УДК 551.435.368:551.583.13

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОМЕТРИИ КОТЛОВИНЫ В РАЗНЫЕ ФАЗЫ ВОДНОСТИ НА ПРОЦЕССЫ В ЛИТОРАЛИ ОЗЕРА АРАХЛЕЙ**Куклин А.П.***Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, e-mail: kap0@mail.ru*

Проведены исследования морфометрического строения песчаной литорали озера Арахлей. Колебания уровня воды приводят к смещению кромки уреза, тем самым изменяется морфометрия литорали. Целью исследований было оценить влияние изменений в морфометрическом строении котловины в разные фазы водности на процессы, происходящие в литорали озера Арахлей. В озере Арахлей в разные периоды водности выделены абразионно-аккумулятивная (у с. Преображенка) и аккумулятивная литораль (в районе устья р. Грязнуха). Построенные в маловодную фазу цикла (2017 г.) наземный и подводный профили позволили реконструировать профиль литорали многоводной фазы 2000 г. При сравнении профилей в разные фазы водности установлено возрастание площади мелководий в маловодную фазу. Рост площади мелководий в условиях континентального климата приводит к большему прогреванию воды в летний период и ее более интенсивному охлаждению в осенний, что обуславливает более ранние сроки начала ледовых явлений. Для обоих участков в маловодную фазу отмечено увеличение площади литорали покрываемой льдом к концу зимы. Это сказывается на распределении круглогодично вегетирующей водной растительности. Проведенное исследование позволяет оценить влияние изменения уровня воды как на отдельные группы организмов (например, водную растительность), так и на экосистему водоема в целом.

Ключевые слова: литораль, озеро Арахлей, климатические изменения, экосистема, маловодная фаза, многоводная фаза

INFLUENCE OF CHANGES IN BASIN MORPHOMETRY ON PROCESSES IN LAKE ARAKHLEY LITTORAL AREA DURING DIFFERENT WATER LEVEL PHASES**Kuklin A.P.***Institute of natural resources, ecology and cryology Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, e-mail: kap0@mail.ru*

Arakhley sand littoral area morphometric structure was studied. Water level fluctuations result in displacement of water line edge; the littoral area morphometry also changes. The purpose of the study was to consider influence of Arakhley basin morphometric structure changes during different water level phases on processes in the littoral area. The abrasion-accumulative littoral area near the Preobrazhenka and accumulative littoral area near the Gryaznukha Brook estuary were selected. Surface and underwater profiles constructed for the period the low-water phase (in 2017) allowed to reconstruct the littoral area profile of water-abundant phase for 2000. Comparing different water phases we determined that shallow water areas increased in the low-water phase. Under the continental climate conditions this results in intensive warming-up of water in summer and additional intensive cooling in autumn, causing earlier ice phenomena development. During the low-water phase at both sites show increased littoral area ice coverage. This influences the perennial aquatic vegetation distribution. The study allows to estimate the influence of changes in water level both on separate groups of organisms (such as aquatic vegetation) and on the water ecosystem in general.

Keywords: littoral, Arakhley Lake, climatic changes, ecosystem, low-water phase, water-abundant phase

Начиная с 1960-х гг. на оз. Арахлей проводятся мониторинговые гидробиологические исследования, результаты которых опубликованы в статьях, монографиях и научных сборниках [1, 2]. В гидробиологических исследованиях основное внимание уделяется населяющим водоем организмам, меньше строению котловин водоемов. Котловина водоема рассматривается как константа, изменяющаяся во времени намного медленнее, чем характеристики, например, воды, и поэтому не способная влиять на состав и распределение гидробионтов. Однако колебания уровня воды приводят к смещению кромки уреза, тем самым изменяется морфометрия литорали. Поэтому литораль как часть озерной котловины, находящаяся в условиях переменного затопления, является прибрежно-водным экотопом и пред-

ставляет особый объект изучения [3]. Колебания уровня воды в условиях отсутствия зарегулирования, обусловлены изменением величины увлажнения территории [4]. Наибольшая амплитуда колебаний уровня воды характерна для содово-соленых водоемов юга Забайкальского края (до 7 м), для Ивано-Арахлейских озер таежной зоны амплитуда колебаний уровня достигает 3 м.

Основную роль в преобразовании литорали играет динамика водной массы (волны, течения, колебания уровня). Процесс преобразования (переработки) литорали водой направлен на перераспределение вновь образованных рыхлых пород по принципу: разрушение – перенос – отложение – накопление – трансформация. Образованный при этом материал переносится (смещается) и аккумулируется как на дне на месте

разрушения, так и вглубь озера, дифференцируясь по величине и глубине водоема. Перенос рыхлого материала сочетается с его отложением (аккумуляцией) в определенных участках прибрежной зоны [5].

Целью исследований было оценить влияние изменений в морфометрическом строении котловины в разные фазы водности на процессы, происходящие в литорали озера Арахлей.

Материалы и методы исследования

Для изучения строения литорали оз. Арахлей у с. Преображенка в 2017 г. и у р. Грязнуха в 2018 г. было проведено нивелирование берега от уреза воды до последнего заметного берегового вала. Подводная часть литорали была изучена с использованием эхолота марки HDS 5 Gen 2 (High Definition System – система высокого разрешения) с лучом 50/200kHz (35°). На малых глубинах литорали ширина полосы, с которой данные обобщаются в линию дна, мала, что позволяет использовать эхолот для картирования рельефа. Обработка полученных данных осуществлялась в программах Surfer 13, DrDept 4.4., Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Озеро Арахлей – самое большое озеро Ивано-Арахлейской системы озёр на юге Витимского плоскогорья в Забайкальском крае, находится на высоте 965,1 м над уровнем моря. Котловина оз. Арахлей располагается на аккумулятивной озерной равнине современного возраста [6]. Площадь водной поверхности составляет 58,5 км², площадь водосбора – 256 км², объём воды – 0,610 км³. Наибольшая длина водоема составляет 10,9 км, наибольшая ширина – 6,8 км. Минерализация воды в озере колеблется от 100 до 200 мг/дм³.

Преобладающим процессом в литорали оз. Арахлей является аккумуляция. Однако в период многоводной фазы абразионные процессы отмечаются у сел Арахлей и Преображенка, а также на северо-западном берегу водоема (рис. 1). Преобладанию аккумулятивных процессов у юго-восточного побережья озера способствует вынос аллювиального материала реками Домка и Грязнуха. Волновой деятельностью аллювиальный материал распределяется вдоль берегов в северном и южном направлении. Преобладание северо-восточных ветров в период открытой воды создает у северного и северо-восточного берега круто склоновые берега, сложенные крупнозернистым песком. Поэтому в качестве участков для исследования были выбраны абразионно-аккумулятивная литораль у с. Преображенка и аккумулятивная литораль в районе устья р. Грязнуха, как наиболее характерные для литорали озера.

Морфометрические особенности литорали оз. Арахлей у с. Преображенка

На рис. 2 представлена реконструкция профиля литорали 2000 г. Протяженность литорали в 2000 г. составляла 380–400 м. Она состояла из 20 м затопляемого прибрежья, 290–300 м береговой мели и 90–110 м подводного откоса. Наибольшие уклоны дна были характерны для затопляемого прибрежья (7,5‰) и подводного откоса (2‰). Уклон береговой мели составляет 0,89‰. В 2017 г. протяженность литорали сохранилась прежней (около 400 м), уменьшилась до 250 м за счет осушения протяженность береговой мели и возросла до 150 м протяженность подводного откоса (рис. 2). Произошло смещение литорали к центральной части на 50 м.

В маловодный 2017 г. выше уреза воды на участке осушенной литорали 2000 г. в отмечены мелкие водоемы. Первая группа водоемов располагалась узкой полосой (1,0–1,5 м) в весенний и раннелетний период водоемы на участке перехода омываемого прибрежья в береговую мель. Источником питания водоемов служили талые воды, а также разгрузка грунтовых вод напротив ложбин стока с берегового склона. Глубина водоемов не превышала 10 см (преимущественно 5 см). Вторая группа водоемов располагалась в зоне заплеска. Заплексовая зона – район побережья, расположенный непосредственно над самым высоким уровнем воды, подверженный увлажнению за счёт заплеска от разбивающихся о берег волн. Образование чаши заплесковых водоемов в литорали оз. Арахлей связано с отгораживанием береговым валом из песка и водной растительности части верхней литорали. Высота берегового вала в целом и определяет глубину заплесковых водоемов. Заплексовые водоемы сохраняют связь с материнским озером.

Анализ данных за 2000–2017 гг. по изменению морфометрии литорали у с. Преображенка позволяет выделить два периода в функционировании литорали. *Первый период* с 1999 по 2007 г., характерной чертой которого является абразия омываемого прибрежья. На урезе воды формируются береговые валы из растительных остатков и песка. Существенный уклон перпятствует формированию заплесковых водоемов. За рассматриваемый период понижение уровня воды на 150 см привело к отступлению уреза на расстояние 20 м. Для *второго периода* (с 2008 по настоящее время) характерен размыв береговой мели и формирование заплесковых водоемов выше линии берегового вала. За этот период понижения уровня воды на 50 см привело к отступлению уреза на расстояние 40 м.

Рис. 1. Расположение мест исследования литорали в оз. Арахлей. Вертикальной штриховкой обозначены участки абразионного берега

Рис. 2. Реконструированный профиль литорали в 2000 г.: 1 – у с. Преображенка; 2 – у р. Грязнуха

Морфометрические особенности литорали оз. Арахлей у р. Грязнуха

Реконструкция литорали 2000 г. у р. Грязнуха позволила определить ее протяженность, которая составила 1200 м, включала 30 м затопляемого побережья, 850 м береговой мели и 350 м подводного откоса. Наибольшие уклоны дна были характерны для затопляемого побережья (5‰) и подводного откоса (0,51‰). Уклон береговой мели составляет 0,46‰. В 2017 г. протяженность литорали сократилась до 1000 м (600 м береговой мели и 400 м подводного откоса) (рис. 2).

За период с 2000 по 2017 г. для профиля у р. Грязнуха в отличие от профиля у с. Преображенка значительных изменений не произошло. Только в 1996–1999 гг., когда фиксировался максимальный уровень, отмечался размыв омываемого побережья. Вследствие малого уклона в приустьевой полосе не формируются заплесковые водоемы. Выбрасываемая на берег водная растительность распределяется по осушаемой площади относительно равномерно. Также отсутствие береговых валов связано с присутствием большего количества крупных фракций грунта (крупнозернистого песка и гальки) и малой энергии приходящих волн.

Выяснилось, что изменения, происходящие в зоне литорали в разные фазы водности касаются не только периода открытой воды, но и периода ледостава. Так при сравнительно одинаковой толщине льда в зимний период (максимально 150–170 см) в многоводную и маловодную фазу водности протяженность участка литорали, подверженной воздействию ледового покрова, различается в разы. Так у с. Преображенка в 1999–2000 гг. она составляла 50–60 м. В зиму 2016–2017 гг. протяженность составила 150 м (рис. 3). В районе р. Грязнуха протяженность литорали, занятой ледовым покровом к концу зимнего периода вследствие меньшего уклона дна в маловодную фазу водности составляет 350–400 м. Таким образом, ледовый покров при максимальной за холодный период мощности занимал у с. Преображенка большую, а у р. Грязнуха значительную часть береговой мели. В то же время в многоводный период 1999–2000 гг. практически вся береговая мель была обводнена весь зимний период, что способствовало в том числе и подледной вегетации растений.

Изменение морфометрии котловины озера за последние 20 лет (рост площади мелководий) меняет термические харак-

теристики литоральных вод. По данным В.А. Обязова [4, с. 49] «наряду с повышением температуры воды летнего периода, увеличения количества дней с температурой воды выше 10 °С, уменьшения продолжительности периода с ледовыми явлениями, уменьшения толщины льда, выявлены факты более раннего перехода температуры воды через 4 °С и уменьшения количества дней с температурой выше нее, более раннее начало ледовых явлений и общее увеличение продолжительности ледостава». Лежащий на мелководье лед дольше тает, прогрев мелководий летом приводит к повышению температуры воды летнего периода, более интенсивное остывание воды на мелководьях осенью обуславливает более раннее начало ледовых явлений, раннее замерзание удлинняет продолжительность ледостава.

Выводы

Колебания уровня воды приводят к смещению кромки уреза, тем самым изменяется морфометрия литорали. Изменение морфометрии котловины оказывает влияние на процессы в литорали оз. Арахлей.

Аккумуляция является преобладающим процессом в литорали оз. Арахлей во все фазы водности. Однако в период многоводной фазы абразионные процессы отмечаются у с. Арахлей и Преображенка, а также на северо-западном берегу водоема. В результате размыва обнажаются галька и валуны, создаются условия для их заселения водными организмами.

В результате отступления кромки уреза воды на осушенной части появляются временные мелкие водоемы. Заплесковые водоемы появляются на участках с мелким песком и уклоном береговой мели в пределах 0,8‰. При меньшем уклоне дна не образуются береговые валы.

Выяснилось, что изменения, происходящие в зоне литорали в разные фазы водности касаются не только периода открытой воды, но и периода ледостава. В маловодную фазу водности ледовый покров при максимальной за холодный период мощности занимал у с. Преображенка большую, а у р. Грязнуха значительную часть береговой мели. В то же время в многоводную фазу водности 1999–2000 гг. практически вся береговая мель была обводнена весь зимний период, что способствовало подледной вегетации растений.

Рост площади мелководий за последние 20 лет изменяет термические характеристики литоральных вод. Отмечается как повы-

шение температуры воды летнего периода, так и более интенсивное остывание воды на мелководьях осенью, что обуславливает

раннее начало ледовых явлений, раннее замерзание удлиняет продолжительность ледостава.

а)

б)

Рис. 3. Положение ледового покрова при разном уровне оз. Арахлей:
а) с. Преображенка; б) у р. Грязнуха, 1 – камень; 2 – песок; 3 – ил

Работа выполнена в рамках проекта IX.137.1.3. Автор выражает благодарность с.н.с., к.б.н. Г.Ц. Цыбекмитовой и Ф.А. Куклину за помощь в проведении исследования.

Список литературы

1. Ивано-Арахлейские озера на рубеже веков (состояние и динамика). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 337 с.
2. Базарова Б.Б., Итигилова М.Ц. Многолетняя динамика продуктивности водной растительности озера Арахлей (Восточное Забайкалье) // Известия РАН. Серия биология. 2006. № 1. С. 81–85.
3. Литоральная зона Ладожского озера. СПб.: Нестор-История. 2011. 416 с.
4. Обязов В.А. Динамика климатических и гидрологических параметров. Ивано-Арахлейские озера на рубеже веков (состояние и динамика). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. С. 42–51.
5. Морфология озерных котловин [Электронный ресурс]. URL: <http://ozera.info/lakes/about/science/limnology/morphology-of-lake-basins>. (дата обращения: 20.10.2018).
6. Юргенсон Г.А. Геологическое строение и история геологического развития. Ивано-Арахлейские озера на рубеже веков (состояние и динамика). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. С. 12–34.