Оригинальная статья / Original article
УДК 911:2
DOI: 10.18470/1992-1098-2022-4-182-196

Ландшафтно-гидрологический феномен образования плавучих островов на озере Чебаркуль (Давлетово) в бассейне реки Урал

Владимир М. Павлейчик, Жанна Т. Сивохип
Институт степи УрО РАН, Оренбург, Россия

Контактное лицо
Владимир М. Павлейчик, кандидат географических наук, отдел ландшафтной экологии, Институт степи УрО РАН; 460000 Россия, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11.
Тел. +73532774432, +73532776247
Email vmpavleychik@gmail.com
ORCID https://orcid.org/0000-0002-2846-0442

Формат цитирования
Павлейчик В.М., Сивохип Ж.Т. Ландшафтно-гидрологический феномен образования плавучих островов на озере Чебаркуль (Давлетово) в бассейне реки Урал // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 4. С. 182-196. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-4-182-196

Получена 22 августа 2022 г.
Прошла рецензирование 14 сентября 2022 г.
Принята 25 октября 2022 г.

Резюме

Цель. Зафиксировать факт развития плавучих островов на озере Чебаркуль (Давлетово) в качестве ландшафтно-гидрологического феномена в бассейне р. Урал и в Южном Зауралье, определить механизмы формирования, выявить специфические особенности их морфоструктуры, внутригодовых перемещений и многолетней динамики.

Материалы и методы. На основе спутниковых снимков высокого (2003–2020) и среднего (1972–2020) пространственного разрешения проведен анализ качественных и количественных показателей, отражающих многолетнюю и внутригодовую динамику состояния плавучих островов и сплавин.

Результаты. Установлено, что основным поставщиком материала для островов являлись сплавины на участке впадения в озеро водотоков (р. Янгелька и руч. Могак), которые периодически (в периоды экстремальных весенних паводков) утрачивают связь с прибрежными мелководьями и выносятся в акваторию озера. Выявлены высокая вариативность состояний и динамичность смещения островов, а также тенденция сокращения количества и площади островов и сплавины, обусловленная, в том числе, последствиями аномального летнего паводка 2013 года. Находясь в незакрепленном состоянии плавучие острова дрейфуют по акватории озера на значительные расстояния, достигающие 10–15 км и более в безледный период года. Основной движущей силой является ветер, вызывающий преобладающие вдольбереговые смещения островов, в результате столкновений они сокращаются в размерах и приобретают округлую в плане форму.

Заключение. На протяжении всего исторического периода плавучие острова во всем мире воспринимались в качестве ландшафтного феномена, заслуживающего охраны и рационального использования. Озеро Чебаркуль с плавучими островами представляет несомненный интерес в качестве объекта географических, гидрологических и эколого-биологических исследований.

Ключевые слова
Плавучие острова, сплавина, ландшафтно-гидрологический феномен, озеро Чебаркуль, бассейн р. Урал.

© 2022 Авторы. *Юг России: экология, развитие*. Это статья открытого доступа в соответствии с условиями Creative Commons Attribution License, которая разрешает использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.

Landscape-hydrological phenomenon of the formation of floating islands on Lake Chebarkul (Davletovo) in the Ural River basin, Russia

Vladimir M. Pavleichik and Zhanna T. Sivohip
Institute of Steppe, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

Principal contact
Vladimir M. Pavleichik, Candidate of Geographical Sciences, Department of Landscape Ecology, Institute of Steppe, Ural Branch, Russian Academy of Sciences; 11 Pionerskaya St, Orenburg, Russia 460000.
Tel. +73532774432, +73532776247
Email vmpavleychik@gmail.com
ORCID https://orcid.org/0000-0002-2846-0442

How to cite this article
Pavleichik V.M., Sivohip Zh.T. Landscape-hydrological phenomenon of the formation of floating islands on Lake Chebarkul (Davletovo) in the Ural River basin, Russia. *South of Russia: ecology, development.* 2022, vol. 17, no. 4, pp. 182-196. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-4-182-196

Received 22 August 2022
Revised 14 September 2022
Accepted 25 October 2022

Abstract
Aim. To record factually the development of floating islands on Lake Chebarkul (Davletovo) as a landscape-hydrological phenomenon in the Ural River basin and in the Southern Trans-Urals, to determine the mechanisms of formation and to identify the specific features of their morphostructure, intra-annual movements and long-term dynamics.
Materials and Methods. Based on images of high (2003–2020) and medium (1972–2020) spatial resolution, an analysis was made of qualitative and quantitative indicators reflecting the long-term and intra-annual dynamics of the state of floating islands (mats) and coastal thickets of macrophytes («splavina» or «labza» in Russian).
Results. It was established that the main source of material for the islands were the coastal thickets of macrophytes at the site of the confluence of watercourses into the lake (Yangelka River and Mogak Crrek), which periodically (during periods of extreme spring floods) lose contact with coastal shallow waters and are carried into the lake. The high variability of the states and the dynamism of the displacement of the islands, as well as the tendency to reduce the number and area of the islands and coastal thickets of macrophytes, caused, among other factors, by the consequences of the anomalous summer flood of 2013, were revealed. Being in an unfixed state, floating islands drift along the water area of the lake for considerable distances, reaching 10–15 km or more during the ice-free period of the year. The main driving force is the wind, which causes prevailing alongshore displacements of the islands: as a result of collisions, they are reduced in size and acquire a rounded shape in plan.
Conclusion. Throughout the historical period, floating islands around the world have been perceived as a landscape phenomenon that deserves protection and rational use. Lake Chebarkul with floating islands is of undoubted interest as an object of geographical, hydrological, ecological and biological research.

Key Words
Floating islands, coastal thickets of macrophytes, landscape-hydrological phenomenon, Lake Chebarkul, Ural River basin.

© 2022 The authors. *South of Russia: ecology, development*. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ВВЕДЕНИЕ

Водосборная территория р. Урал охватывает обширный регион с крайне неоднородными условиями формирования стока. Наиболее существенный вклад в сток главной реки вносят притоки, водосборы которых располагаются в пределах крупной орографической структуры, имеющей циркуляционно-барьерное значение – Уральской горной страны. Эта часть бассейна отличается лучшей обеспеченностью атмосферными осадками и запасами снега к периоду весеннего половодья, преобладанием горно-лесных условий стокоформирования и рядом других немаловажных особенностей, влияющих на режим и водность рек. Несмотря на значительное вертикальное и пространственное расчленение поверхности в этой части водосбора р. Урал широко развиты депрессии тектонического происхождения, часть которых либо вовлечена в речной сток, образуя полузамкнутые проточные водоемы, либо замыкает внутрибассейновые участки с внутренним стоком. Сходная ситуация наблюдается и в структуре стока на прилегающей части полого-волнистой равнины, сформировавшейся на основе древнего зауральского пенеплена. Подобные участки представляют интерес с позиций формирования стока главной реки с учетом наблюдаемых однонаправленных тенденций и многолетних фаз различной водности [1]. В этой связи важна фиксация возможных признаков изменения условий формирования стока, обусловленных как естественными, так антропогенными причинами. Так, при подготовке геоинформационной базы экспедиционных исследований авторами статьи на озере Чебаркуль, вовлеченном в сток р. Янгелька (приток р. Урал), зафиксировано такое редкое для региона явление, как постоянные плавучие острова, свободно перемещающиеся по акватории озера.

Объектом данного исследования стало проточное озеро Чебаркуль, а точнее – ландшафтно-гидрологический феномен образования обширных сплавин и плавучих островов. Административно озеро расположено в Абзелиловском районе Республики Башкортостан. Для избежания недоразумений, связанных с озером с таким же названием в Челябинской области в 205 км северо-восточнее, его также называют Давлетово, по одноименному селу на его побережье. Как и большинство других озер Южного Зауралья и восточных предгорий Южного Урала чаша озера Чебаркуль имеет тектоническое происхождение. В современном рельефе оно располагается в зоне стыка меридиональных уральских хребтов и обширной зауральской равнины (древнего пенеплена). По данным [2] площадь зеркала составляет 10,0 км², средняя и максимальная глубина – 2,0 м и 3,5 м, объём воды – 20,4 млн м³; площадь водосбора – 369,0 км², время условного водообмена составляет 5,3 лет, коэффициент емкости озерной чаши – 0,54, удельный водосбор – 36,9.

Отметим, что состояние озер может являться индикатором различного рода изменений, происходящих на водосборных территориях, а также отражать этапы своей естественной эволюции. В этой связи озера – ценный объект для проведения эколого-гидрологических и ландшафтно-географических исследований. В данном исследовании нами обращено внимание на иной аспект их изучения. Озера отдельного географического региона обычно имеют общие черты, связанные с определенным сходством происхождения котловин, истории развития, условий питания и др. Одновременно каждое из них в отдельности обладает набором специфических характеристик, определяющих их своеобразие. Важно, что устойчивое проявление существенных отклонений от нормы может, а, скорее всего, и является отражением специфических процессов, формирующих тот, или иной географический объект. В любом случае, изучение природных феноменов имеет важное значение для систематизации и понимания природных процессов и явлений.

Как следует из литературных и других источников информации плавучие острова являются довольно распространенным явлением для различных регионов мира. Одним из наиболее ценных научных трудов по географии распространения и в целом по интересующей тематике является монография «Плавучие острова: глобальная библиография» [3], в которой, по многочисленным рецензиям (к сожалению авторам не представилось возможности ознакомиться с данной публикацией), содержится анализ более чем полутора тысяч источников на пятнадцати языках. Сразу отметим, что в зарубежной научной литературе рассматриваемая тема проработана более существенно. Значительная часть публикаций посвящена изучению экологии и геоботаники, механизмов образования плавучих островов, географии их распространения и описанию региональных особенностей. Результаты исследований, выполненных по озеру Виктория (Уганда) [4], свидетельствуют об определенном сходстве ведущих факторов формирования плавучих островов с оз. Чебаркуль. О взаимосвязях между гидрологией и освоением растительностью водно-болотных угодий и образованием плавучих островов для различных географических регионов указывается в [5; 6]. Широкое распространение водоемов с плавучими островами в Индии позволило авторам [7] систематизировать их разнообразие исходя из особенностей происхождения и развития, видовому составу и динамике растительных сообществ, условиям существования. Сходные с островами озера Чебаркуль образования отмечаются на участке русла Белого Нила, обширном болоте Судд (Южный Судан), одним из наиболее обширных водно-болотных угодий в мире с богатейшим биоразнообразием [8]. Последнее десятилетие активно обсуждается перспектива строительства искусственных плавучих островов для поддержания биоразнообразия водно-болотных угодий и для хозяйственных целей. Плавучие острова часто охраняются в составе водно-болотных угодий и в различных регионах Земли имеют свои местные обозначения, к примеру, «матупа» (бразильская Амазония), «пхумди» (озеро Локтак, Индия), «судд» (Южный Судан), «лабза» (Зауралье, Сибирь и Дальний Восток, Россия).

Механизмы образвания плавучих островов в целом общеизвестны и сводятся к двум вариантам. Первый – это отторжение под действием ветра или течений части плотных прибрежных зарослей околоводной растительности (макрофитов), так называемой сплавины, слабо прикрепленной корнями (либо не прикрепленной) ко дну озера. К этому варианту и относятся плавающие острова на

рассматриваемом озеро Чебаркуль. Второй – это поднятие на поверхность воды части торфяных отложений в условиях наступления фаз повышенной водности (рассматриваемые ниже в статье озера юга Западной Сибири), либо при изменения гидрологических условий, связанных с созданием водохранилищ, что становится значимой проблемой для судоходства и функционирования ГЭС на многих водохранилищах России [9–12]. Водоемами с плавучими островами также могут стать сельскохозяйственные угодья; так для населения отдельных регионов Индии их образование представляют собой угрозу деградации рисовых полей [7].

При глобальном распространении такого явления как плавучие острова, в чем же заключается уникальность озера Чебаркуль? Первое, это расположение в засушливом степном регионе со слабо развитым поверхностным стоком. Второе, это удаленность (изолированность) от других мест распространения подобных водоемов, при том, что ни на одном из озер Южного Урала и Зауралья постоянные плавучие острова не образуются. Анализ спутниковых изображений показал, что процесс зарастания (сезонного и многолетнего), часто с образованием островов на мелководьях наблюдается на многих озерах Зауралья, особенно это отчетливо заметно на озерах с большими амплитудами колебания уровня воды из-за отсутствия постоянного притока воды (Улянды, Бурсуны, Султанкуль, Сериккуль у с. Халилово, Агаслы, Уляндыкуль, Графское и др.). Все они имеют свою специфику зарастания, но лишь на одном некрупном (0,23 км²) озере Большое Моховое (северо-западнее оз. Малый Бугодак) отмечается 2 плавучих острова.

Несмотря на необычность явления плавучих островов, упоминания в отечественной научной литературе немногочисленны и сводятся к изучению сукцессионных преобразований растительного покрова, процессов образования торфяных залежей и проблем, связанных с использованием водных объектов. Непосредственно о плавучих островах на оз. Чебаркуль встречается краткое упоминание в [2], попытка обосновать механизм их образования содержится в публикации [13]. Интересно, что сплавина, сапропель и плавучие острова оз. Чебаркуль упоминаются в серии публикаций агроэкологической направленности, где рассматриваются в качестве основы для получения органо-минеральных удобрений [14; 15]; как отмечают авторы, потенциальное использование этого биоресурса может рассматриваться также как способ очистки водоема. Сразу отметим, сведения об экологической роли плавучих островов разноречивы, что по-видимому связано с их региональными особенностями, традициями использования, специализацией и методологией исследований. Так, указывается [16], что плавучие торфяные острова Рыбинского водохранилища из-за своей труднодоступности стали местом гнездования редкого вида орнитофауны – серебристой чайки. Результаты отдельных работ [17] показывают, что плавучие острова (естественные и искусственные) значительно повышают эффективность естественных процессов, снижающих содержание питательных веществ (азот и фосфор), взвешенных веществ, тяжелых металлов и других загрязняющих веществ. Таким образом, плавучие острова и сплавины следует воспринимать как признак самоорганизации экосистемы озера и перед постановкой вопроса об их использовании необходимо проведение детальных эколого-биологических исследований. Одновременно [18] указывается, что образование островов может являться признаком деградации экосистемы, загрязнения и эвтрофикации.

Приток воды в оз. Чебаркуль обеспечивается одним постоянным водотоком – р. Янгелька, а также системой ручьев, сезонных водотоков, ложбин стока и других элементов эрозионной сети, дренируемых этой рекой. Также в северную часть побережья впадает сезонный (в нижней части течения) руч. Могак. На отдельных отрезках русла водотоков проложены по полузамкнутым заболоченным депрессиям рельефа. Помимо оз. Чебаркуль в эту систему стока (постоянного и сезонного поверхностного, подземного) вовлечены озера Сабакты и Банное (из последнего начинается условно р. Янгелька), Суртанды, Малое Щучье и ряд других менее значимых. Западнее озер Чебаркуль и Суртанды стокоформирование происходит в условиях низкогорных ландшафтов (отроги южно-уральского хр. Крыкты-тау), узкую восточную часть водосбора занимают слабодренированные равнинные земледельчески освоенные ландшафты.

Озеро Чебаркуль является слабопроточным (в него впадает и вытекает р. Янгелька), сток воды происходит через шлюзы подпорной плотины. Таким образом регулируется уровень озера, не допуская подтопления прибрежных территорий в весенний период и существенного снижения уровня в меженный период, а также должна осуществляться фильтрация от плавучих островов. На спутниковых снимках, датированных 1972 годом, плотина уже существует, таким образом условия водного режима озера были однотипны на протяжении как минимум 50-ти лет. По результатам оконтуривания водосборной площади оз. Чебаркуль она оказалась существенно более значимой, чем приводимая в публикации [2], и составила 503 км² (рис. 1).

Низкогорные условия водосбора предполагают, что в периоды экстремальных атмосферных осадков и активного снеготаяния неминуемо возникает значимый приток воды в озеро, способствующий частичному выносу озерных отложений. Одновременно возникает угроза целостности подпорной дамбы. Так, в августе 2013 года при выпадении аномальных осадков наблюдалось резкое повышение уровня воды в реках и озерах Южного Зауралья, приведшее к подтоплению дорог и населенных пунктов, возникновению угрозы разрушения подпорных дамб (Банное, Чебаркуль), необходимости эвакуации населения. Непосредственно на озере Чебаркуль были созданы прорывы в дамбе, что привело к практически полному осушению озера; после восстановления целостности плотины озеро вновь наполнилось за 10 дней [19]. На видео очевидцев события можно наблюдать процесс разрушения островов при их движении в образовавший аварийный проран и дальнейший снос в р. Янгельку. Эти события – повышение уровня, осушение и последующее восстановление озера – стали одними из ключевых в современной истории водоема и повлияли на количественный состав островов, состояние сплавины и в целом на биоразнообразие водоема.

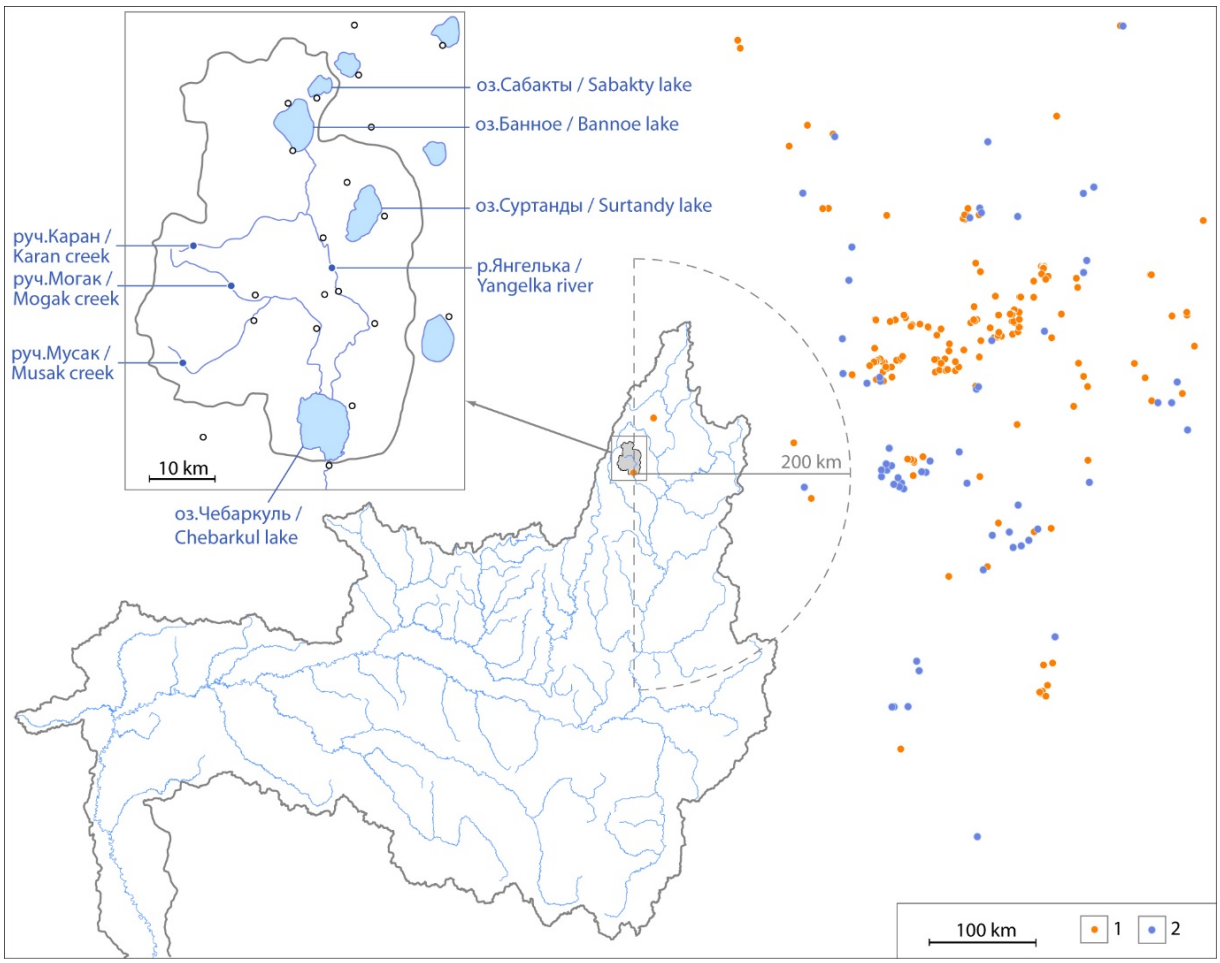

Рисунок 1. Положение водосборной площади озера Чебаркуль в бассейне р. Урал. Распространение озер с плавучими островами на сопредельных территориях

1 – озера с плавучими островами; 2 – озера с признаками бывших плавучих островов и сплавин. Пунсонами обозначены *населенные пункты*

Figure 1. Position of the catchment area of Lake Chebarkul in the Ural River basin. Distribution of lakes with floating islands in adjacent territories

1 – lakes with floating islands; 2 – lakes with signs of former floating islands and quays. Circles indicate settlements

К сожалению, многолетние гидрологические наблюдения в пределах водосборной территории озера Чебаркуль отсутствуют. Единственный гидрологический пост находился в устье р. Янгелька (вне исследуемой территории) и функционировал в период с 1932–1951 гг. Согласно данным гидрологических наблюдений на смежных территориях (р. Урал – Верхнеуральск; р. Большой Кизил – д. Верхнее Абдряшево) можно сделать выводы о том, что за рассматриваемый период наблюдалось две фазы водности – многоводная (1985–2007) и маловодная (2008–2021) [20].

Повсеместно отмечаются следы проведения водномелиоративных работ, представленные подпорными дамбами на побережьях озер (Банное, Чебаркуль), спрямленными и углугленными участками русел рек, размытой (во время летнего паводка 2013 г.) и не восстановленной плотиной водохранилища на р. Янгелька у с.Михайловка. На водосборной площади находится 14 сельских населенных пунктов, из хозяйственных видов деятельности распространено животноводство и земледелие, рыборазведение, рекреация и туризм. В отдельные годы (1986, 1991, 1996, 2015), обычно в марте-апреле, фиксируются факты поджогов и развития тростниковых пожаров в различных частях озера; возможно это одна из прилагаемых местным населением мер по борьбе с зарастанием озера.

Таким образом, плавучие острова оз. Чебаркуль, механизмы их образования, перемещения и трансформации определенно имеют научный интерес как в качестве ландшафтного феномена, так и с позиций изучения региональных особенностей эволюции озер и условий формирования речного стока.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу проведенного исследования положен анализ спутниковых изображений Земли. Снимки спутников Landsat (1–8) и Corona низкого и среднего пространственного разрешения обеспечивали изучение многолетней динамики и особенностей внутригодового перемещения островов, тогда как снимки WorldView (1–4) высокого разрешения – преимущественно анализ изменений количественных параметров за отдельные годы.

Источником снимков WorldView (вернее синтезированных изображений) послужил геоинформационный сервис Google Earth Pro. Полностью на рассматриваемую территорию в открытом доступе находятся снимки за следующие даты: 09.08.2003, 01.09.2003, 14.08.2014, 24.04.2016, 08.07.2016,

02.08.2016, 01.07.2017, 03.11.2018, 12.04.2019, 15.06.2020. Приняты во внимание снимки, охваты-вающие озеро частично – 22.07.2009, 26.10.2010, 02.02.2014, 12.05.2014, 01.09.2018, 31.05.2019, 30.07.2019, также использовано еще 26 изображений с меньшим разрешением из каталога выбора снимков European Space Imaging. Таким образом, данными снимками обеспечивается временной охват в 18 лет, что позволило проследить тенденции многолетних преобразований плавучих островов, определить параметры изменений их количества и площади. Контуры островов и береговой линии дешифрировались визуальным способом, оцифровке подвергались объекты площадью более 50 м². Исходя из положения отдельных островов, имеющих отличительные морфологические особенности, были определены предположительные траектории их внутригодовых перемещений в 2016 году. Для 2003 года проведена аналогичная работа; небольшой временной интервал между снимками (24 дня) позволил сократить неизбежные погрешности в определении протяженности и траекторий движения островов. Также для этого года проведена сортировка островов по протяженности их смещения, на основании чего сделаны выводы об отсутствии явной взаимосвязи между размером и формой островов и протяженностью дрейфа.

Коллекции спутниковых снимков Landsat (1–8) относятся к периоду с 1974 года по настоящее время (45 лет). Анализ снимков позволил выявить направления и скорость передвижения отдельных крупных островов и их скоплений, отследить ключевые этапы формирования островов и положение сплавины и др. С их помощью составлено представление о внутригодовых вариациях уровенного режима озера, сроках наступления паводка, установлении и разрушении ледового покрова и др. В этом же направлении использовались отдельные снимки серии американских разведывательных спутников Corona (находящиеся в открытом доступе); наиболее раннее качественное изображение по интересующей территории относится к 1972 году.

Для проведения расчетов были оцифрованы контуры чаши озера (15582,6 тыс. м²) и открытой акватории (12430,2 тыс. м²). С учетом того, что внутренняя граница сплавины (за исключением участка в устье р. Янгелька) не была подвержена значимым трансформациям за рассматриваемый период (2003–2020), открытая акватория являлась тем пространством, на котором проходили перемещения плавучих островов. Береговая линия озера и острова были рекогносцировочно обследованы в июле 2022 года; фиксировались характер растительного покрова (в т.ч. наличие кустарниковых зарослей и побегов деревьев на островах), состав и состояние гидротехнических сооружений.

Заключение о ландшафтно-гидрологическом феномене озера Чебаркуль основано на результатах изучения снимков высокого разрешения (Google Earth), охватывающих бассейн р. Урала и Южное Зауралье. Позднее авторами аналогично обследована обширная территория, прилегающая с востока – слабодренируемые преимущественно озерно-аллювиальные равнины, сформированные на различных морфоструктурах (главным образом Тургайский прогиб и юг Западной Сибири). Здесь, среди многочисленных озер на значительном удалении от оз. Чебаркуль, были зафиксированы озера с плавучими островами и сплавинами, что дало возможность выявить их региональные особенности, черты сходства и различий.

В целом процесс зарастания озер является объектом исследования различных научных направлений (гидрология, ботаника, география, лимнология, болотоведение). В связи с многообразием терминологического аппарата, обозначающего стадии и формы зарастания, а также согласно традиционного обозначения данных водоемов на топографических картах рассматриваемого региона, мы обозначаем водоемы с плавучими островами и сплавинами как озера.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности озера Чебаркуль с позиций феномена формирования плавучих островов

Одним из ключевых вопросов исследования стало определение механизма образования сплавин и собственно плавучих островов, так как этим достигается понимание взаимоотношений между гидрологическим режимом и экологическим состоянием водоема и развитием растительности. В ходе исследований выявлено, что основным местом образования плавучих островов являлись сплавины, формирующиеся в прибрежной зоне озера в районе впадения р. Янгелька и руч. Могак.

Сплавины – это плотный слой живой фитомассы и торфа, возникающий в результате активного нарастания прибрежных зарослей гидрофильных корневищных растений (камыш, рогоз, осоки) по направлению от берега к открытой акватории. В ходе формирования часть сплавины утрачивает контакт с подводным грунтом (илом) и при определенных условиях становится возможным отрыв растительно-торфяного слоя от основной массы и последующий дрейф по акватории (рис. 2 А). Для соблюдения таких условий требуется наличие подводных уступов в рельефе прибрежной части озера (возможно, что роль такого перегиба выполняют подводные эрозионные врезы р. Янгелька) и движущей силы, в качестве которой выступает водный поток реки и ветры определенных направлений. Площадь этой, наиболее динамичной, части сплавины на оз. Чебаркуль в устье р. Янгелька постоянно варьировала, в целом снижаясь от 1045 тыс. м² (1981) до 373–286 тыс. м² (2003–2020).

В северной части озера находится устье еще одного притока – руч. Могак, вода которого достигает озера преимущественно лишь в весенний период. Интересно, что в районе его впадения также сформировались обширные заросли прибрежной растительности с отдельными деревьями березы и кустарниками, занимающие значимые 652 тыс. м². В период 2003–2020 годы эта часть прибрежных зарослей не претерпевала каких-либо площадных изменений и пространственных смещений, тогда как в 1980-е годы площадь достигала 1335 тыс. м². Вместе с тем, неоднородность растительного покрова (местами с образованиями округлой формы), частичная вовлеченность в процесс образования островов, наличие водных окон и узкой полосы водного пространства между зарослями и береговой линией может свидетельствовать о том, что в предшествующие многоводные фазы озера эта часть также являлась сплавиной и формировалась как за счет естественных процессов зарастания, так и по мере прикрепления плавучих островов. Это отчетливо доказывают снимки

Landsat за 1970–1980-е годы, на которых зафиксированы пространственная целостность и общность процессов в устьевых частьях р. Янгелька и руч. Могак – затапливание, дезинтеграция и образование плавучих островов.

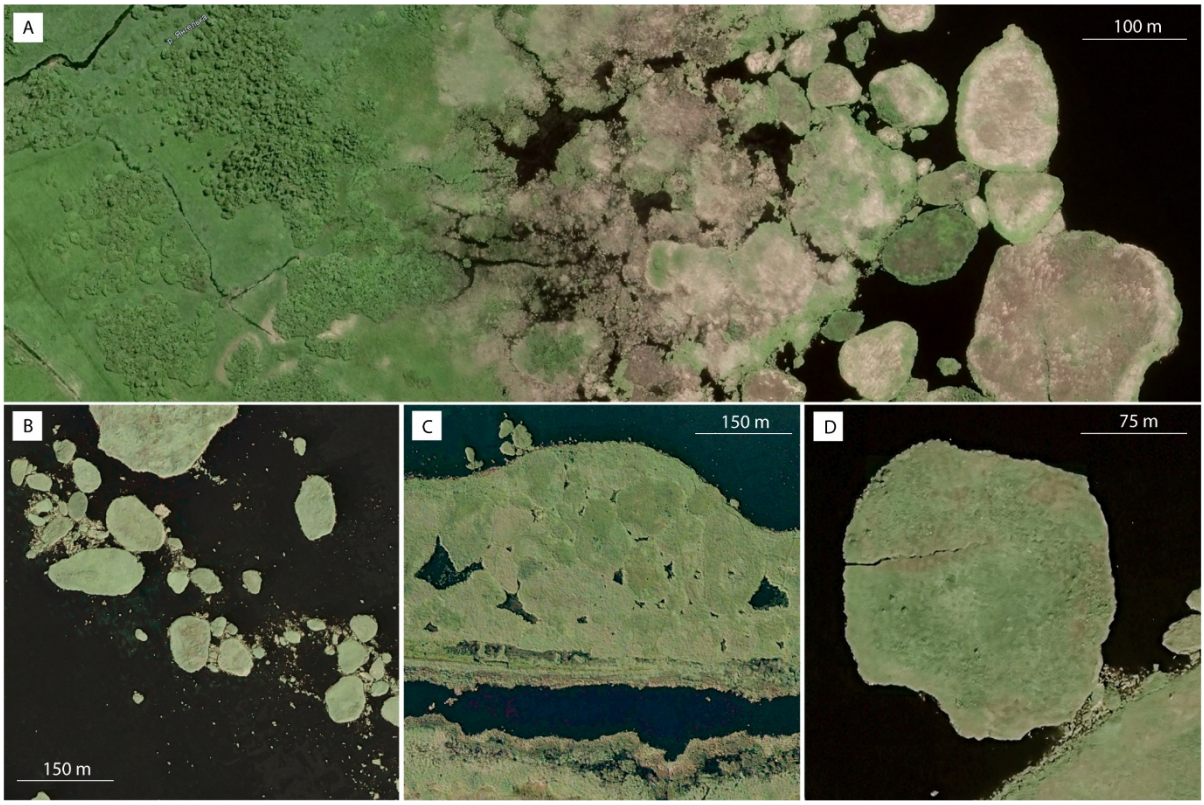

Рисунок 2. Примеры развития плавучих островов и сплавин на спутниковых снимках WorldView:
A – переход от поймы р. Янгелька к сплавине с дезинтегрированными фрагментами, закрепленными и незакрепленными островами; B – сочетание постоянных плавучих островов с нехарактерными раздробленными фрагментами (снимок 09.08.2003); C – формирование сплавины за счет закрепления плавучих островов (восточный сектор озера); D – первичная стадия разрушения плавучего острова (трещина)

Figure 2. Examples of the development of floating islands and coastal macrophyte thickets shown on WorldView satellite images:
A – the transition from the floodplain of Yangelka River to the coastal macrophyte thickets with disintegrated fragments and fixed and loose islands; B – a combination of permanent floating islands with uncharacteristic fragmentations (picture 09.08.2003); C – the formation of coastal macrophyte thickets due to the anchoring of floating islands (eastern sector of the lake); D – the primary stage of destruction of a floating island (crack)

Преобладающее расположение действующих и потенциальных сплавин в районах впадения водотоков не может быть случайным. По-видимому активному развитию прибрежной растительности здесь способствует приток органических веществ и осаждение аллювиальных отложений с формированием участков мелководий.

Анализ снимков показал, что основной материал для формирования островов поступал в результате отторжения крупных частей сплавины этой северной части озера. Такие события зафиксированы в период наибольшего весеннего притока воды в 1978 г. (сплавина в устье р. Янгельки) и в 1990 г. (наиболее крупный фрагмент сплавины в районе устья руч. Могак). Таким образом, формирование плавучих островов определяется совпадением во времени двух факторов – высокого весеннего паводка и критического нарастания прибрежных макрофитов.

На остальной части акватории озера прибрежные заросли формируют практически непрерывную полосую шириной от 5–10 м (западный сектор) до 325 м (восточный сектор). При ближайшем рассмотрении спутниковых изображений становится ясно, что заросли макрофитов здесь также состоят из своеобразного «конгломерата» бывших плавучих островов (рисунок 2 С). Это свидетельствует о том, что дезинтеграция единого массива сплавины – это не однонаправленный процесс, а в отдельные периоды сплавина может нарастать за счет прикрепления плавучих островов. Несмотря на то, что на снимках за рассматриваемый период (2003–2020) не отмечалось какой-либо значимой трансформации границ вдольбереговых зарослей, они также являются полноценными сплавинами. Среди признаков этого – неоднородность, округлый контур составных частей (бывший плавучие острова) и присутствие водных окон между ними.

В совокупности общая площадь всех сплавин в озере Чебаркуль составляет около 2,5 км². Приводится информация [15], что запасы сплавины составляют около 150 тыс. т с ежегодным приростом до 20 тыс. т.

Отметим, что юго-восточная часть озера отсечена протяженной дамбой, в результате чего образовался полузамкнутый водоем, видимо выполняющий буферные функции в регулировании стока воды; на нем

расположена насосная станция. По обе стороны дамбы сформировались сплавины, в отдельных местах настолько устойчивые и плотные, что по ним проложены тропинки рыбаков. Несмотря на незначительные размеры в этом внутреннем водоеме также наблюдается образование и дрейф плавучих островов.

Особенности перемещения и трансформация плавучих островов

По снимкам Landsat были определены параметры смещения идентифицируемых островов за период 1990–2021 годы. Ниже приведем схему положения и предполагаемого перемещения по двум (из 112) идентифицированным плавучим островам, составленную на основе анализа результатов дешифрирования снимков WorldView и Landsat-8 за 2016 год (рис. 3).

Даты снимков охватывают основные гидрологические состояния озера – разрушение ледового покрова (исходное положение островов на начало года), весеннее половодье, летне-осенняя межень, установление ледоставого покрова. Протяженность дрейфа островов в 2016 г. составила от 7,3 км (наиболее крупный остров №1, который курсировал вдоль северо-западной части акватории) до 20,5 км (остров №2). Исходя из подготовленных ситуационных схем средняя протяженность переноса составляла около 10–15 км. Часть островов остались на своем месте, либо претерпели незначительные смещения.

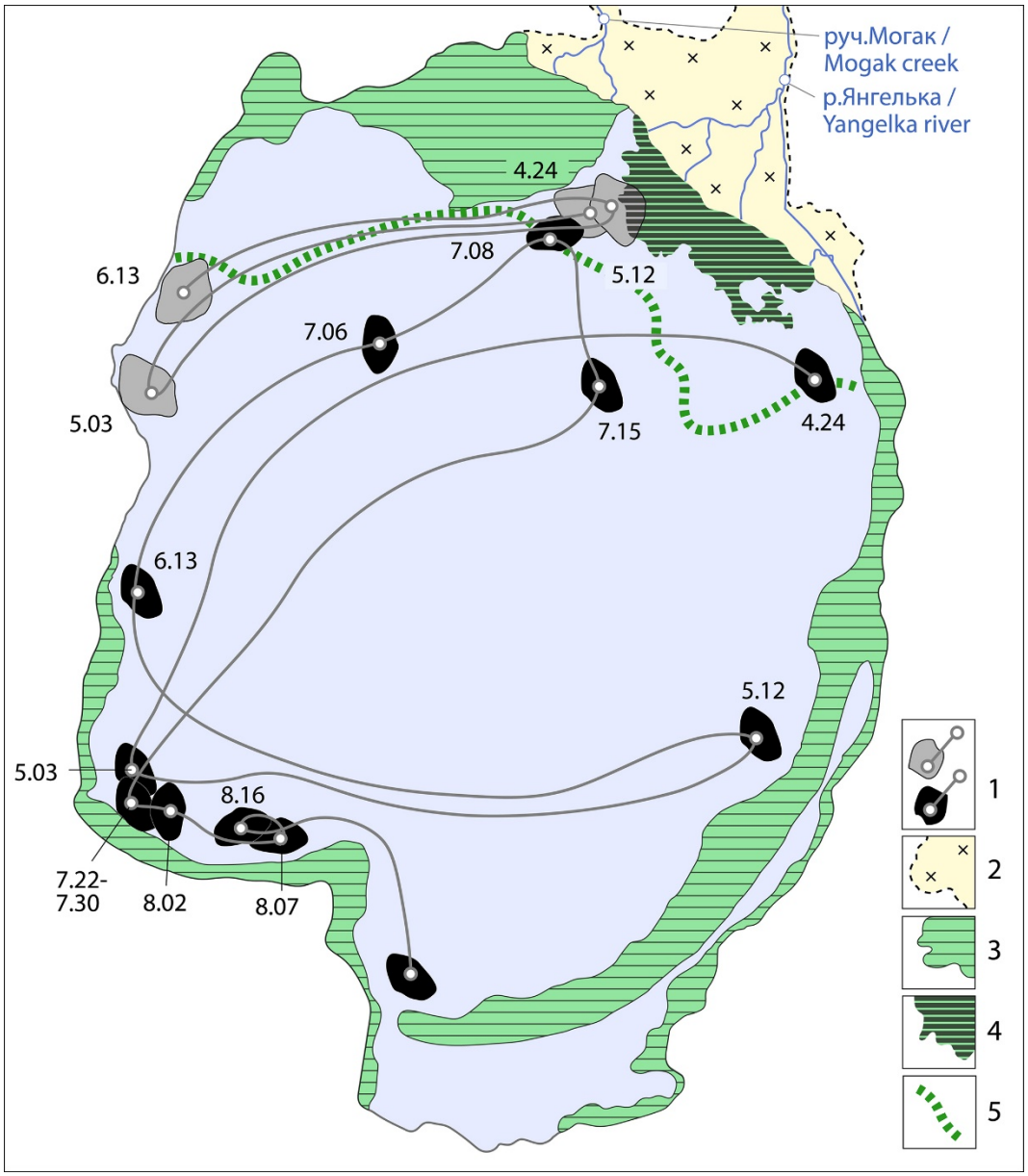

Рисунок 3. Схема расположения сплавины и перемещения островов в 2016 году: 1 – острова (№1 и №2), линии их перемещения и даты положения (месяц/день); 2 – приустьевая часть поймы р. Янгелька и руч. Могак; 3 – устойчивая часть сплавины; 4 – динамически активная часть сплавины; 5 – внешняя граница сплавины на 1981 год

Figure 3. Layout of coastal macrophyte thickets and moving islands in 2016: 1 – Islands No. 1 and No. 2, their lines of movement and position dates (month/day); 2 – estuary part of the floodplain of Yangelka River and Mogak Creek; 3 – the stable part of the coastal macrophyte thickets; 4 – the dynamically active part of the coastal macrophyte thickets; 5 – the outer boundary of the floating reed beds in 1981

Отметим, что общая ситуация с перемещением островов для каждого года специфична и зависит от гидрологического режима озера и погодных условий на протяжении безледного периода. Для примера приведем ситуационную схему за 2009 год (рис. 4), в котором перемещения островов были гораздо более сложными по направлениям и более протяженными. Так, остров №1 преодолел около 31,5 км.

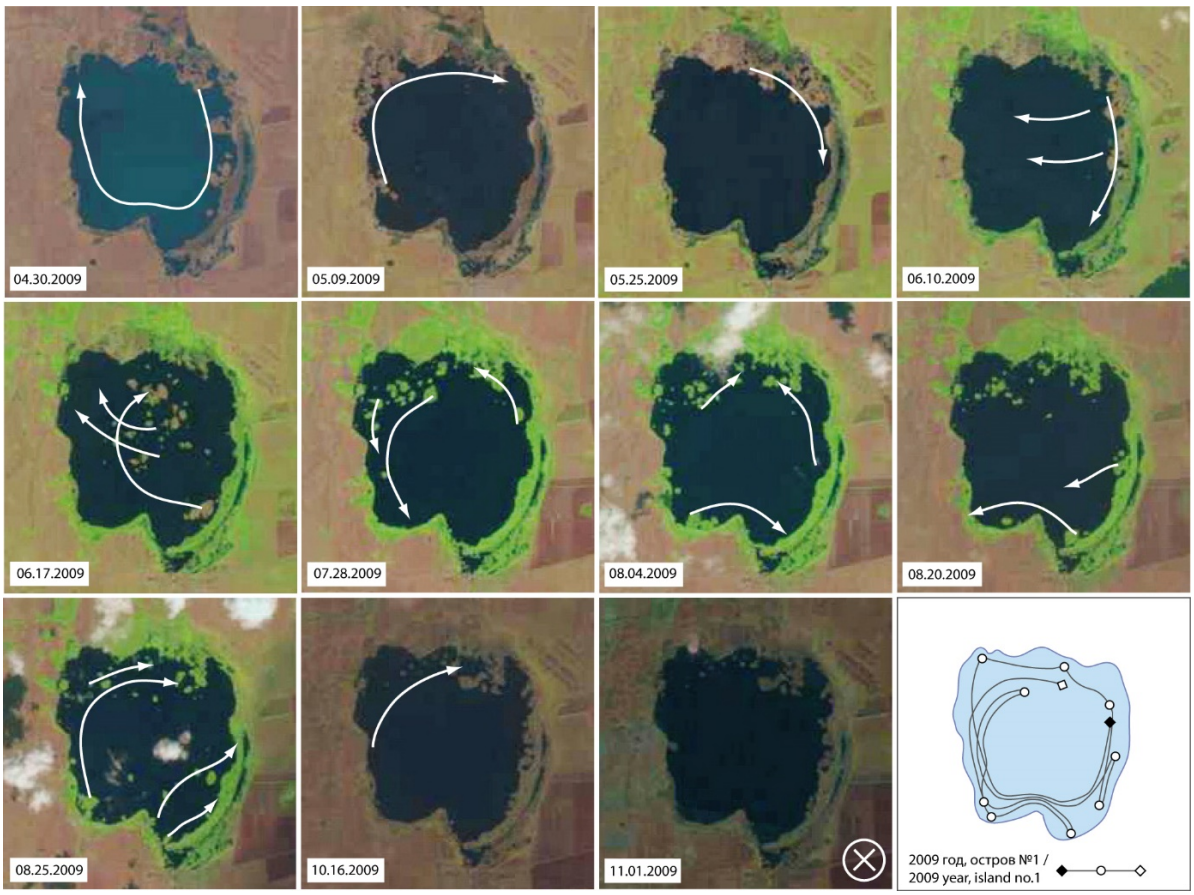

Рисунок 4. Ситуационная схема перемещения островов в 2009 году (Landsat-5, формат даты – месяц/день/год). Перемещение острова №1 за безледный период 2009 года
Figure 4. Situational pattern of island movement in 2009 (Landsat-5, date format – month/day/year). Relocation of Island No. 1 during the ice-free period of 2009

Из анализа подготовленных схем можно сделать следующие заключения. Находясь преимущественно в прибрежной зоне, острова неминуемо находятся под угрозой закрепления на мелководных участках. Наиболее очевидными причинами движения островов является сочетание факторов:

- весенний подъем уровня воды в озере, приводящий к откреплению нижней поверхности островов от донных отложений, а также к высвобождению части прибрежной сплавины из-за возникающих различий в уровнях;

- наиболее часто наблюдаемым движением является по часовой стрелке, особенно в весенний период, что можно связывать с поступлением весенне-паводковой воды р. Янгелька. В остальные периоды безледного состояния озера приток воды несопоставим с объемом воды в озере (20,4 млн м^3) [2], поэтому нет оснований полагать, что речной поток способен формировать какие-либо значимые течения;

- периоды сильного и порывистого однонаправленного ветра, формирующие благоприятные условия для открепления и движения островов – локальные перепады уровня воды и образование течений в сочетании с достаточно высокой парусностью островов.

Начало движения не является одномоментным для всех островов озера. Постепенно открепляясь от донных отложений острова подталкивают смежные острова, высвобождая отдельные группы. Имея в целом сходное направление движения, дальнейшие перемещения происходит по отдельности, исходя из размеров каждого из островов и их парусности. В ходе перемещения они могут сталкиваться с островами из других участков побережья. Заметим, что острова на подавляющем количестве снимков располагаются (часто группируются) в непосредственной близости от внешней границы сплавины, в связи с чем сделано заключение, что перемещения островов носит вдольбереговой характер.

По снимкам высокого разрешения за 2003 год (09 августа и 1 сентября) расчитаны показатели смещения 14 идентифицированных островов, составившие в среднем от 2,0 до 3,5–4,0 км за 24 дня. Соответственно максимальная среднесрочная скорость достигала 165 м в день, или 7 м/ч. Очевидно, что скорость смещения за весь период была неоднородной, соответственно максимальные показатели могли быть и выше. Также было выявлено, что какой-либо отчетливой связи между площадью и формой островов и протяженностью их перемещения не отмечается.

Наличие большего количества снимков среднего разрешения Landsat дает возможность отследить большее количество отрезков маршрута перемещения с лучшей достоверностью, но для таких объектов как плавучие острова удается идентифицировать лишь наиболее крупные из них и имеющие специфические формы. Такой анализ проведен применительно к периоду 1990–2021 годы. Так, результаты за 2016 год (рис. 3) в целом согласуются с приведенными выше данными. Определено, что средняя скорость перемещения островов составляла 8,1 м/ч и 8,3 м/ч (острова №1 и №2 соответственно), достигая 10,9 м/ч и 19,1 м/ч.

Продолжительный маршрут смещения островов неминуемо сопровождается их столкновением с другими островами, прибрежными зарослами и мелководьем, приводит к их постепенному разрушению. Вследствие этого они приобретают более округлые контуры и сокращают свои площади (рис. 5).

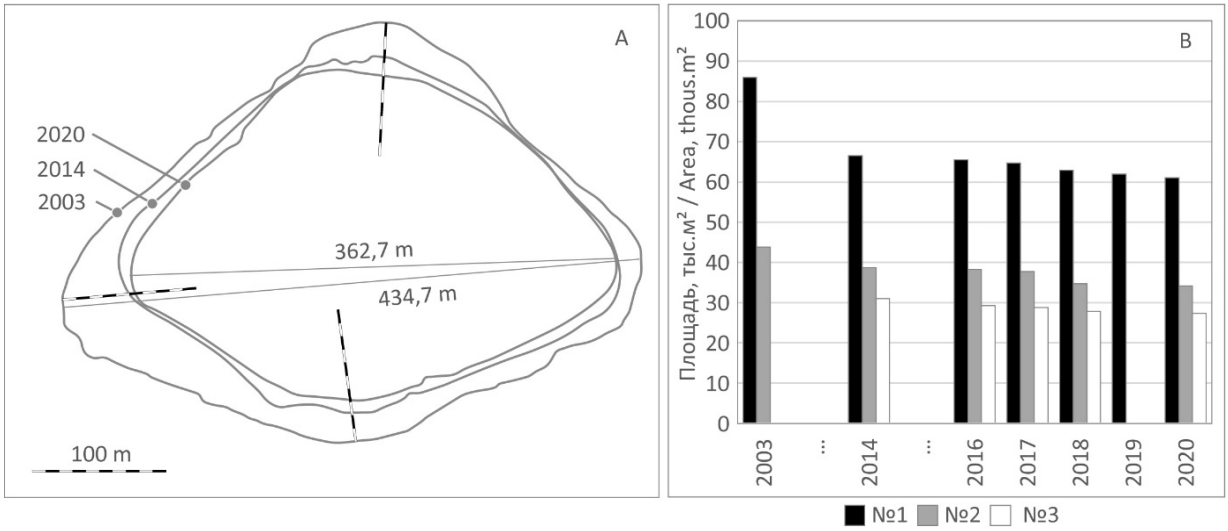

Рисунок 5. Изменение площади и морфометрических параметров островов: A – изменение морфометрических параметров острова №1 за 2003, 2016 и 2020 годы; B – изменение площади островов №№1–3 за период 2003–2020 годы

Figure 5. Changing the area and morphometric parameters of islands: A – change in morphometric parameters of Island No. 1 for 2003, 2016 and 2020; B – change in the area of Islands Nos. 1–3 for the period 2003–2020

Помимо постепенного разрушения (постепенное «стачивание» периметра острова) часть плавучих островов изначально менее устойчивы ко внешним воздействиям и разрушаются с образованием менее значимых образований (рис. 2 B и D). Об этом косвенно свидетельствует результаты сортировки островов по их площади за отдельные годы (рис. 6 A). Из приведенной схемы отчетливо заметно, что количество крупных островов в период с 2003 по 2016 годы существенно сократилось. На некоторых островах отмечаются трещины и другие признаки последующей дезинтеграции.

Вместе с тем, заметим, что сократилось количество и площадь не только крупных островов, но и в целом площадь островов любых размерностей. Количественное отображение этого, судя по всему, однонаправленного, процесса показано на рисунке 6 B. Проведенные исследования показывают, что суммарное количество островов (площадью более 50 м²) сократилось от 183 в 2003 году до 112 в 2016 г. и 104 в 2020 году.

Также отмечено, что сокращается и площадь сплавины в устье Янгелька с 372,8 тыс. м² в 2003 году до 340,7 тыс. м² в 2016 и 285,6 тыс. м² в 2020 году. В совокупности доля площади, занятая плавучими островами и сплавины, от площади акватории сократилась с 9,6 до 6,2%. Небольшие по площади острова более подвержены разрушению и при достижении критических размеров либо распадаются, либо переворачиваются ввиду большой парусности древесно-кустарникового покрова.

Приведенные выше данные фиксируют последствия важного события, определившего количественный состав островов и состояние сплавины – краткосрочная смена гидрологических условий в августе 2013 года, связанная аномальным за всю историю наблюдений летним паводком, приведшим к подъему уровня озера, необходимости спуска большей части воды и последующему заполнению. За этот короткий промежуток времени (3–4 недели) часть островов была разрушена и вынесена через проран плотины, другие острова закреплялись на мелководных участках и затем, по мере повышения уровня, всплывали заново. За это время от части сплавины могли быть отторгнуты отдельные участки и образованы новые острова. За последующее время (2014–2020) наблюдалось небольшое сокращение количества островов, площади островов и сплавины.

При возникновении метеоусловий с резким изменением направления ветра и усилением его силы острова начинают стремительное и хаотичное движение. Единственный из снимков высокого разрешения (09 августа 2003) фиксирует множественные следы разрушения островов с образованием отдельностей размером от 1 до 5 м в поперечнике (фрагмент снимка на рисунке 2 B). В такие периоды движение островов зависит от их первоначального положения относительно береговой линии и направления ветра. В целом центральное положение островов на акватории озера наблюдается крайне редко.

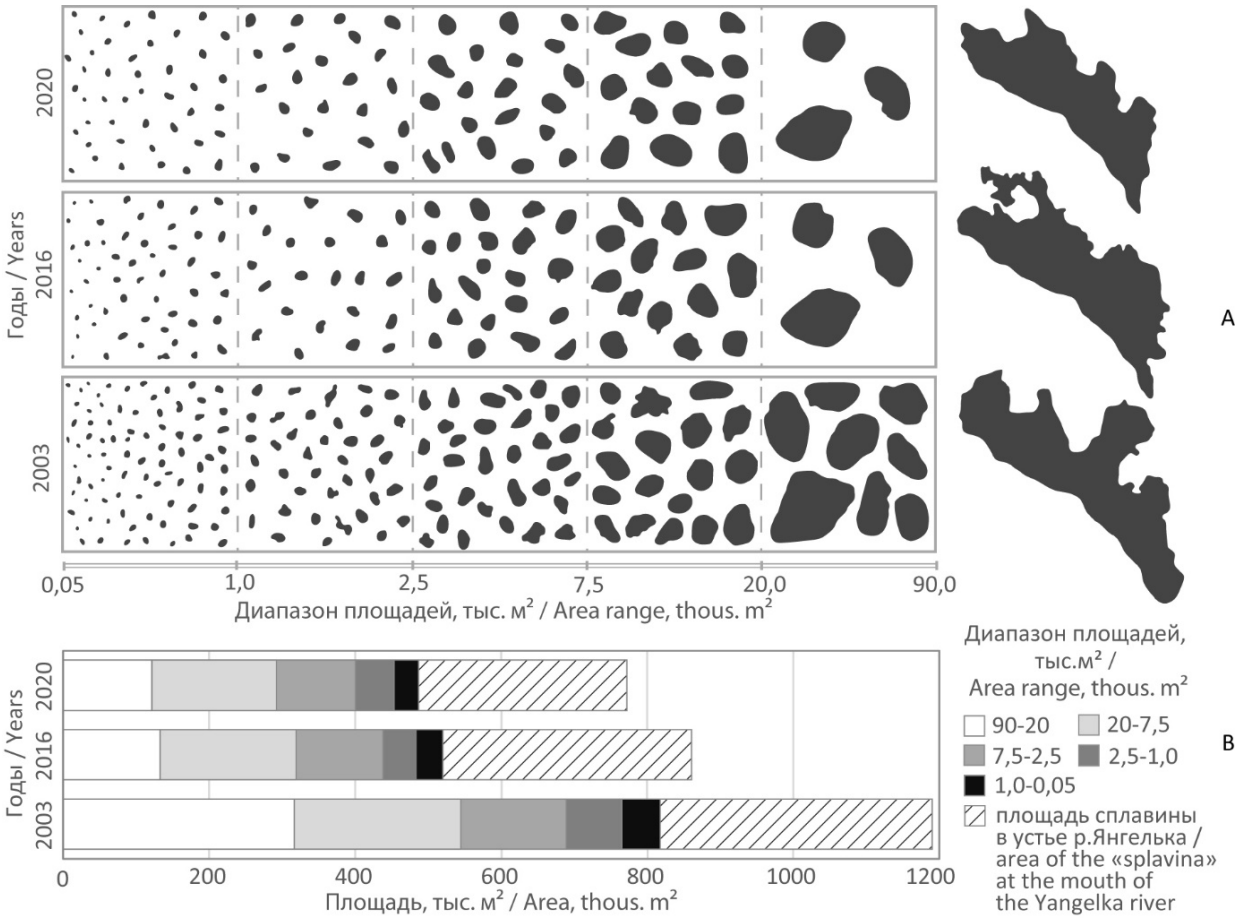

Рисунок 6. Изменения в морфоструктуре плавучих островов и сплавины в устье р. Янгелька за 2003, 2016 и 2020 годы: А – сортировка плавучих островов по их площадям и изменение контуров сплавины; В – диаграмма изменения суммарной площади плавучих островов и сплавины

Figure 6. Changes in the morphostructure of moving islands and coastal macrophyte thickets at the mouth of the Yangelka River for 2003, 2016 and 2020: A – sorting of floating islands according to their areas and change of contours of coastal macrophyte thickets; B – diagram of changes in the total area of moving islands and coastal macrophyte thickets

Феномен плавучих островов в научных публикациях, литературных и исторических источниках

Этот раздел статьи был подготовлен уже после проведения геоинформационных и аналитических исследований по оз. Чебаркуль, поэтому при ознакомлении с другими источниками информации мы находили подтверждения полученных ранее выводов и заключений.

В контексте проведенного исследования нельзя не отметить одну из научных публикаций, посвященную изучению «традиционных экологических знаний» местного населения бразильской Амазонии, проживающего вблизи водоемов с «матупас» – свободно плавающими островами растительности [21]. Вызывает интерес то, что при всей непохожести природных условий, многие аспекты формирования плавучих островов, их роли в сохранении биоразнообразия, использования населением и даже природоохранного статуса являются практически идентичными. Исследование, проведенное на основе опросов местного населения, показало следующее:

- плавучие острова образуются в относительно глубоких и, главное, не пересыхающих озерах, так как растительность островов способна быстро закрепляться корнями к грунту;

- плавучие острова встречаются в основном в озерах, которые имеют ограниченное воздействие речных течений во время сезона паводков;

- озера с плавучими островами отличаются повышенным разнообразием и ресурсами ихтиофауны («матупа – дом для рыбы»), вероятно из-за того, что острова являются хорошим естественным укрытием для рыбы и формируют особую микро-среду обитания с обилием органического вещества для питания;

- органическое вещество островов традиционно используются жителями в качестве источника удобрений;

- и, наконец, исследуемая территория входит в состав заповедника устойчивого развития Амана (Amana Sustainable Development Reserve) в центральной части бразильской Амазонки.

Несмотря на обсолютные различия в географическом положении (Амазония [21], Белый Нил [8] и собственно Южное Зауралье), ключевые факторы формирования и развития плавучих островов оказались сходными. Интересен факт адаптации локальных систем природопользования (использование фитомассы в качестве удобрения, рыболовство) и осознание необходимости охраны этих ландшафтно-гидрологических образований.

Феномен плавучих островов неминуемо находил отражение в различных легендах, исторических источниках и в современных популярных публикациях. Уже упомянутыми авторами [21] указывается на существование среди жителей бразильской Амазонки легенды о большой кобре или гигантской анаконде. Во время интервью многие местные жители называли плавучие острова (matupas) как «дом гигантской анаконды», либо утверждали, что это существо необходимо для самого формирования матупа. Даже представители молодого поколения проявляют то же чувство робости и уважения, часто избегая их или озер, где присутствуют большие матупа.

Осознание необычности плавучих островов отмечалось во все времена, вплоть до современности. Свидетельством этому является одно из писем Плиния Младшего (примерно 61–113 годы н.э.) – древнеримского государственного деятеля и писателя. «*Когда я проезжал по ним, мне показали лежащее внизу озеро, именуемое Вадимонским, и рассказали при этом о нем невероятные вещи… Суда по нем не ходят (оно священно), а плавают острова, заросшие камышом, ситником и разной травой, в изобилии растущей по болотам и по самому краю озера. Все эти острова различны по форме и по величине; края у всех голые, потому что они часто ударяются и трутся или один о другой или о берег… Иногда эти острова сбиваются вместе и, соединившись между собой, напоминают материк; иногда их разносит в разные стороны противными ветрами; порой, при безветрии, они спокойно плавают, каждый сам по себе.*» [3, С. 254–255]. Автор этих строк достаточно подробно описывает специфические черты морфологии плавучих островов, характер их перемещений и механизм трансформации. Также в письме отмечается сернистый состав лечебной воды и то, что вытекающая из озера река ниже по течению уходит в карстовую пещеру. Озеро не сохранилось, сейчас это болотистый пруд Lago di Bassano на берегу Тибра, в 60 км к северу от Рима.

Таким образом, специфическая особенность рассматриваемого явления на протяжении всего исторического периода обращала внимание людей и была объектом письменной или устной фиксации. В научном плане тематика плавучих островов открывает перспективы для широкого круга исследований, включая изучение экологии, эволюции и проблем устойчивого развития водно-болотных угодий. Озеро Чебаркуль является перспективным полигоном для подобных исследований.

Особенности развития плавучих островов на озерах Тургайского прогиба и юга Западной Сибири

Как уже отмечалось выше, наше заключение о феномене озера Чебаркуль основано на изучении снимков высокого разрешения по близрасположенным озерам Южного Зауралья, тектоническим депрессиям Южного Урала. Результаты данного обследования показали, что ни на одном из озер этого региона не отмечается образование устойчивых плавучих островов и сплавин. Позднее, расширив географию поисков, мы обнаружили аналогичные явления на части из многочисленных озер, распространенных на обширной озерно-аллювиальной аккумулятивной четвертичной равнине к востоку от Зауралья, простирающейся на 1,2 тыс. км до долины р. Обь в районе г.Новосибирск. Многочисленность достаточно однотипных по морфологии озер в сочетании с обширностью региона позволяет: а) проследить широтно-зональную смену в устойчивости уровня озер от южной тайги до северных пустынь; б) оценить стадии зарастания озер растительностью в зависимости от географического положения и морфологии озерной чаши; в) систематизировать разнообразие форм зарастания.

Исходя из результатов идентификации островов с плавучими островами по части этого региона (рис. 1) и систематизации сведений о разнообразии форм зарастания в качестве предварительных заключений можно констатировать следующее:

- ареал распространения озер с плавучими островами не охватывает целиком озерно-аллювиальную равнину юга Западной Сибири, к востоку ареал смещается к северу и выклинивается, не доходя долины р. Иртыш;

- большинство озер с плавучими островами сосредоточено в лесостепной зоне. Южнее, в степной зоне в условиях ухудшения атмосферного питания резко повышается доля мелководных заросших озер и озер со сплошной сплавиной; благоприятным фактором формирования плавучих островов здесь является вовлеченность озер в систему сезонного поверхностного стока (Тургайский прогиб, северные пустыни);

- большинство озер с плавучими островами имеют диаметр чаши в пределах от 0,5 до 1,0 км. Такими характеристиками, по-видимому, обеспечивается относительно устойчивый (многолетний и сезонный) уровень и объем воды в сочетании с достаточностью (но не избытком) проявлений ветровых волн и локальных течений;

- в целом какой-либо отчетливой зависимости между площадью зеркала и стадиями зарастания озер не наблюдается; очевидно, что главным фактором остается объем воды и глубина озера;

- в озерах данного региона отмечаются различные формы образования сплавины и плавучих островов – прибрежные и центральные; данные различия возможно связаны с особенностями поперечного профиля озерных впадин, по аналогии с [23]. Но, вероятнее всего, образование центральных сплавин, часто занимающих практически все зеркало озер, связано со сменой гидрологических обстановок, заполнением чаш водой и последующим отрывом слоя торфа вместе с растительным покровом, залегающего над озерными илами. Также многочисленны здесь «законсервированные» формы плавучих островов, являющиеся финальной стадией зарастания озер.

Ключевыми отличиями озер с плавучими островами этого региона от озера Чебаркуль является исключительно атмосферное питание, отсутствие проточности и существенно меньшие размеры водного зеркала. С учетом значимой пространственной удаленности (от 150–200 км) от них оз. Чебаркуль остается единственным представителем озер Южного Урала и Зауралья с долговременно существующими плавучими островами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показывают, что озеро Чебаркуль со специфической системой взаимосвязанных элементов – сплавин и плавучих островов – представляют собой ландшафтный феномен, уникальный для верхней части бассейна р. Урал и в целом для

Южного Зауралья. Из предполаемых причин формирования сплавины – слабопромывной режим, создаваемый достаточно крупным притоком (р. Янгелька), обеспечивающий регулирование процессов эвтрофикации водоема, а также определенные многолетние и внутригодовые вариации уровня зеркала. Существенная продолжительность (более 50 лет) устойчивого функционирования системы «сплавины – плавучие острова» является доказательством того, что подпор воды дамбой мог лишь отчасти инициировать процесс образования островов на первоначальном этапе, но не являлся ведущим фактором. Это доказывает и отсутствие плавучих островов на других подпруженных озерах Южного Урала и Зауралья.

Выявлено, что за период 1972–2021 годы основная часть материала для образования островов поступила в озеро в два этапа, в 1978 и 1990 годах, когда в результате экстремального по объемам притока весенних паводковых вод от единого массива сплавины была отторжена значительная часть. Исключением из этого естественного процесса стала ситуация, сложившаяся ввиду аномального летнего паводка 2013 г., приведшего в итоге к разрушению и выносу части островов, и, вероятно, к частичной дезинтеграции прибрежной сплавины. Начиная с 2014 года отмечается устойчивая тенденция сокращения количества островов (в первую очередь крупных) и их площади; это может быть связано с ухудшением условий для образования новых островов, возможно из-за наступления периода относительной маловодности озера. Сокращение площади и количества уже имеющихся островов связано с их постоянным дрейфом и многочисленными столкновениями с другими островами или со сплавинами в течение безледного периода. Отдельные крупные острова фиксировались на протяжении всего 30-летнего периода, их площадь сокращалась и они начинали приобретать более округлые контуры в плане. Преобладающими направлениями дрейфа являлись вдольбереговые групповые и одиночные перемещения, основной движущей силой являются ветер (с учетом парусности островов) и обусловленные им краткосрочные локальные течения, в весенний период – приток водного потока р. Янгелька.

Прямые и косвенные признаки показывают, что все без исключения заросли прибрежной растительности являются или были ранее сплавинами, таким образом, несмотря на наблюдающиеся тенденции у озера сохраняется потенциал восстановления численности плавучих островов в более благоприятные периоды. Наиболее динамически активными на современном этапе оказались сплавины в районе впадения наиболее крупного водотока (р. Янгелька).

Озера юга Западной Сибири с плавучими островами имеют иную природу происхождения последних, существенно отличаются от оз. Чебаркуль морфометрическими параметрами и условиями питания. Образование плавучих островов отражает здесь наступление климатически обусловленной фазы (или, как минимум серии лет) повышенной водности озер. Характер их пространственного распределения может быть свидетельством проявления широтной зональности в формировании плавучих островов с максимумом в лесостепной зоне.

Следует добавить, что отдельные районы распространения плавучих островов в различных частях мира охраняются в пределах природных резерватов как объекты повышенного биологического разнообразия и места с традиционной культурой природопользования. Так, к примеру в России, Большое и Малое Бабинские озера является одной из достопримечательностей Волгоградской области и входят в состав природного парка «Нижнехопёрский». Озеро Чебаркуль обладает достаточно высоким рекреационным потенциалом, особенно учитывая близость многих других туристических объектов и зон. Но существенно более значимым остается вопрос сохранения устойчивости экосистемы озера, представляющей несомненный научный интерес. Вполне возможно, что в условиях даже временной изоляции от внешних прямых воздействий на островах формируется особый вид экотопов, а сами острова играют важную роль в формировании экосистемы озера. Также преждевременно утверждать, что острова и сплавины являются признаком зарастания озера и рассматривать их в качестве ресурса для производства удобрений. Таким образом озеро Чебаркуль представляет несомненный интерес в качестве объекта географических, гидрологических и эколого-биологических исследований. Феномен плавучих островов неминуемо находит отражение в различных легендах, исторических источниках и в современных популярных публикациях.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Статья подготовлена в рамках выполнения государственной темы ИС УрО РАН № АААА–А21–121011190016–1 «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем». Опубликовано при поддержке гранта РГО «Международная конференция «Трансграничные геоэкологические проблемы и вопросы природопользования в бассейне рек Внутренней Евразии в связи с изменением климата».

ACKNOWLEDGMENT

The article was prepared in the course of the implementation of the state theme of the Institute of Steppe, Ural Branch, Russian Academy of Sciences No. AAAA–A21–121011190016–1 «Problems of steppe environmental management in the face of modern challenges: optimisation of the interaction of natural and socio-economic systems». Published with the support of a grant from the Russian Geographical Society «International Conference «Transboundary Geoecological Problems and Issues of Nature Management in the Inner Eurasia River Basin in Connection with Climate Change».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А. Изменения водного режима рек бассейна реки Урал // Доклады академии наук. Науки о Земле. 2019. Т. 488. N 5. С. 545–549. DOI: 10.31857/S0869-56524885545-549

2. Гареев А.М. Реки и озера Башкортостана. Уфа: Китап. 2001. 260 с.

3. van Duzer C. Floating Islands: A Global Bibliography. With an Edition and Translation of G.C. Munz's Exercitatio academica de insulis natantibus (1711). Los Altos Hills, California: Cantor Press. 2004. 404 p.

4. Azza N., Denny P., van de Koppel J., Kansiime F. Floating mats: their occurrence and influence on shoreline distribution of emergent vegetation // Freshwater Biology. 2006. V. 51. Iss.7. P. 1286–1297. DOI: 10.1111/j.1365-2427.2006.01565.x

5. Sasser C.E., Visser J.M., Evers D.E., Gosselink J.G. The role of environmental variables on inter-annual variation of species composition and biomass in a subtropical minerotrophic floating marsh // Can J Bot. 1995. V. 73(3). P. 413–424. DOI: 10.1139/b95-042
6. Sasser C.E., Gosselink J.G., Swenson E.M., Swarzenski C.M., Leibowitz N.C. Vegetation, substrate and hydrology in floating marshes in the Mississipi river delta plain wetlands, USA // Vegetatio. 1996. V. 122(2). P. 129–142. DOI: 10.1007/BF00044695
7. John C.M., Sylas V.P., Paul J., Unni K.S. Floating islands in a tropical wetland of peninsular India // Wetlands Ecol Manage. 2009. V. 17. P. 641–653. DOI: 10.1007/s11273-009-9140-z
8. Sudd wetland / UNESCO. URL: https://whc.unesco.org/en/tentativelists/6276/ (дата обращения: 15.07.2022)
9. Бирюков И. Н., Марков В. Д., Ростокин Э. Н., Тарунина Е. Ф. Всплывание торфа в водохранилищах // Биол. науки. 1976. N 3. С. 94–98.
10. Карпенко Л.В. Прогноз экологически опасных явлений при затоплении болот Богучанским водохранилищем // География и природные ресурсы. 2009. N 2. С. 33–37.
11. Корвет Н.Г., Спиридонов М.А., Рябчук Д.В., Сергеев А.Ю., Дронь О.В., Сухачева Л.Л. Исследования Нарвского водохранилища с целью изучения образования торфяных островов // Грунтоведение. 2015. N 1(6). С. 36–43.
12. Рябоконь Ю.И., Корпачев В.П., Пережилин А.И., Андрияс А.А., Сладикова С.М. Проблема торфяного загрязнения водохранилищ ГЭС Сибири // Хвойные бореальной зоны. 2015. Т. 33. N 1–2. С. 69–72.
13. Хайрисова А.М. Режим плавучих островов озера Чебаркуль Республики Башкортостан // Геосфера. Сборник научных статей студентов, магистрантов и аспирантов географического факультета БашГУ. Отв. ред. А.М. Фархутдинов. 2018. Вып. 11. С. 270–271.
14. Гарипов Т.Т., Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р., Сидорова Л.В., Назырова Ф.И. Оптимизация условий компостирования сплавины для получения органо-минерального удобрения // Известия Самар. науч. центра РАН. 2013. Т. 15. N 3 (4). С. 1250–1253.
15. Габбасова И.М., Гарипов Т.Т., Галимзянова Н.Ф., Сулейманов Р.Р., Комиссаров М.А., Сидорова Л.В., Гималетдинова Г.А. Использование удобрения на основе сплавины для повышения плодородия эродированного чернозема типичного // Агрохимия. 2014. N 6. С. 35–42.
16. Немцев В.В., Кузнецов А.В. Серебристая чайка Larus argentatus на Рыбинском водохранилище // Русский орнитологический журнал. 2021. Т. 30. N 2091. С. 3241–3242.
17. Masters B. The ability of vegetated floating Islands to improve water quality in natural and constructed wetlands: a review // Water Practice and Technology. 2012. V. 7. Iss.1. wpt2012022. DOI: 10.2166/wpt.2012.022
18. Rai D.N., Munshi J.D. The influence of thick floating vegetation (Water Hyacinth: Eichhornia crassipes) on the physico-chemical environment of a fresh water wetland // Hydrobiologia. 1979. V. 62. Iss. 1. P. 65–69.
19. На озере Чебаркуль ведутся работы по ремонту плотины / Министерство сельского хозяйства РФ. URL: http://old.mcx.ru/news/news/show/18596.htm (дата обращения: 10.08.2022)
20. Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М. Современные тенденции внутригодового распределения речного стока в бассейне р. Урал // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». 2020. Т. 33. С. 112–123. DOI: 10.26516/2073-3402.2020.33.112
21. de Freitas C.T., Shepard G.H., Piedade M.T.F. The Floating Forest: Traditional Knowledge and Use of Matupá Vegetation Islands by Riverine Peoples of the Central Amazon // PLoS ONE. 2015. Iss. 10(4). Article number: e0122542. DOI: 10.1371/journal.pone.0122542
22. Письма Плиния Младшего / Перевод М.Е. Сергеенко, А.И.Доватура и В.С.Соколова. М.-Л.; Академия наук СССР, 1950. 577 с.
23. Volkova E.M. The Way of Floating Peat Formation in Karst Depressions of European Russia // The Open Geography Journal. 2010. V. 3. P. 67–72. DOI: 10.2174/1874923201003010067

REFERENCES

1. Sivohip Zh.T., Pavleychik V.M., Chibilev A.A. Changes in the water regime of the rivers of the Ural River basin. *Reports of the Academy of Sciences. Earth sciences*, 2019, vol. 488, no. 5, pp. 545–549. (In Russian) DOI: 10.31857/S0869-56524885545-549
2. Gareev A.M. *Reki i ozera Bashkortostana* [Rivers and lakes of Bashkortostan]. Ufa, Kitap Publ., 2001, 260 p. (In Russian)
3. van Duzer C. *Floating Islands: A Global Bibliography. With an Edition and Translation of G.C. Munz's Exercitatio academica de insulis natantibus (1711)*. Los Altos Hills, California: Cantor Press. 2004. 404 p.
4. Azza N., Denny P., van de Koppel J., Kansiime F. Floating mats: their occurrence and influence on shoreline distribution of emergent vegetation. *Freshwater Biology*, 2006, vol. 51, iss. 7, pp. 1286–1297. DOI: 10.1111/j.1365-2427.2006.01565.x
5. Sasser C.E., Visser J.M., Evers D.E., Gosselink J.G. The role of environmental variables on inter-annual variation of species composition and biomass in a subtropical minerotrophic floating marsh. *Canadian Journal of Botany*, 1995, vol. 73(3), pp. 413–424. DOI: 10.1139/b95-042
6. Sasser C.E., Gosselink J.G., Swenson E.M., Swarzenski C.M., Leibowitz N.C. Vegetation, substrate and hydrology in floating marshes in the Mississipi river delta plain wetlands, USA. *Vegetatio*, 1996, vol. 122(2), pp. 129–142. DOI: 10.1007/BF00044695
7. John C.M., Sylas V.P., Paul J., Unni K.S. Floating islands in a tropical wetland of peninsular India. *Wetlands Ecol Manage*, 2009, vol. 17, pp. 641–653. DOI: 10.1007/s11273-009-9140-z
8. *Sudd wetland* / UNESCO. https://whc.unesco.org/en/tentativelists/6276/ (accessed: 15.07.2022)
9. Biryukov I.N., Markov V.D., Rostokin E.N., Tarunina E.F. Surfacing of peat in reservoirs. Biologicheskie nauki [Biological science]. 1976, no. 3, pp. 94–98. (In Russian)
10. Karpenko L.V. Forecast of environmentally hazardous phenomena in the flooding of Boguchansky marshes reservoir. Geografiya i prirodnyye resursy [Geography and natural resources]. 2009, no. 2, pp. 33–37. (In Russian)
11. Korvet N.G., Spiridonov M.A., Ryabchuk D.V., Sergeev A.Yu., Dron O.V., Sukhacheva L.L. Studies of the Narva reservoir in order to study the formation of peat islands. Gruntovedeniye [Soil science]. 2015, no. 1(6). pp. 36–43. (In Russian)
12. Ryabokon Yu.I., Korpachev V.P., Perezhilin A.I., Andrias A.A., Sladikova S.M. The problem of peat pollution of reservoirs of HPP Siberia. Khvoynyye boreal'noy zony [Coniferous boreal zones]. 2015, vol. 33, no. 1–2, pp. 69–72. (In Russian)
13. Khairisova A.M. Regime of floating islands of Lake Chebarkul of the Republic of Bashkortostan. Geosfera. Sbornik nauchnykh statatey studentov, magistrantov i aspirantov geograficheskogo fakul'teta Bashkirskogo gosudarstvennogo universiteta [Geosfera. Collection of scientific articles of students, undergraduates and graduate students of the Faculty of Geography of Bashkir State University]. 2018, iss. 11, pp. 270–271. (In Russian)
14. Garipov T.T., Gabbasova I.M., Suleymanov R.R., Sidorova L.V., Nazyrova F.I. Optimization of the conditions of

composting of the alloy for obtaining organic-mineral fertilizer. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN [Proceedings Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2013, vol. 15, no. 3 (4), pp. 1250–1253. (In Russian)
15. Gabbasova I.M., Garipov T.T., Galimzyanova N.F., Suleymanov R.R., Komissarov M.A., Sidorova L.V., Himaletdinova G.A. The use of fertilizers based on alloys to increase the fertility of eroded chernozem typical. Agrokhimiya [Agrochemistry]. 2014, no. 6, pp. 35–42. (In Russian)
16. Nemtsev V.V., Kuznetsov A.V. Silver gull Larus argentatus on the Rybinsk reservoir. Russkiy ornitologicheskiy zhurnal [Russian Ornithological journal]. 2021, vol. 30, no. 2091, pp. 3241–3242. (In Russian)
17. Masters B. The ability of vegetated floating Islands to improve water quality in natural and constructed wetlands: a review. *Water Practice and Technology*, 2012, vol. 7, iss. 1, article number: wpt2012022. DOI: 10.2166/wpt.2012.022
18. Rai D.N., Munshi J.D. The influence of thick floating vegetation (Water Hyacinth: Eichhornia crassipes) on the physico-chemical environment of a fresh water wetland. Hydrobiologia. 1979, vol. 62, iss. 1, pp. 65–69.
19. On Lake Chebarkul, work is underway to repair the dam / Ministry of Agriculture of the Russian Federation. (In Russian) http://old.mcx.ru/news/news/show/18596.htm (accessed: 08.10.2022)
20. Sivohip Zh.T., Pavleychik V.M. Modern trends in the intra-annual distribution of river runoff in the Ural River basin. *Proceedings Irkutsk State University. Earth Sciences series*, 2020, vol. 33, pp. 112–123. (In Russian) DOI: 10.26516/2073-3402.2020.33.112
21. de Freitas C.T., Shepard G.H., Piedade M.T.F. The Floating Forest: Traditional Knowledge and Use of Matupá Vegetation Islands by Riverine Peoples of the Central Amazon. *PLoS ONE*, 2015, vol. 10, iss. 4, article number: e0122542. DOI: 10.1371/journal.pone.0122542
22. *Pis'ma Pliniya Mladshego* [Letters of Pliny the Younger]. Translated by M.E. Sergeenko, A.I.Dovatura and V.S.Sokolov. Moscow-Leningrad, Academy of Sciences of the USSR Publ., 1950, 577 p. (In Russian)
23. Volkova E.M. The Way of Floating Peat Formation in Karst Depressions of European Russia. *The Open Geography Journal*, 2010, vol. 3, pp. 67–72. DOI: 10.2174/1874923201003010067

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Владимир М. Павлейчик и Жанна Т. Сивохип собрали фактический материал, проанализировали данные, написали рукопись. Оба автора в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Vladimir M. Pavleichik and Zhanna T. Sivohip collected factual material, analysed the data and wrote the manuscript. Both authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Владимир М. Павлейчик / Vladimir M. Pavleichik https://orcid.org/0000-0002-2846-0442
Жанна Т. Сивохип / Zhanna T. Sivohip https://orcid.org/0000-0001-5704-0554