

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.142>

ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭКОСИСТЕМУ МУЛЬТИНСКИХ ОЗЕР

Научная статья

Десяткова Д.С.^{1,*}, Абрамян А.Т.², Тарновецкий Д.Д.³

¹ORCID : 0009-0002-5868-2588;

²ORCID : 0009-0005-7039-4804;

³ORCID : 0009-0009-9948-7093;

^{1,2,3} Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (shustik2000[at]yandex.ru)

Аннотация

Изучение Мультинских озер Республики Алтай является сложной и многогранной задачей, требующей рассмотрения различных природных и антропогенных факторов, которые оказывают влияние на экосистему этих озер. Благодаря данным, собранным сотрудниками Катунского заповедника и представленным в летописях природы, мы можем ознакомиться с климатическими, гидрологическими и гидрохимическими особенностями данного региона, а также с их изменениями под воздействием человеческой деятельности. Климатические характеристики Мультинских озер играют важную роль в понимании экологической системы данного региона. Разнообразие климатических условий влияет на формирование и обновление водных ресурсов, а также на микроклиматические условия, которые существенно влияют на живые организмы в озерах и в окружающей их территории. Гидрологические и гидрохимические особенности Мультинских озер также являются неотъемлемой частью изучения их экосистемы. Данные о гидрологическом режиме, колебании уровня воды и температуре приземного слоя позволяют понять динамику круговорота воды, что влияет на живой мир в озерах и на прилегающую территорию. Гидрохимические данные позволяют определить уровень загрязнения воды тяжелыми металлами, минерализацию, насыщение воды кислородом и показатель рН. Эти данные очень важны, так как любые изменения в химическом составе могут быть связаны с антропогенным воздействием. Собранные данные также отражают изменения в экосистеме Мультинских озер под воздействием человеческой деятельности. Большое количество туристов может негативно влиять на заповедную территорию. Мониторинг данных позволяет выявить и оценить степень влияния туризма на экосистему озер и разработать меры по снижению негативного воздействия.

Ключевые слова: Мультинские озера, изменение климата, гидрологические особенности, антропогенное воздействие, рекреационная нагрузка.

NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS AFFECTING THE ECOSYSTEM OF MULTA LAKES

Research article

Desyatova D.S.^{1,*}, Abramyan A.T.², Tarnovetskii D.D.³

¹ORCID : 0009-0002-5868-2588;

²ORCID : 0009-0005-7039-4804;

³ORCID : 0009-0009-9948-7093;

^{1,2,3} South Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

* Corresponding author (shustik2000[at]yandex.ru)

Abstract

The study of Multa Lakes of the Altai Republic is a complex and multifaceted task that requires consideration of various natural and anthropogenic factors that influence the ecosystem of these lakes. Thanks to the data collected by the staff of Katunsky Reserve and presented in nature chronicles, we can acquaint ourselves with climatic, hydrological and hydrochemical specifics of this region, as well as with their changes under the influence of human activity. Climatic characteristics of Multa Lakes play an important role in understanding the ecological system of this region. The diversity of climatic conditions influences the formation and renewal of water resources, as well as microclimatic conditions that significantly affect living organisms in the lakes and the surrounding area. Hydrological and hydrochemical features of Multa Lakes are also an integral part of the study of their ecosystem. Data on the hydrological regime, water level fluctuations and surface layer temperature allow to understand the dynamics of the water cycle, which affects the living world in the lakes and the surrounding area. Hydrochemical data can determine the level of heavy metal contamination, salinity, oxygen saturation and pH. These findings are very important as any changes in chemical composition can be linked to anthropogenic impacts. The data collected also reflects changes in the ecosystem of Multa Lakes under the influence of human activities. Numerous tourists can have a negative impact on the protected area. Data monitoring makes it possible to identify and evaluate the degree of tourism impact on the lakes' ecosystem and develop measures to reduce the negative impact.

Keywords: Multa lakes, climate change, hydrological specifics, anthropogenic impact, recreational load.

Введение

Одной из актуальных проблем современной экологии является исследование водных объектов высокогорных территорий Алтая. Полученные результаты позволяют выявить климатические особенности, изменения водного

режима и гидрохимического состава озер бассейна реки Мульта. Мультигинские озера находятся в труднодоступных местах Катунского хребта на территории Катунского заповедника и могут выступать в роли фоновых. Однако резко возросшая антропогенная нагрузка на заповедную зону может негативно влиять на экосистему водоемов. Целью данной работы является изучение природных и антропогенных факторов, которые негативно влияют на экосистему Мультигинских озер.

Основной причиной изменения фонового состояния озер является климат. Последние исследования показывают, что среднегодовая температура воздуха на Алтае за последние 170 лет повысилась на 2,8°C, что является одним из максимальных показателей в мире. Эта тенденция сохраняется, и в ближайшие 50 лет возможно дальнейшее увеличение на 2-3 °C. В настоящее время динамика основных гидрологических процессов и качество воды в Мультигинских озерах не вызывают особых опасений, однако необходим их постоянный мониторинг. Влияние природного и антропогенного воздействия на исследуемую территорию также меняет гидрохимические показатели водоемов. За последние 75 лет формирование стока реки Мульта и химический состав всех водных объектов на исследуемой территории происходили в условиях деградации современного оледенения и других последствий изменения климата, а также трансграничного переноса загрязняющих воду и ледники химических элементов техногенного происхождения, увеличения антропогенной нагрузки на бассейны.

Методы и принципы исследования

Объектом исследования выступают Мультигинские озера Катунского заповедника республики Алтай. В их состав входит: Верхнее, Среднее и Нижнемультигинское озера. Район исследования характеризуется резко континентальным климатом, то есть низкими летними температурами – +11..+12°C, относительно повышенными зимними температурами – 18..-20°C. Годовая сумма осадков составляет 600 мм, их максимум приходится на лето. Мощность снежного покрова – 50-150 см [9]. Биоклиматические условия преимущественно дискомфортные. На исследуемой территории с 2014 года функционирует автоматическая метеостанция «Мультя», которая расположена на кордоне «Среднее Мультигинское озеро». Данные со станции собираются и обрабатываются раз в год, в основном летом.

Для анализа использовались многолетние данные наблюдений за климатическими, гидрологическими и гидрохимическими показателями, а также за рекреационной деятельностью. По результату прошлых исследований были отобраны средние значения, которые позволяют выявить динамику изменения факторов, влияющих на экосистему Мультигинских озер.

Результаты исследования и обсуждение

Наблюдения за температурой проводились с 2011 по 2019 гг (см. табл 1). Максимальная температура воздуха наблюдалась в 2014 г. - +25,5°C, а в 2019 выше +23°C не поднималась. Минимальная температура зафиксирована в 2019 г. и составила -39°C. Средние годовые температуры изменялись от -1,2 в 2015 г. и 2017 г. до -3,3 в 2018 г [3]. Так как станция работала с перебоями, данные за 2011 и 2013 гг. неполные, поэтому средние годовые температуры посчитать нельзя. В таблице 1 отмечаются положительная тенденция изменения средней температуры за год с 2012 по 2019 гг.

Таблица 1 - Температура воздуха на метеостанции Мульта 2010–2019 гг

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.142.1>

Период	1, °C	2, °C	3, °C	4, °C	5, °C	6, °C	7, °C	8, °C	9, °C	10, °C	11, °C	12, °C	год, °C
2011	-25,4	-13,5	-	-	-	-	10,8	9,9	6,5	4,5	-	-	-
2012	-24,9	-20,5	-9,8	1,9	5,7	12,3	13,2	10,9	7,3	-1,8	11,0	20,3	-3,1
2013	-14,2	-16,2	-3,4	-	-	-	-	10,2	4,9	0,7	-7,4	12,5	-
2014	-14,8	-20,8	-7,5	0,9	4,6	9,8	11,9	10,6	4,9	-0,2	-9,6	16,8	-2,3
2015	-14	-14	-9	0	6	11	10	10	6	-0,4	-8,4	11,0 6	-1,2
2016	-21,3	-15,3	-6,6	1,0	3,9	11,2	13,2	10,2	7,3	-4,8	12,7	-9,3	-1,9
2017	-13,9	-12,9	-8,1	1,2	7,6	12,4	13,3	10,2	4,5	-2,7	-9,3	16,4	-1,2
2018	-25,0	-15,0	-4,0	0,2	3,7	11,7	11,5	11,4	4,2	-2,3	12,0	24,0	-3,3
2019	-18,5	-17,3	-6,6	0,5	3,9	10,1	12,2	11,3	7,6	-0,2	-9,6	12,3	-1,6

По данным таблицы 2 можно отметить, что самым теплым годом за этот период оказался 2017 г. Температура в январе, феврале, мае, июне, июле выше средних значений месячных температур с 2011 по 2019 гг. Средняя годовая температура составляет $-1,18^{\circ}\text{C}$, что также выше, чем другие показатели за этот период [10]. В докладе об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2017 год [11] отмечается, что 2017 год в целом для Земного шара оказался третьим среди самых теплых за весь период инструментальных наблюдений со второй половины 19-го века и четвертым среди самых теплых с 1936 г. в России.

Таблица 2 - Максимальные и минимальные значения температуры воздуха по месяцам и за год на метеостанции Мульты в 2010–2019 гг

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.142.2>

год	1, °C	2, °C	3, °C	4, °C	5, °C	6, °C	7, °C	8, °C	9, °C	10, °C	11, °C	12, °C	за год, °C
2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19	-5,5	-16	-
2011	- 25,4	- 13,5	-	-	-	-	10,8	9,9	6,5	4,5	-	-	-
2012	- 24,9	- 20,5	-9,8	1,9	5,7	12,3	13,2	10,9	7,3	-1,8	- 11,0	- 20,3	-3,1
2013	- 14,2	- 16,2	-3,4	-	-	-	-	10,2	4,9	0,7	-7,4	- 12,5	-
2014	- 14,8	- 20,8	-7,5	0,9	4,6	9,8	11,9	10,6	4,9	-0,2	-9,6	- 16,8	-2,3
2015	-14	-14	-9	0	6	11	10	10	6	-0,4	-8,4	- 11,0 6	-1,2
2016	- 21,3	- 15,3	-6,6	1,0	3,9	11,2	13,2	10,2	7,3	-4,8	- 12,7	-9,3	-1,9
2017	- 13,9	- 12,9	-8,1	1,2	7,6	12,4	13,3	10,2	4,5	-2,7	-9,3	- 16,4	-1,2
2018	- 25,0	- 15,0	-4,0	0,2	3,7	11,7	11,5	11,4	4,2	-2,3	- 12,0	- 24,0	-3,3
2019	- 18,5	- 17,3	-6,6	0,5	3,9	10,1	12,2	11,3	7,6	-0,2	-9,6	- 12,3	-1,6

В следующем докладе об особенностях климата на территории РФ [12] отмечается, что 2018 г. оказался четвертым среди самых теплых за весь период инструментальных наблюдений со второй половины 19-го века в целом для Земного шара. Однако в районе метеостанции «Мульты» данная тенденция не наблюдается. 2018 год самый холодный в период с 2011 по 2019 гг. Средняя годовая температура воздуха составила $-3,3^{\circ}\text{C}$.

При условии, что динамика будет сохраняться в сторону повышения показателей, произойдут коренные изменения в экосистеме Мультиинских озер и республики в целом: начинают таять ледники, отступила снеговая линия, изменяется структура высотной поясности, поднимается уровень озер и рек, верхняя граница растительности перемещается выше по склонам и формирует новые границы леса за счет участков редколесий.

Жидкие осадки на изучаемой территории распределяются неравномерно (см. табл. 3). Их количество зависит от деятельности арктических и полярных циклонов. Максимальное количество осадков приходит на теплый период (апрель-октябрь). Зимой устанавливается Азиатский антициклон и осадков выпадает мало.

Таблица 3 - Количество среднемесячных и среднегодовых атмосферных осадков на метеостанции Мульты 2012–2019 гг

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.142.3>

год	1, мм	2, мм	3, мм	4, мм	5, мм	6, мм	7, мм	8, мм	9, мм	10, мм	11, мм	12, мм	За год, мм
2012	-	-	-	-	-	68	204	175	65	44	2	-	-
2013	-	-	-	-	-	-	-	150	66	69	9	0,2	-
2019	0	0,2	2,8	79	137	79	151	64	38	109	1	0	661

4													
2015	0,8	1	10	105	96	56	-	-	-	-	-	-	-
2016	-	-	-	-	-	-	99	65	63	73	95	0	-
2017	0,2	0	7	28	52	70	108	92	126	38	19	0	540,2
2018	0	0,2	148	47	117	33	97	115	63	28	2	0	650,2
2019	0,2	0,4	1	84	161	96	14	103	62	31	5	0,8	558,4

В период с 2014-2019 гг. прослеживается изменение в характере увлажнения изучаемой области: в июле 2014 года из избыточного, он сменился недостаточным в 2019 году. В общем, территория Мультигинских озер в теплый период относится к зонам избыточной влагообеспеченности.

Изучаемый район Катунского заповедника не подвержен сильной пожароопасности. Было зафиксировано всего 2 пожара в 2011 году общей площадью 19 га [4].

Изучение динамики гидрологических особенностей Мультигинских озер является важной частью исследования. В настоящее время качество воды в озерах бассейна реки Мульга не вызывает особых опасений, однако, необходим их постоянный мониторинг. Формирование стока реки Мульга и химического состава всех водных объектов на исследуемой территории за последние 75 лет происходило в условиях деградации современного оледенения и других последствий изменения климата, а также трансграничного переноса загрязняющих воду и ледники химических элементов техногенного происхождения, увеличения антропогенной нагрузки на бассейны [8]. В исследуемый период колебания уровня воды в озерах едва заметны, что свидетельствует о балансе распределения осадков в теплый период (см. рис. 1).

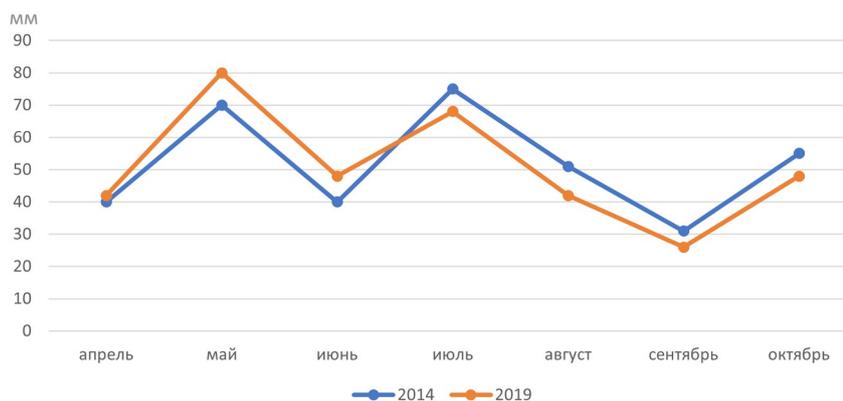


Рисунок 1 - Изменение уровня воды в Среднемультинском озере с апреля по октябрь
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.142.4>

Температурный режим озер отличается пространственной неоднородностью, что в свою очередь связано с высотной поясностью и притоками реки Мульги. С 1993 г., на примере Верхнего Мультигинского озера, отмечается повышение температуры на 5,2°C [1], а в июле 2003 года на 4,3°C [2]. Ход температуры воды в Среднемультинском озере (см. рис. 2) можно отследить с помощью метеостанции. В результате заметна разница максимальных летних температур. В 2018 году это значение варьируется между 14-15°C, а в 2019 году имеет значение выше 15°C, также скорость возрастания температуры с наступлением тепла отличается, в 2018 году вода нагревалась медленнее, чем в 2019 году.

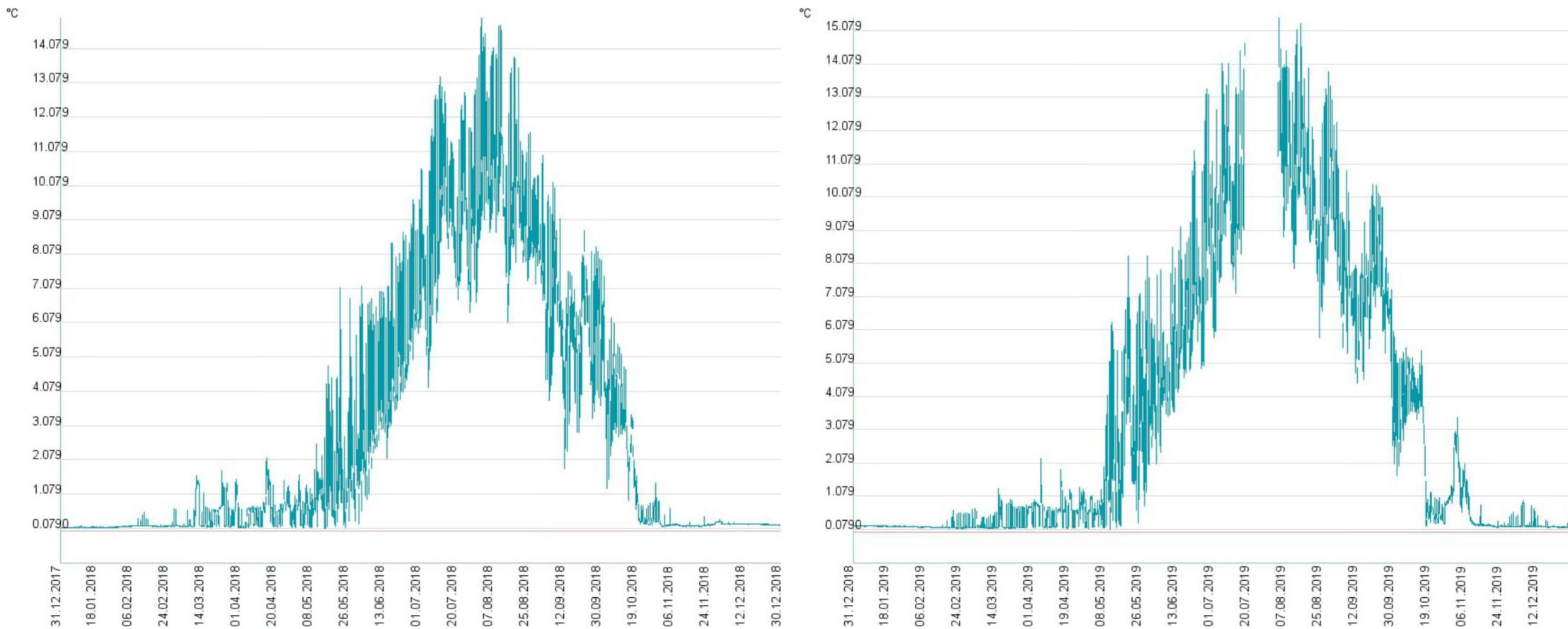


Рисунок 2 - Ход температуры воды в Среднемультинском озере в 2018 и 2019 гг
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.142.5>

Гидрохимическим свойствам озер Катунского заповедника можно уделить отдельное внимание. По классификации О. А. Алекина, воды бассейна Мульты относятся к пресным и ультрапресным гидрокарбонатным кальциевым водам I-го типа. Концентрация в воде кислорода в Мультиных озерах – высокая (9,38-9,39 мг/л). По степени насыщения воды кислородом, вода относится к классам чистой и удовлетворительно чистой. Также в озерах отмечается высокое содержание растворенного кислорода, что позволяет спрогнозировать эвтрофикацию озер (чем больше показатель минерализации, тем меньше вероятность «цветения» водоема). Тем не менее, учитывая прогноз повышения средних температур воздуха и, как следствие, воды, риск образования эвтрофикации увеличивается, так как чем теплее вода, тем меньше в ней растворенного кислорода [5]. Показатель pH в Верхнем Мультином озере колеблется в пределах 7,3-8,4, что соответствует нейтральным и слабощелочным водам. На среднем озере значения pH варьируются от 8,0-8,5, эти значения относятся к слабощелочным водам. В Нижнем Мультином озере pH соответствует нейтральным водам (6,5-7,5) [6].

В 2019 [7] году наблюдаются высокие значения минерализации (см. рис. 3), а также значение тяжелых металлов (см. рис. 4) и макрокомпонентов (см. рис. 5) существенно меньшие значения по сравнению с ПДК.

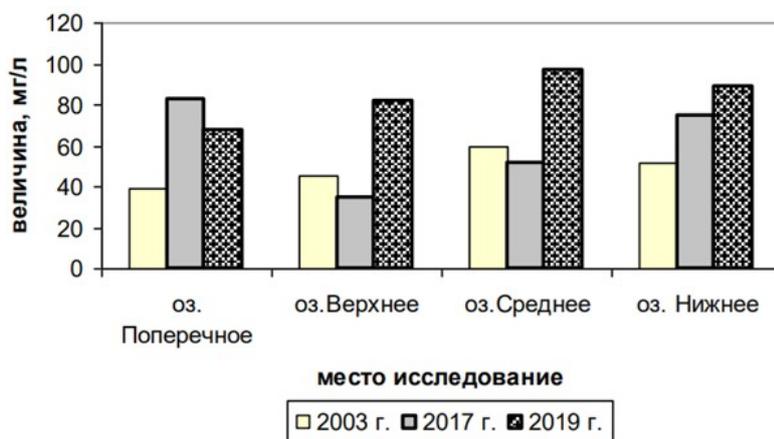


Рисунок 3 - Минерализация воды в бассейне реки Мульты в разные года
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.142.6>

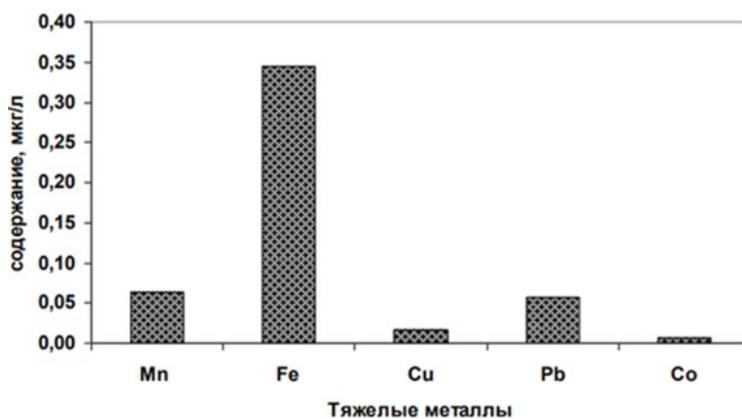


Рисунок 4 - Среднее содержание тяжелых металлов в воде бассейна реки
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.142.7>

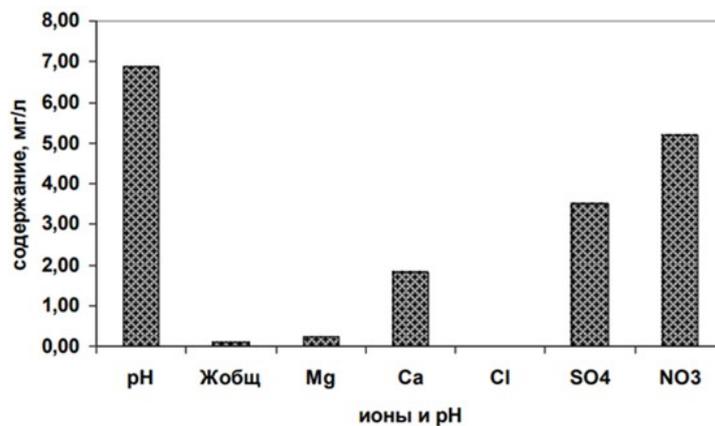


Рисунок 5 - Среднее содержание макрокомпонентов в воде бассейна реки Мульты в 2019 году
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.142.8>

Мультинские озера активно используются в рекреационной деятельности (см. рис. 6). Там проходит 2 экологические тропы, маршруты которых частично проходят по территории заповедника. На Среднем Мультинском озере располагается кордон.

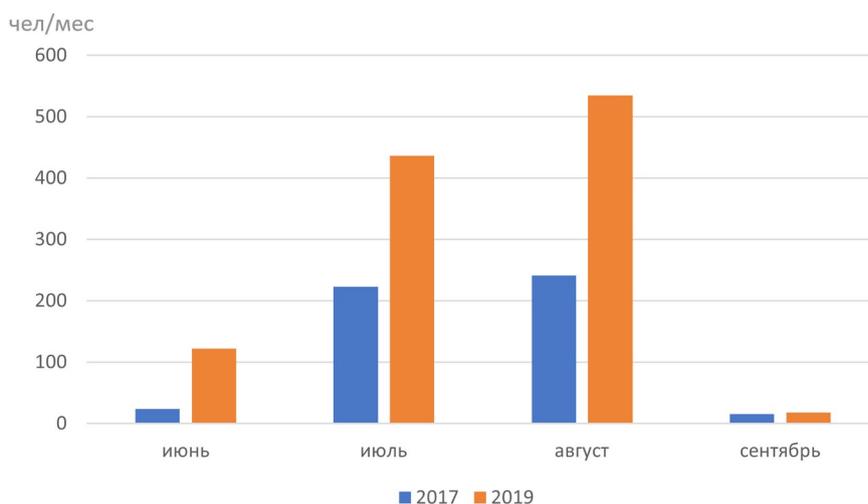


Рисунок 6 - Динамика рекреационной нагрузки на экскурсионный маршрут к оз. Верхнему Мультинскому в 2017 и в 2019 году
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.142.9>

Важным аспектом при анализе рекреационного воздействия на природные комплексы является временное распределение нагрузок. Так, наиболее массовое посещение двух экологических троп Мультинских озер отмечается в течение двух месяцев – июля и августа, на которые приходится около 90-95% всего рекреационного потока. Как показывает опыт, в среднем за сезон нагрузка на заповедную зону составляет порядка 900-1800 человек. Это не оказывает большого влияния на экологическую тропу к Мультинским озерам, но при этом важно учитывать временной аспект воздействия, в результате которого рекомендуется максимально снизить посещение маршрута в первой половине июня (начало вегетационного периода), а также в периоды с дождливой погодой [4].

Также антропогенное воздействие оказывается и на туристические стоянки. Полевые исследования включают в себя описание нарушенных и эталонных природных комплексов, отбор образцов растительности и почвы. В общем, сравнивая 2014 и 2018 гг., последствия рекреационного воздействия на стоянки Мультинского участка заповедника не сильные. Видно, что в целом состояние стоянок, сравнивая с эталоном, немного хуже. Это характерно уплотнением грунта и уменьшением фитомассы. Но относительно временного аспекта, сравнивая потери массы укоса, по отношению с эталоном, процент потери в конце туристического сезона ниже, чем в начале [6].

Заключение

Мультинские озера являются уникальными природными объектами, с одной стороны, и объектами рекреации, с другой. Глобальные и региональные климатические изменения и рекреационная деятельность выступают в качестве основных факторов их возможной трансформации. В результате обработки полученных данных можно выявить следующие изменения климатических условий района: повышение сезонных и годовых температур воздуха; уменьшение периода заморозков и температур ниже -30°C ; незначительные колебания годовых атмосферных осадков. Это значит, что уникальные ландшафты Алтая, в том числе высокогорные и ледниковые сохраняются в близком к

естественному состоянию. Можно отметить, что с 2014 по 2019 год на Мультиинских озерах стала холоднее зима, средняя летняя температура также немного увеличилась. Исследуемая территория не подвержена большой пожароопасности. Из этого следует, что загрязнение пеплом водных экосистем – минимально. Изменения колебания уровня воды в озерах за 2014 и 2019 гг. – едва заметны. Это свидетельствует о полном балансе распределения осадков в исследуемом районе. Однако температура поверхностного слоя воды возрастает. Таким образом, изучая динамику изменения температуры воды в озера, происходит повышение температуры поверхностного слоя, а также значительное уменьшение прозрачности воды в Верхнем Мультиинском озере из-за изменения климатических условий. Максимальные значения минерализации воды в озерах бассейна реки Мульта наблюдались в 2019 году, это указывает о хорошем качестве воды в озерах (пригодна для питья). Одним из важных показателей является содержание растворенного в воде кислорода. В 2020 году для озер эти показатели были достаточно высокими. Эти значения позволяют спрогнозировать эвтрофикацию озер (чем больше показатель минерализации, тем меньше вероятность «цветения» водоема). Показатель рН в 2018 году уменьшился на 1-2 единицы. Одна из гипотез, объясняющих подобное изменение, предполагает увеличение доли кислых снежно-ледниковых вод в питании водных объектов бассейна вследствие изменения климатических условий в данном регионе. Мультиинские озера пользуются большим спросом у туристов. В среднем Мультиинские озера в год посещают порядка 2000 человек. Исходя из этого, можно сделать вывод, что территория подвержена большой рекреационной нагрузке. С 2017 по 2018 гг. она увеличилась в 2 раза. Также сотрудники заповедника следят за состоянием туристических костровищ (стоянок), на которых отмечается уплотнение грунта вокруг стоянок и уменьшение фитомассы. Это носит временный характер, потому что в не сезон природа сама восстанавливается, но с увеличением количества туристов, естественное возобновление может замедлиться или вовсе исчезнуть.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Клепиков О.В., Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина, Воронеж, Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.142.10>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Klepikov O.V., Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, Military Training and Research Center of the Air Force Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin, Voronezh, Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.142.10>

Список литературы / References

1. Летопись природы. — Катунский, 1998. — Т. 1. — 253 с.
2. Летописи природы. — Катунский, 2003.
3. Летописи природы. — Катунский, 2007.
4. Летописи природы. — Катунский, 2014.
5. Летописи природы. — Катунский, 2016.
6. Летописи природы. — Катунский, 2018.
7. Летописи природы. — Катунский, 2019.
8. Зарубина Е.Ю. К гидролого-гидрохимической характеристике высокогорных озер бассейна реки Мульта (Горный Алтай) / Е.Ю. Зарубина, Г.В. Феттер // Известия алтайского отделения Русского Географического общества. — 2020. — №4 (59). — DOI: 10.24411/2410-1192-2020-15908.
9. Официальный сайт государственного природного биосферного заповедника «Катунский». — 2009–2024. — URL: katunskiy.ru (дата обращения 12.12.23)
10. Информационная система «Мониторинг изменений климата и экосистем на особо охраняемых природных территориях Алтае-Саянского экорегиона». — URL: <http://proon.katunskiy.ru/> (дата обращения 12.12.23).
11. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2017 год. — Москва, 2018. — С. 6-7.
12. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. — Москва, 2019. — С. 5-6.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Letopis' prirody [Chronicle of Nature]. — Katunsky, 1998. — Vol. 1. — 253 p. [in Russian]
2. Letopisi prirody [Chronicles of Nature]. — Katunsky, 2003. [in Russian]
3. Letopisi prirody [Chronicles of Nature]. — Katunsky, 2007. [in Russian]
4. Letopisi prirody [Chronicles of Nature]. — Katunsky, 2014. [in Russian]
5. Letopisi prirody [Chronicles of Nature]. — Katunsky, 2016. [in Russian]
6. Letopisi prirody [Chronicles of Nature]. — Katunsky, 2018. [in Russian]
7. Letopisi prirody [Chronicles of Nature]. — Katunsky, 2019. [in Russian]
8. Zarubina E.Ju. K gidrologo-gidrohimicheskoj harakteristike vysokogornyh ozer bassejna reki Mul'ta (Gornyj Altaj) [On the Hydrological and Hydrochemical Characteristics of High-altitude Lakes of the Multa River Basin (Mountain Altai)] / E.Ju.

Zarubina, G.V. Fetter // Proceedings of the Altai branch of the Russian Geographical Society. — 2020. — №4 (59). — DOI: 10.24411/2410-1192-2020-15908. [in Russian]

9. Oficial'nyj sajt gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika «Katunskij» [The official website of the Katunsky State Natural Biosphere Reserve]. — 2009-2024. — URL: katunskiy.ru (accessed: 12.12.23) [in Russian]

10. Informacionnaya sistema «Monitoring izmenenij klimata i ekosistem na osobo ohranyaemyh prirodnih territoriyah Altae-Sayanskogo ekoregiona» [The information system "Monitoring of Climate Change and Ecosystems in Specially Protected Natural Areas of the Altai-Sayan Ecoregion"]. — URL: <http://proon.katunskiy.ru/> (accessed 12.12.23). [in Russian]

11. Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2017 god [The report on the peculiarities of the climate in the territory of the Russian Federation for 2017]. — Moscow, 2018. — P. 6-7. [in Russian]

12. Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2018 god [A report on the specifics of the climate in the territory of the Russian Federation for 2018]. — Moscow, 2019. — P. 5-6. [in Russian]