судьбе России: история и современность. Челябинск: ООО "Издательский дом "Пресс-мастер", 2008. С. 333–341.
11. *Лагунов А.В.* Тургояк – хроника выживания // Актуальные вопросы современного естествознания Южного Урала. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, 2 декабря 2014 г. Челябинск: Изд-во ЧелГУ, 2014. С. 125–134.
12. *Масленникова А.В., Удачин В.Н., Дерягин В.В.* Палеоэкология и геохимия озерной седиментации голоцена Урала. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2014. 136 с.
13. *Масленникова А.В., Удачин В.Н., Дерягин В.В., Штенберг М.В.* Реконструкция этапов развития озера Тургояк (Южный Урал) в голоцене // Литосфера. 2018. Т. 18. № 6. С. 914–927. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2018-18-6-914-927>
14. *Подлесный А.В., Троицкая В.И.* Ильменские озера и их рыбохозяйственная оценка // Труды УралВНИИОРХ. 1941. Т. 3. С. 121–174.
15. *Россолимо Л.Л., Федорова Е.И.* Олиготрофия озер Южного Урала // Антропогенный фактор в развитии озер. М.: Наука, 1967. С. 5–25.
16. *Сементовский В.Н.* Горные озера Урала. Опыт классификации // Изв. ИРГО. 1914. Т. 50. Вып. 5–6. С. 277–340.
17. *Снитко Л.В., Снитко В.П.* Водные ООПТ: сравнение состояния фитопланктона озер Увильды и Тургояк в конце современного многоводного гидрологического цикла на Южном Урале // Вестник Челябинского государственного университета. 2011. № 5(220). Экология. Природопользование, вып. 5. С. 105–109.
18. *Сысоев А.Д.* Очерки физической географии Челябинской области. Челябинск: ЧКИ, 1959. 208 с.
19. *Тургояк.* Озеро – памятник природы и окрестности / Сост. М.М. Терентьев. Челябинск, 1993. 132 с.
20. *Устич М.А., Дерягин В.В., Сотников В.В.* Прозрачность водных масс и секторность крупных озер Южного Урала // Географическое пространство: сбалансированное развитие природы и общества. Материалы II заочной Всерос. науч.-практ. конф. Челябинск: Магнитогорский дом печати, 2011. С. 138–145.
21. *Черняева Л.Е., Черняев А.М., Еремеева Т.Н.* Гидрохимия озер (Урал и Приуралье). Л.: Гидрометеоздат, 1977. 370 с.
22. Экология озера Тургояк / Под ред. В.А. Ткачева, А.Г. Рогозина. Миасс, 1998. 154 с.
23. *Carlson R.A.* Trophic state index for lakes // Limnol. Oceanogr. 1977. V. 22 P. 361–369.

Dynamics of Environmental Status of the Lake Turgoyak

S. G. Zakharov*

South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia

**e-mail: s_zakharov5@mail.ru*

The article discusses the environmental status of the unique oligotrophic Lake Turgoyak (Southern Ural). The age characteristics of the lake hollow and the maximum depths of the lake are specified. The dynamics of the ongoing changes at the lake ecosystem since the first scientific description of the lake in 1903–1912 until today is considered. Anthropogenic impact on the lake is revealed. A gradual increase in water mineralization and a tendency to in-

crease the concentration of total phosphorus were discovered. In the last 3–4 years, a steady decrease in the transparency of the lake waters has been observed; the lake has begun to “bloom”. The transition of the lake to the oligotrophic-mesotrophic state is noted. The main reasons of the negative changes in lake ecosystem are the unsatisfactory condition of the sewage system, and the increasing recreational load on the coast and water area. The measures to preserve the lake were outlined, in particular, it was proposed to increase the conservation status of the lake.

Keywords: Lake Turgoyak, water quality, water body protection

REFERENCES

1. Alekin O.A. *Osnovy gidroimii L.: Gidrometeoizdat, 1970. 446 s.*
2. Andreeva M.A. *Ozera Srednego i Yuzhnogo Urala. Chelyabinsk, 1973. 270 s.*
3. Balobanova Z.M. *Gornoe ozero Turgoyak // Trudy UralVNIIOBX. 1964 T. 6. S. 61–83.*
4. Belov S.A., Dudenczova A.O. *Landshaftno-rekreacionny'j analiz proektiruемого biosfernogo rezervata (na primere nacional'nogo parka Taganaj i ozera Turgoyak) // Problemy geografii Urala i sopredel'ny'x territorij. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (Chelyabinsk, 26–28 sentyabrya 2018 g.) Chelyabinsk: Kraj Ra, 2018. S. 184–192.*
5. *Gidrometeorologiya i monitoring okružhayushhej sredy – na sluzhbe oblasti // Kompleksny'j doklad za 2004 g. Rosgidromet. Chelyabinsk, 2005. S. 21–25.*
6. Grigor'ev S.A., Vasina Yu.V. *Istoriko-kul'turny'e resursy ozera Turgoyak i okružhayushhego regiona // Ozero Turgoyak. Sport. Turizm. E'kologiya. Rekreaciya. Chelyabinsk: Yuzhno-Ural'skaya promy'shlennaya palata, 2005. S. 9–17.*
7. Deryagin V.V. *Stratifikaciya donny'x otlozhenij u severnogo i yuzhnogo poberezhij ozera Turgoyak (Yuzhny'j Ural) // Problemy geografii Urala i sopredel'ny'x territorij / Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (Chelyabinsk, 26–28 sentyabrya 2018 g.) Chelyabinsk: Kraj Ra, 2018. S. 94–100.*
8. Zaxarov S.G. *Problemy izucheniya i soxraneniya ozer Turgoyak i Iny'shko // Ozero Turgoyak. Sport. Turizm. E'kologiya. Rekreaciya // Materialy nauchno-prakticheskoj konferencii. Chelyabinsk, 2005. S. 30–32.*
9. Zaxarov S.G. *Ozera Chelyabinskoy oblasti. Chelyabinsk: Abris, 2010. 128 s.*
10. Lagunov A.V. *Ozero Turgoyak: zatyannuvsheesya ozhidanie happy end'a // Yuzhny'j Ural v sud'be Rossii: istoriya i sovremennost'. Chelyabinsk: OOO “Izdatel'skij dom “Press-master”, 2008. S. 333–341.*
11. Lagunov A.V. *Turgoyak – xronika vy'zhvaniya // Aktual'ny'e voprosy sovremennogo estestvoznaniya Yuzhnogo Urala. Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, 2 dekabrya 2014 g. Chelyabinsk: Izd-vo ChelGU, 2014. S. 125–134.*
12. Maslennikova A.V., Udachin V.N., Deryagin V.V. *Paleoe'kologiya i geoximiya ozernoj sedimentacii golocena Urala. Ekaterinburg: RIO UrO RAN, 2014. 136 s.*
13. Maslennikova A.V., Udachin V.N., Deryagin V.V., Shtenberg M.V. *Rekonstrukciya e'tapov razvitiya ozera Turgoyak (Yuzhny'j Ural) v golocene // Litosfera. 2018. T. 18. № 6. S. 914–927. DOI: 10.24930/1681-9004-2018-18-6-914-927.*
14. Podlesny'j A.V., Troiczskaya V.I. *Il'menskie ozera i ix ry'boxozyajstvennaya ocenka // Trudy UralVNIIOBX. 1941. T. 3. S. 121–174.*
15. Rossolimo L.L., Fedorova E.I. *Oligotrofiya ozer Yuzhnogo Urala // Antropogenny'j faktor v razvitiu ozer. M.: Nauka, 1967. S. 5–25.*
16. Sementovskij V.N. *Gorny'e ozera Urala. Opy't klassifikacii // Izvestiya IRGO. 1914. T. 50, vy'p. 5–6. S. 277–340.*
17. Snit'ko L.V., Snit'ko V.P. *Vodny'e OOPT: sravnenie sostoyaniya fitoplanktona ozer Uvil'dy i Turgoyak v konce sovremennogo mnogovodnogo gidrologicheskogo cikla na Yuzhnom Urale // Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta. 2011. № 5(220). E'kologiya. Prirodopol'zovanie, vy'p. 5. S. 105–109.*
18. Sy'soev A.D. *Ocherki fizicheskoy geografii Chelyabinskoy oblasti. Chelyabinsk: ChKI, 1959. 208 s. Turgoyak. Ozero – pamyatnik prirody i okrestnosti / Sost. M.M. Terent'ev. Chelyabinsk, 1993. 132 s.*
19. Ustich M.A., Deryagin V.V., Sotnikov V.V. *Prozrachnost' vodny'x mass i sektornost' krupny'x ozer Yuzhnogo Urala // Geograficheskoe prostranstvo: sbalansirovannoe razvitiye prirody i obshhestva. Materialy II zaочноj Vseros. nauch.-prakt. konf. Chelyabinsk: Magnitogorskij dom pečati, 2011. S. 138–145.*
20. Chernyaeva L.E., Chernyaev A.M., Eremeeva T.N. *Gidroximiya ozer (Ural i Priural'e). L.: Gidrometeoizdat, 1977. 370 s.*
21. *E'kologiya ozera Turgoyak / Pod red. V.A. Tkacheva, A.G. Rogozina. Miass, 1998. 154 s.*
22. Carlson R. A. *Trophic state index for lakes // Limnol. Oceanogr. 1977. V. 22. P. 361–369.*