Acta Biologica Sibirica
Vol 5 No 4 (2019): Acta Biologica Sibirica, 66-72
Articles

Fruits polymorphism of European water chestnut populations in the Altai Krai

I.S. Chupina Altai State University
M.M. Silantyeva Altai State University

The article considers the results of morphometric analysis of *Trapa natans* fruits from different populations in Altai Krai. It estimates the level of the fruits polymorphism within and among the populations. The hydrological features of water bodies as water caltrop habitats are assessed.

Fruits polymorphism of European water chestnut populations

in the Altai Krai

I. S. Chupina, M. M. Silantyeva

Altai State University

Lenin St. 61, Barnaul, 656049, Russia

E-mail: irachupina@mail.ru*; msilan@mail.ru

Key words: *Trapa natans*, water caltrop, polymorphism, morphology, Altai Krai.

Ключевые слова: *Trapa natans*, чилим, рогульник, водяной орех, полиморфизм, морфология, Алтайский край

Введение

Trapa natans Linnaeus s. l.*, 1753.* – однолетнее водное растение, которое имеет широкий, но прерывистый ареал в Азии, Африке и умеренной части Европы, и в последнее время натурализуется в Северной Америке и Австралии (Phartyal et al. 2018). В России *T. natans* известен как водяной орех плавающий, рогульник, чилим или чертов орех. Это реликтовый тропогенно-бореальный вид с дизъюнктивным, неуклонно сокращающимся ареалом, а также типичный представитель остатков флоры четвертичного периода.

До настоящего времени систематика рода *Trapa* остаётся проблемной. Для диагностики видов рода используются следующие признаки: форма листовой пластинки, цвет венчика, форма и размеры плода. До сих пор нет единого мнения о таксономическом положении *T. natans* и рода *Trapa* в целом. Трудности в разграничении видов в этом роде могут быть связаны, по мнению Н.Н. Цвелёва (1993), с гибридизацией, причем отдельные водоемы могут быть заселены только гибридами. Из-за различий в форме и размерах отдельных частей плода авторы выделяют от 1 до 42 видов для рода *Trapa*. Проблемы систематического положения освещены в работах Флерова (1925), Васильева (1949; 1960), Цвелёва (1993). Работ, касающихся проблемы полиморфизма плодов водяного ореха, за последние годы немного. Из последних работ российских авторов отметим публикации Берестенко, Кислова (2013), Арбузова, Горбунова, Чепинога (2019). Зарубежные авторы также уделяют внимание этому вопросу, например, Дідух (2013) и Dodd и др. (2019). В этих работах авторы приводят результаты морфометрического анализа плодов, дают оценку точности определении видов.

Для территории Алтайского края *Trapa natans* L. многими исследователями (Vlasova 1996; Durnikin 2003; Silantyeva 2013) признан единственным видом этого рода, хотя плоды разных популяций очень различны между собой по морфометрическим показателям плода. Цвелёвым (1993) отмечено, что на развитие плодов водяного ореха прямое воздействие оказывают условия его произрастания. Поэтому, в нашем исследовании уделено особое внимание учету гидрологических особенностей водоемов, с которых производился сбор растений. Целью работы являлось уточнение размаха полиморфизма плодов водяного ореха с разных водоёмов Алтайского края.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в июле-августе 2018-2019 г. на территории Змеиногорского, Бийского, Целинного, Кытмановского, Заринского, Косихинского, Тальменского, Усть-Пристанского районов Алтайского края. Было изучено девять местообитаний водяного ореха (Табл. 1).

Название	Местоположение	Особенности
Озеро Колыванское	Змеиногорский район, вблизи с. Саввушка.	Проточное, пресное; глубина до 3 м. Берега низкие, заросшие кустарниками. Дно илистое.
Озеро Белое	Целинный район на окраине с. Победа	Вытянутое, прозрачное, пресное, глубина до 50 см, по типу происхождения – старичное.
Озеро Канонерское	Пос. Усть-Катунь, 12 км от г. Бийска	Вытянуто в форме излучины, прозрачное, пресное, глубина до 3 м. Образовано в результате смены русла р. Катунь.
Река Курья	Усть-Пристанский район, с. Клепиково	Течение медленное, вода прозрачная, дно песчаное. Глубина до 13 м, ширина до 160 м, протяженность около 18 км.
Озеро Грошово	Кытмановский район, 7 км юго-западнее с. Усть-Бороуйск	Пресное, прозрачное, дно заилено. берега пологие, на всем протяжении сильно заросшие осокой.
Озеро Гришатское	Тальменский район, окр. с. Зайцево	Пресное, мелкое, заболоченное, дно с большим слоем ила. Берега пологие, заросшие осокой и рогозом. Вода мутная, с темно-зеленым и коричневым оттенком.
Озеро Сугатовское	Тальменский район, окр. с. Зайцево	Пресное, мелкое, прозрачное, вода с коричневым оттенком. Пологие берега покрывают заросли осоки.
Озеро Красное	Косихинский район, с. Лосиха	Пресное, прозрачное, неглубокое, дно илистое.
Озеро Овечье	Косихинский район, с. Лосиха	Пресное, прозрачное, неглубокое, предположительно суффозионного происхождения.

Table 1. ***Таблица1.*** *Характеристика изучаемых водоёмов.*

В ходе полевых работ было собрано 460 полностью созревших плодов, с которых, в дальнейшем, снимались морфометрические показатели. Перечень морфометрических параметров плода *Trapa natans* был взят с учетом работы Берестенко и Кислова (2013) (табл. 2).

№	Сокращение	Признак
1	flen	Длина по верхним рогам
2	fhgt	Высота плода

3	bthk	Толщина тела плода
4	bwid	Ширина тела плода
5	ble1	Наибольшая длина тела плода
6	ble2	Наименьшая длина тела плода
7	clen	Длина коронки
8	cwid	Ширина коронки
9	dcro	Диаметр коронки
10	nhgt	Высота шейки
11	nthk	Толщина шейки
12	uhl1	Наибольшая длина верхних рогов
13	uhl2	Наименьшая длина верхних рогов
14	uhh1	Наибольшая высота верхних рогов
15	uhh2	Наименьшая высота верхних рогов
16	uhw1	Наибольшая ширина верхних рогов
17	uhw2	Наименьшая ширина верхних рогов
18	lhl1	Наибольшая длина нижних рогов
19	lhl2	Наименьшая длина нижних рогов
20	lhh1	Наибольшая высота нижних рогов
21	lhh2	Наименьшая высота нижних рогов
22	lhw1	Наибольшая ширина нижних рогов
23	lhw2	Наименьшая ширина нижних рогов
24	lhb	Расстояние между нижними рогами
25	dis1	Наибольшее расстояние от основания плода до основания нижних рогов
26	dis2	Наименьшее расстояние от основания плода до основания нижних рогов

Table 2. ***Таблица 2.*** *Условные обозначения морфометрических параметров плодов (Берестенко, Кислов, 2013)*

Из этой же работы взята схема измерений морфометрических параметров для плода *T. natans* (Рис. 1).

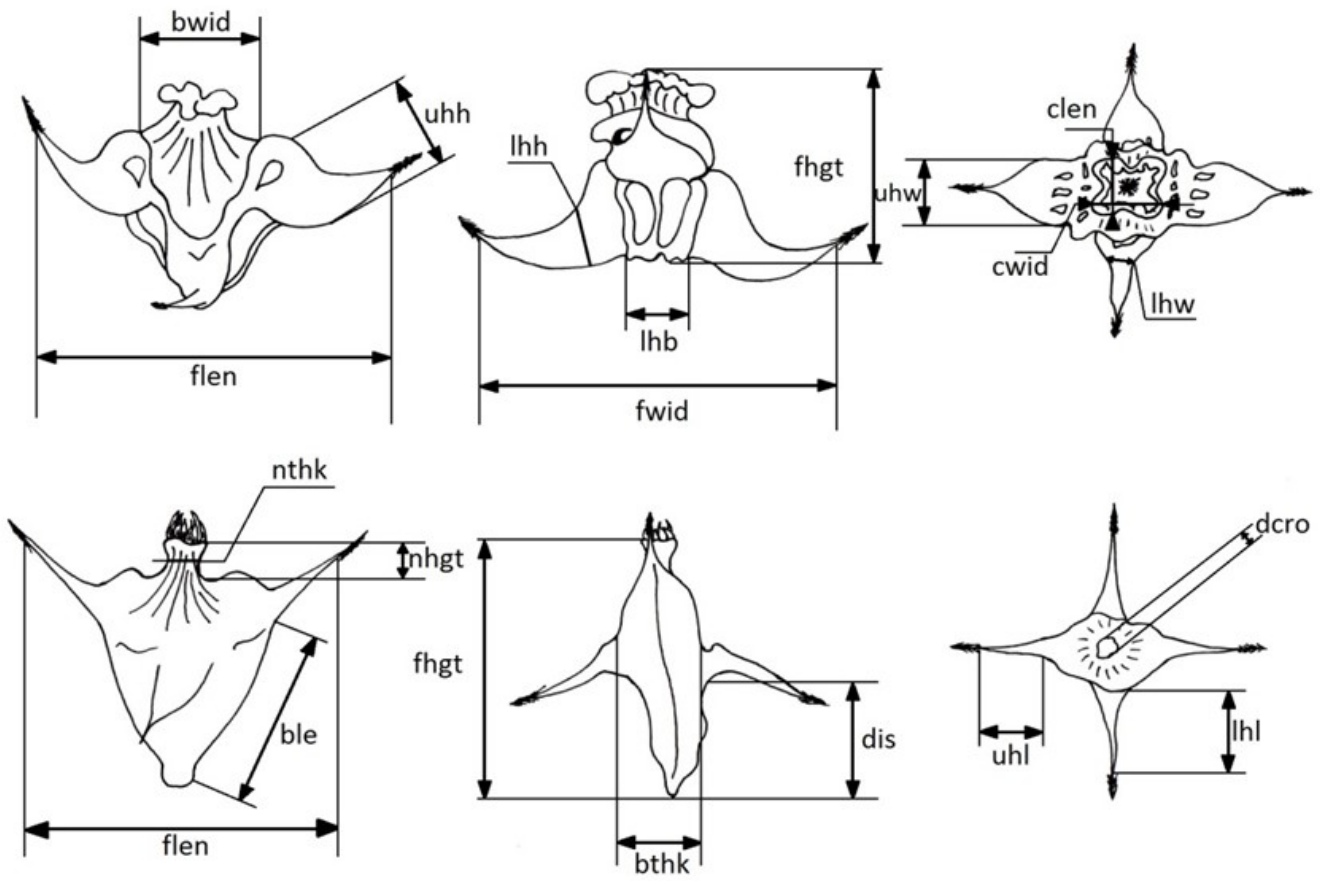

Figure 1. *Схема измерений морфометрических параметров плодов (Берестенко, Кислова, 2013)*

Измерения производились с помощью штангенциркуля «Вихрь ШЦ-150» с ценой деления 0,02 мм. Все данные заносились в таблицу для дальнейшей статистической обработки.

Статистическая обработка данных проводилась при помощи пакета программы StatSoft STATISTICA 10.0.1011.0. Полученные данные были статистически обработаны методами главных компонент (МГК) и факторного анализа. Помимо этого, проведена дескриптивная статистическая обработка морфометрических показателей, по которой построены диаграммы размахов для каждого параметра.

Результаты и их обсуждение

Анализ всего массива морфометрических данных методом главных компонент показал их относительную однородность. В то же время отметим, что плоды *T. natans* популяции оз. Овечье (Косихинский р-н) сосредоточены рядом друг с другом, так как уровень полиморфизма внутри популяции минимален. Плоды оз. Красное (Косихинский р-н) также не имеют больших разбросов в значениях параметров. Несмотря на одинаковое географическое положение (оба озера расположены в окрестностях с. Лосиха), популяции этих озер обособлены друг от друга и значения морфометрических параметров их плодов не пересекаются (Рис. 2).

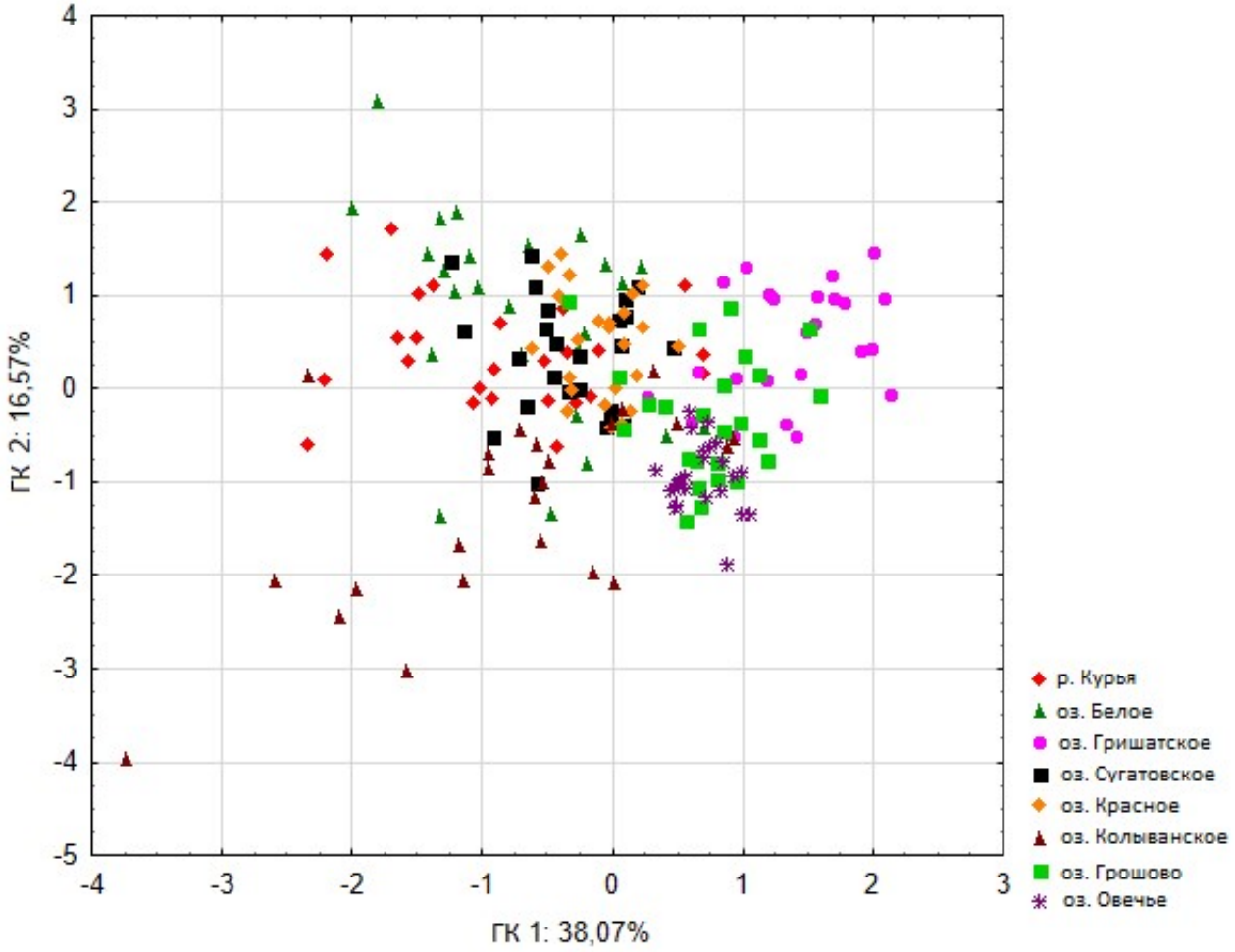

Figure 2. *Взаимное расположение объектов на осях 1 и 2 главных компонент*

Наибольшая разница в значениях морфометрических параметров наблюдается между плодами оз. Гришатское и оз. Колыванское. Они заметно обособлены друг от друга, что обусловлено размерами верхних рогов плода, а именно их высотой, толщиной и шириной. Некоторые плоды оз. Колыванское явно отличаются по морфологическим параметрам и не имеют аналогов в других популяциях.

Для уточнения морфологических характеристик *T. natans* и выявления полиморфизма вида на территории Алтайского края была проанализирована изменчивость всех признаков. С помощью одномерного статистического анализа были выявлены пределы изменчивости всех 26 анализируемых признаков и построены диаграммы.

Минимальную межпопуляционную и внутрипопуляционную изменчивость проявили такие признаки, как диаметр коронки (рис. 3А) и толщина тела плода (рис. 3В). Так, толщина тела плода варьирует от 8,1 до 14,1 мм, а диаметр коронки – от 1,5 до 5 мм. Показатели этих признаков практически одинаковы во всех популяциях и не несут в себе важную диагностическую информацию.

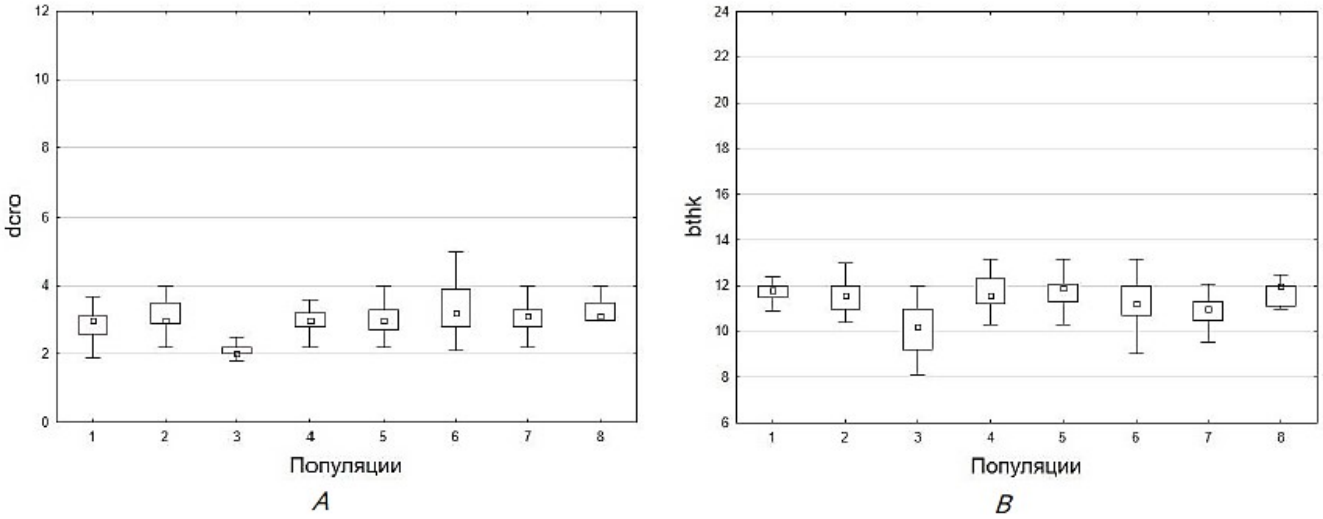

Figure 3. *Изменчивость диаметра коронки (A) и изменчивость толщины тела плода (B)* По оси абсцисс отложены номера популяций (1–8), по оси ординат – длина в мм. Номера популяций соответствуют водоемам: 1 – р. Курья, 2 – оз. Белое, 3 – Гришатское, 4 – оз. Сугатовское, 5 – оз. Красное, 6 – оз. Колыванское, 7 – оз. Грошово, 8 – Овечье.

Самыми изменчивыми из всех морфометрических признаков плода водяного ореха оказались характеристики верхних рогов, а именно ширина, высота и длина. Отдельно представлены максимальные и минимальные значения этих признаков.

Наибольшие и наименьшие значения высоты верхних рогов плода внутри популяций примерно равны (рис. 4A, рис. 4B). Наиболее широкая амплитуда изменчивости наблюдается у плодов из популяции р. Курья. Наименьший внутрипопуляционный полиморфизм представлен в популяции оз. Грошово. Значения этого признака для двух рогов плода в популяции оз. Белое почти одинаковы.

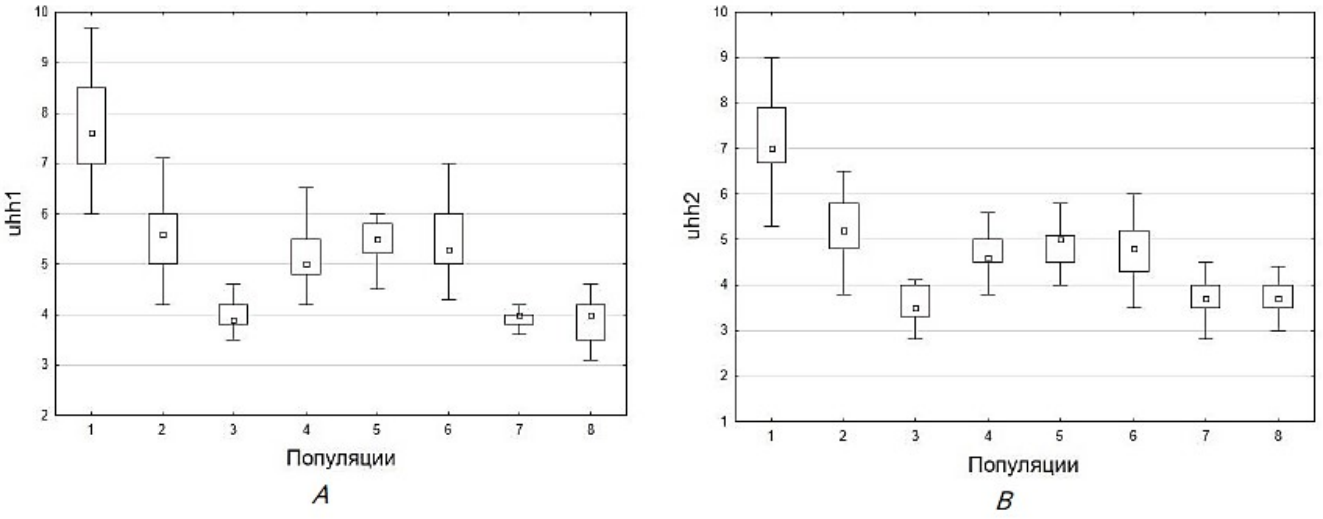

Figure 4. *Изменчивость наибольшей высоты верхних рогов (A) и изменчивость наименьшей высоты верхних рогов (B)*

Максимальные и минимальные значения длины верхних рогов плода внутри популяций заметно различаются (рис. 5A, рис. 5B). Изменчивость признака сильно варьирует как в пределах популяций, так и между ними. Наименьший разброс значений у плодов популяций чилима у оз. Грошово и оз. Овечье, наибольший – у р. Курья, оз. Белое, оз. Гришатское. Максимальный разброс значений наблюдается в популяции оз. Белое (наименьший верхний

рог) и составляет от 7 до 14 мм. Минимальный разброс – у популяции оз. Грошово (наибольший верхний рог) – от 8 до 12 мм.

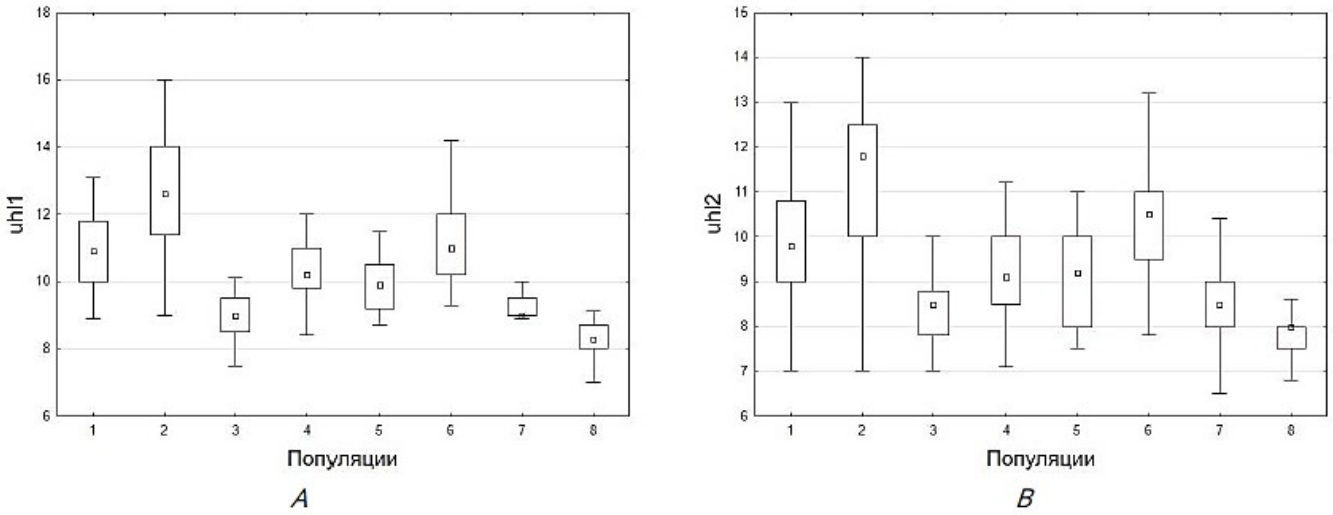

Figure 5. *Изменчивость наибольшей длины верхних рогов (A) и изменчивость наименьшей длины верхних рогов (B)*

Ширина двух верхних рогов плода в популяциях р. Курья, оз. Белое, оз. Сугатовское, оз. Колыванское не имеет существенных различий (рис. 6A, рис. 6B). В остальных же популяциях эти значения отличаются. Наибольшая ширина рогов у плодов оз. Грошово и оз. Овечье имеет большую внутрипопуляционную изменчивость по сравнению с наименьшей шириной в этих же популяциях.

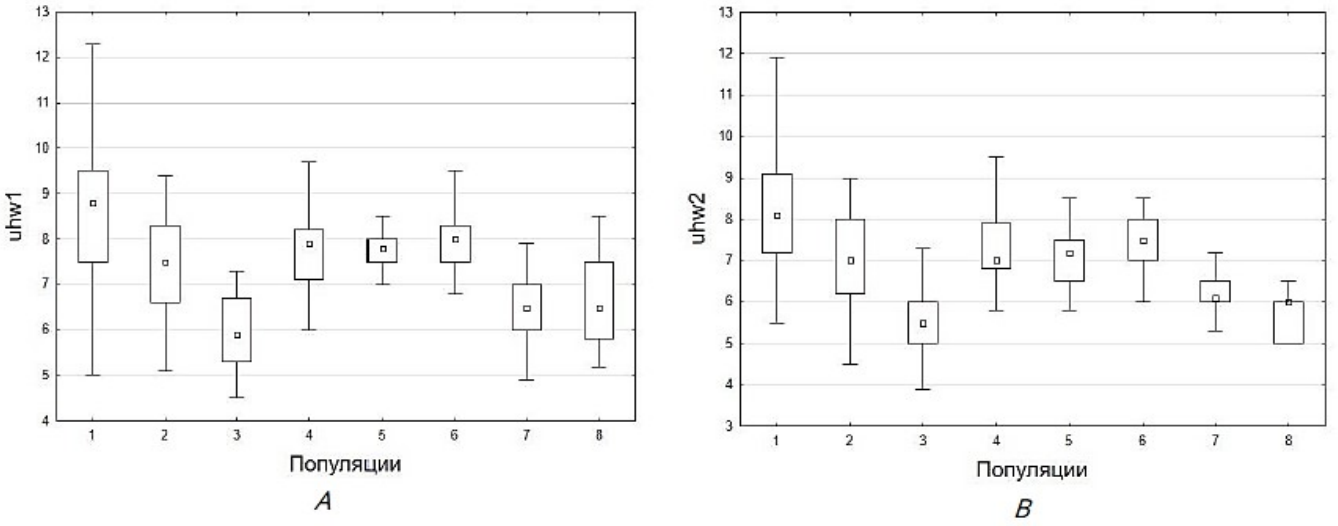

Figure 6. *Изменчивость наибольшей ширины верхних рогов (A) и изменчивость наименьшей ширины верхних рогов (B)*

Таким образом, по нашим результатам из 26 признаков наибольшую роль в диагностировании и выявлении морфотипов плодов водяного ореха имеют значение признаки верхних рогов. В то же время, морфометрический анализ плодов чилима, проведенный для популяций Приморского края показал, что наиболее значимыми для дискриминации признаками являются высота верхних рогов (uhh1, uhh2) и длина коронки (clen), а наиболее информативным оказался не количественный, а качественный признак – наличие или отсутствие коронки.

По нашим данным, изменчивость признаков плодов водяного ореха сильно варьирует как в пределах популяций, так и между ними. Наиболее изменчивые плоды отмечены на оз. Колыванское (Змеиногорский р-н), наименее – на оз. Овечье (Косихинский р-н). Самые крупные плоды были встречены на оз. Колыванское и оз. Белое (Целинный р-н), самые мелкие – на оз. Красное (Косихинский р-н). Наиболее различающимися оказались плоды чилима из оз. Колыванское и оз. Гришатское (Тальменский р-н). Некоторые плоды из оз. Колыванское явно отличаются по морфологическим параметрам и не имеют аналогов в других водоёмах, что позволяет предположить наличие гибридогенных форм.

Выводы

Плоды чилима в популяциях Алтайского края отличаются высоким уровнем внутри- и межпопуляционного полиморфизма, что может косвенно свидетельствовать о наличии гибридов. Для дальнейшего решения спорных вопросов систематики *Trapa natans* L. необходимо использование молекулярно-генетических методов.

References

Arbusova GA, Gorbunova AI, Chepinoga V.V. 2019. Rogulʹnik plavayushchiy (*Trapa natans* L., Lythraceae) v Irkutskoy oblasti. Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta 1: 29–36.

Berestenko EN, Kislov DE. 2013. Indikatsiya predstaviteley roda *Trapa* L. Primorskogo kraya po morfometri cheskim priznakam plodov. Vestnik KrasGAU 11: 94–100.

Didukh AYa. 2011. Vodyanoy orekh plavayushchiy – *Trapa natans* L. s. l. i neobkhodimyye mery dlya yego sokhraneniya v Ukraine. Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskiy botanicheskiy sada 102: 20–26.

Dodd LL, Rybicki N, Thum R, Kadono Y, Ingram K. 2019. Genetic and Morphological Differences between Water Chestnut (Myrtales: Lythraceae: *Trapa*) Populations in the Northeastern United States, Japan, and South Africa. The US Army Engineer Research and Development Center 3: 37.

Durnikin DA. 2003. Semeystvo Trapaceae. Opredelitel' rasteniy Altayskogo kraya, Barnaul: Altai State University.

Flerov AF. 1925. Sistematika i botanicheskaya geografiya roda *Trapa* L. Izvestiya Glavnogo Botanicheskogo sada RSFSR 24: 13–45.

Phartyal SS, Rosbakh S, Poschlod P. 2018. Seed germination ecology in *Trapa natans* L., a widely distributed freshwater macrophyte. Aquatic Botany 147: 18–23. Doi: 10.1016/j.aquabot.2018.02.001

Silanteva MM. 2013. Konspekt flory Altayskogo kraya. Barnaul: Altai State Univesity.

Tzvelev NN. 1993. O rode *Trapa* L. (Trapaceae) v Vostochnoy Yevrope i Severnoy Azii. Novosti sistematiki vysshikh rasteniy 29: 99–107.

Vasil'yev VN. 1949. Semeystvo Vodyanyye orekhi Hydrocaryaceae Raimann. Flora SSSR 15: 637–662.

Vasilyev VN. 1960. Vodyanoy orekh i perspektivy yego kul'tury v SSSR. Moscow-Leningrad.

Vlasova NV. 1996. Semeystvo Trapaceae. Flora Sibiri 10:120.

Citation:

Chupina IS, Silantyeva MM. 2019. Fruits polymorphism of European water chestnut populations in the Altai Krai.

Acta Biologica Sibirica 5(4): 66-72.

Submitted: 20.10.2019. **Accepted:** 02.12.2019

http://dx.doi.org/10.14258/abs.v5.i4.7058

© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).