

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Borodina A.V.

*Ph.D. degree in Biological Science
IBSS, Russia*

THE ACCUMULATION OF CAROTENOIDS AND ALLOMETRIC GROWTH BIVALVES *CERASTODERMA GLAUCUM* (BRUGUIÈRE, 1789)

Бородина А.В.

*к.б.н., с.н.с.,
ФИЦ ИнБИОМ РАН, Россия*

НАКОПЛЕНИЕ КАРОТИНОИДОВ И АЛЛОМЕТРИЧЕСКИЙ РОСТ МОЛЛЮСКА *CERASTODERMA GLAUCUM* (BRUGUIÈRE, 1789)

Summary. For studying allometric indicators and total carotenoids, more than 70 individuals of *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789) mollusks with a shell length of 12 to 30 mm were studied. The values of the exponent in allometric equations linking the mass of a whole mollusk, the mass of soft tissues and shells with the length of the leaf of the animal are given. A weakly positive allometry between the linear growth and height of the mollusk shell and a weakly negative allometry close to the isometry between the shell length and the mass of *C. glaucum* were revealed. The regularity between the accumulation of total carotenoids, the length and mass of the mollusk up to 4 g was shown. The found regularity did not apply to individuals at 2-4 stages of gonad maturity.

Аннотация: Для исследования аллометрических показателей и суммарных каротиноидов было исследовано более 70 экземпляров моллюсков *Cerastoderma glaucum* с длиной раковины от 12 до 30 мм. Приведены значения показателя степени в аллометрических уравнениях, связывающих массу целого моллюска, массу мягких тканей и раковины с длиной створки животного. Выявлена слабо положительная аллометрия между линейным ростом и высотой ракушки моллюска и слабо отрицательная аллометрия близкая к изометрии между длиной ракушки и массой *C. glaucum*. Показана закономерность между накоплением суммарных каротиноидов и длиной, а также массой моллюска до 4 г. Найденная закономерность не распространялась на особи, находящиеся на 2-4 стадии зрелости гонад.

Key words: *allometric coefficients, mass-size characteristics, mollusks Cerastoderma glaucum, total carotenoids.*

Ключевые слова: *аллометрические коэффициенты, массово-размерные характеристики, моллюски Cerastoderma glaucum, суммарные каротиноиды.*

Постановка проблемы.

Моллюски *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789) относятся к семейству Cardiidae, Heterodonta (Subclass) Euheterodonta (Infraclass) Imparidentia (Superorder) классу двустворчатых моллюсков [1]. Они являются одним из коренных представителей черноморской малакофауны, обитающие на рыхлых грунтах крымского побережья [2-4]. По типу питания этот моллюск относится к типичному облигатному сестенофагу, однако при увеличении пищевой конкуренции со стороны других сестенофагов, может питаться из водной толщи [5,6]. Отфильтровывая жабрами пищевые частицы из морской среды, взрослые особи питаются детритом, взвешенным органическим веществом, более молодые особи, в основном, одноклеточными донными водорослями [7]. Спектр питания отражается на накоплении каротиноидов – пигментов, водорослевого происхождения, накапливающихся в последующих трофических звеньях и подвергающихся в них метаболическому преобразованию. Накопление каротиноидов у моллюсков-фильтраторов носит не только видоспецифичный характер, но и подвержено

влиянию различных факторов: смены сезонов года, репродуктивного цикла, антропогенной нагрузке, различного рода пищевых деприваций и состояний гипоскии [8; 9]. Однако накопление каротиноидов в мягких тканях, как было показано на примере другого двустворчатого моллюска-фильтратора *Anadara kagoshimensis*, может коррелировать с ростовыми показателями [10].

Анализ последних исследований и публикаций

Исследования закономерностей аллометрического роста различных моллюсков, в том числе и представителей семейства Cardiidae проводились на протяжении ряда лет [5, 11, 12, 13]. Наиболее фундаментальная работа известна с 80-х годов прошлого столетия, где были установлены степенные зависимости между ростом, весом и обменными, фильтрационными процессами у пресноводных и некоторых видов морских моллюсков, а также даны объяснения аллометрических коэффициентов этих уравнений [11]. Упоминания о некоторых аллометрических параметрах *C. glaucum* в связи с адапционными

процессами в Аральском и Азово-черноморском регионах имеются в работах Андреевой С.И. [5, 6].

С другой стороны, взаимосвязь между аллометрическими показателями и обменными процессами [11] и одним из важных биохимических показателей устойчивого развития и размножения моллюсков - процессом накопления каротиноидов (биологически активных веществ, участвующих в защитных, репродуктивных и других функциях организма) является интересным и малоизученным явлением [10, 15].

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

В последние годы перечень моллюсков, с подробным аллометрическим исследованием массово-размерных характеристик растет и нуждается в расширении этих результатов различными биохимическими показателями для решения прежде всего спорных вопросов таксономии *Bivalvia* [5, 14]. Одним из таких биохимических показателей может быть накопление суммарных каротиноидов. Подобные исследования в этой области представляют интерес также в прикладном аспекте для развития конхиокультуры, отросли марикультуры.

Формулирование целей

Целью данной работы было провести аллометрические исследования массово-размерных характеристик и накопления суммарных каротиноидов у моллюсков *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789).

Изложение основного материала

Материалы и методы. Исследования проводились в период с 2018 по 2019 годы.

Объектами исследований являлись моллюски *C. glaucum*, обитающие в Казачьей бухте (г. Севастополя). Отбирали особи с длиной раковин от 12 до 30 мм. Выборка особей составила более 75 экземпляров. Измеряли длину ($30 > L > 12$, мм), высоту (Н, мм) и ширину (В мм) раковины, регистрировали массу целого моллюска (M_m , г.), его мягких тканей (M_t , г.), и раковины (M_r , г.). Зависимости между линейными параметрами (L, Н, В), линейными параметрами и общим весом моллюсков, весом раковин, весом мягких тканей были рассчитаны и представлены степенными уравнениями: $M_r = a \cdot M_m^{b_1}$; $M_r = a \cdot L^{b_2}$; $M_m = a \cdot L^{b_3}$, $H = a \cdot L^{b_4}$ $V = a \cdot L^{b_5}$ где a – коэффициент пропорциональности, b – показатель степени (основная искомая аллометрическая постоянная) [10, 11].

Суммарные каротиноиды определяли стандартным методом [15]. Для построения графиков и расчета зависимостей между показателями использовали программу Grapher 3. Достоверность отличия коэффициента b от единицы в размерных соотношениях и от трех масс-размерных зависимостей оценивали по соотношению: $Z = (b - 1)/SE$ – для размерных соотношений,

$Z = (b - 3)/SE$ – для масс-размерной зависимости. Значения в интервале $-1,96 < Z < +1,96$ соответствуют изометрии [16].

Результаты и обсуждения. Анализ взаимосвязи линейных параметров (L, Н, В) моллюсков *C. glaucum* показал характер степенных функций, лежащих в их основе (рис.1 А, Б).

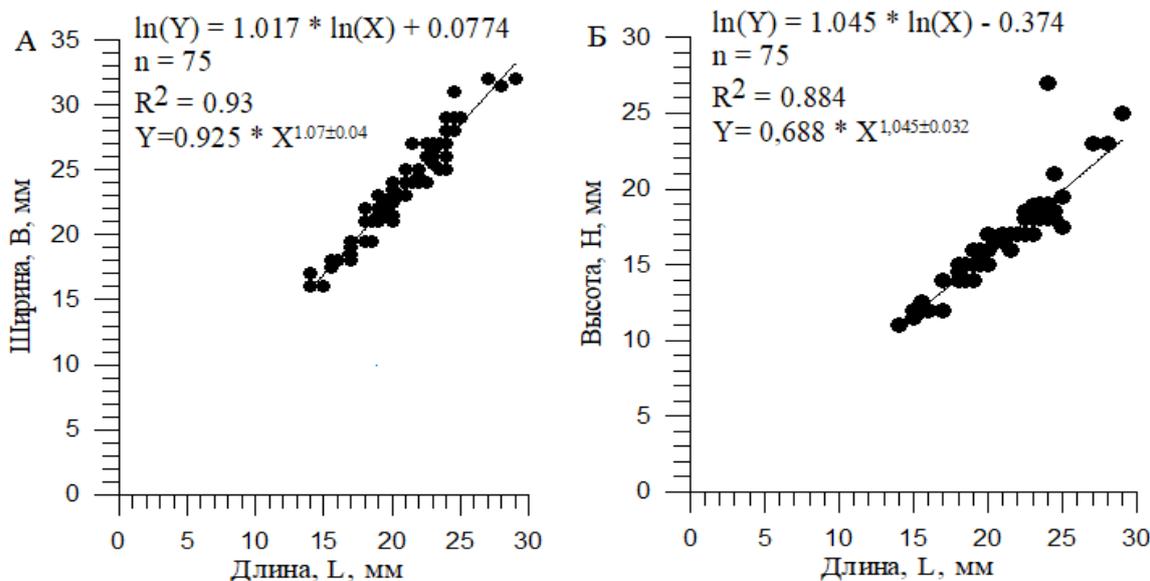


Рис. 1. Степенная зависимость роста ширины В (А) и высоты Н (Б) створки от её длины L моллюска *C. glaucum*

Уравнения регрессии (рис.1) имеют аллометрические коэффициенты $b_4=1.07$; $b_5=1.045$ близкие к изометрии, с положительной аллометрией. В соответствии с этим рост моллюска в длину будет очень близок к росту в ширину, а

высота раковины моллюска будет в 1.67 раза меньше ее длины.

Взаимосвязь массовых показателей роста и длины створок моллюска *C. glaucum* можно выразить через следующие уравнения регрессии

(рис. 2): $Y_1=0.53 \cdot X^{0.95 \pm 0.049}$; $Y_2=0.00058 \cdot X^{2.94 \pm 0.04}$, аллометрические коэффициенты: $b_1=0.95$; $b_2=2.94$; $Y_3=0.00034 \cdot X^{2.80 \pm 0.07}$ где основные $b_3=2.8$, $b_1 = b_3/b_2$

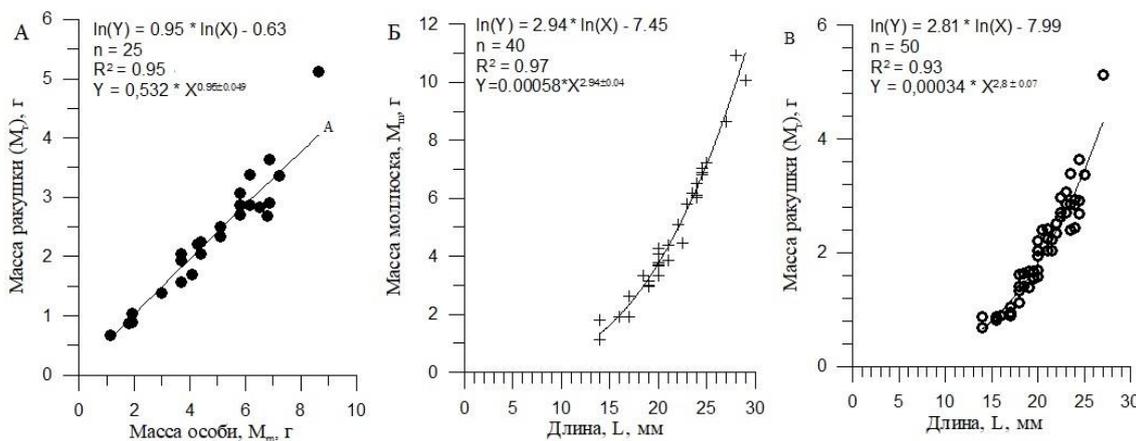


Рис. 2. Степенная зависимость массы особи и ее ракушки (А), длины L от массы моллюска (Б), и массы его ракушки (В) моллюска *C. glaucum*

При изучении продукционных процессов и анализа потоков вещества и энергии в популяциях гидробионтов, а также для ряда практических целей на морских фермах по выращиванию этих моллюсков, значительный интерес представляют данные по изменению удельного веса раковины, мягких тканей и мантийной жидкости у этих моллюсков. Анализ показал, что зависимость массы раковины (M_r) от массы целого моллюска (M_m) описывается степенной функцией (рис. 2, А): $M_r = 0.532 \cdot M_m^{0.95 \pm 0.049}$. Величина 0,95 является показателем слабо отрицательной аллометрии скелета, очень близкой к изометрии (при соответствии $b_1=1$). В целом, масса раковины моллюска составляет около половины его веса.

При увеличении массы и возраста животного аллометрический коэффициент чуть меньше 3-х, т.е. индивидуальная масса моллюсков несколько отстает от скорости роста в длину (рис.2 Б и В). Это можно объяснить тем, что общая масса тела складывается из нескольких параметров – массы раковины, соматической и генеративной ткани, а

также количества мантийной жидкости, которые в свою очередь варьируют в зависимости от ряда экологических факторов: температуры, солености, стадии зрелости гонад, пищевого спектра и др. [5,6]. В связи с этим у многих авторов связь длины с общей массой тела, в зависимости от стадии жизненного цикла, характеризовалась как отрицательной, так и положительной аллометрией [11, 13]. Те же параметры отражаются на накоплении каротиноидов ($C_{кар}$) у моллюсков. Так у двустворчатого моллюска-фильтратора *Anadara kagoshimensis* созревание гонад значительным образом сказывается на этом показателе [17]. В следствие этого, взаимосвязь между $C_{кар}$ и массово-размерными характеристиками носит более точную закономерность, если учитывать влияние генеративной ткани [10,17].

При исследовании взаимосвязи длины створок и содержания каротиноидов у *C. glaucum* был также отмечен сильный разброс данных особенно среди моллюсков с ярко выраженными гонадами, находящиеся на разной стадии зрелости.

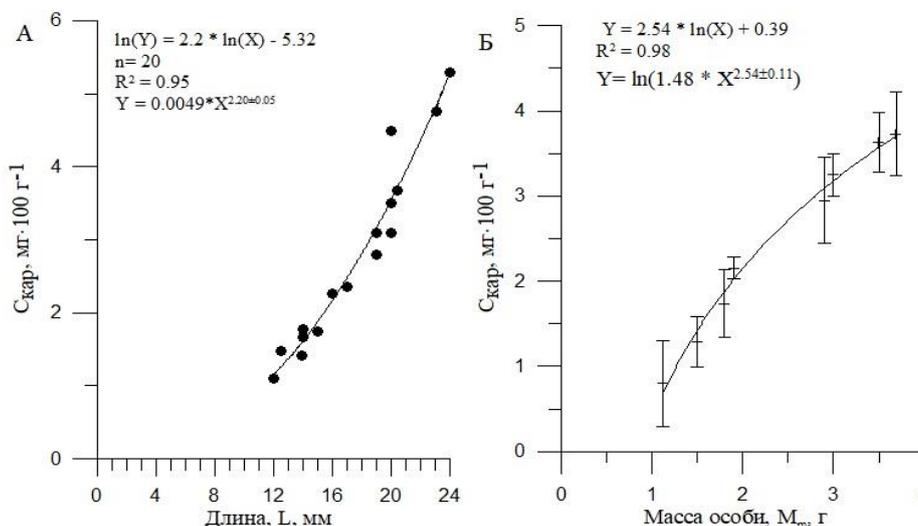


Рис. 3 Взаимосвязь накопления суммарных каротиноидов ($C_{кар}$) с длиной ракушки и массы моллюска *C. glaucum* до 4 г.

Наиболее четкая закономерность прослеживается у более молодых особей и особей с невыраженной генеративной тканью, что в целом встречалось у моллюсков с длиной раковины до 25 мм и массой до 4 грамм (рис.3).

На рис.3 (А) представлена зависимость $S_{кар}$ от длины моллюсков в виде степенной функции, где $S_{кар} = 0.0049 * L^{2.20 \pm 0.05}$. По мере роста раковины до 24 мм, накопление каротиноидов также пропорционально увеличивается. На рис. 3 (Б) зависимость ($S_{кар}$) от общей массы моллюска до 4 г носит логарифмическую зависимость: $S_{кар} = \ln(1.48 * M_m^{2.54 \pm 0.11})$. При анализе этих результатов, хорошо заметно, как по мере роста моллюска на определенном этапе происходит замедление накопления $S_{кар}$, что может быть объяснено увеличением числа особей в выборке, находящихся на 1 или 5 стадии зрелости гонад [18]. В первом случае, организм еще не успел накопить $S_{кар}$ через пищу, т.к. эта стадия соответствует более холодному времени года и соответствует ограничению в пище, по естественным причинам. Во втором случае, когда моллюски находятся на 5-й стадии зрелости, после нереста, гонады визуально практически не видны, организм истощен затратой энергии на восстановление, что сопровождается снижением общего уровня $S_{кар}$ в организме.

Выводы из данного исследования и перспективы

Таким образом, в данной работе представлены особенности аллометрического роста и некоторые корреляции массово-размерных характеристик с накоплением суммарных каротиноидов в тканях *C. glaucum*, которые кратко могут быть представлены следующим образом:

1. выявлена слабо положительная аллометрия скорости линейного роста и высоты раковины моллюска *C. glaucum*;
2. показана взаимосвязь длины и массы *C. glaucum*, которая характеризуется слабой отрицательной аллометрией, близкой к изометрии;
3. взаимосвязь суммарных каротиноидов и длины раковины моллюска описывается степенной функцией $S_{кар} = 0.0049 * L^{2.20 \pm 0.05}$;
4. взаимосвязь суммарных каротиноидов и массы моллюска до 4 г описывается логарифмической функцией $S_{кар} = \ln(1.48 * M_m^{2.54 \pm 0.11})$.

Подобные работы по аллометрическим параметрам нуждаются в дальнейших исследованиях и дополнениях их различными биохимическими показателями для решения прежде всего спорных вопросов таксономии *Bivalvia*. Перспективной могут быть также применение полученных результатов в прикладном аспекте при обработке и сборе урожая моллюсков, в отрасли марикультуры.

Работа выполнена по теме государственного задания ФГБУН ИМБИ РАН "Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим

режимом". Рег. номер НИОКТР АААА-А 18-118021490093-4; дата рег. 14.02.2018 г.

1. Андреева К. П. Основы менеджмента. Практическое обозрение терминологии / К. П. Андреева//Менеджмент и Управление. – 2014. – уч.– К-234 с.

Список литературы.

1. <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=138999>
2. Киселёва М.И., Ревков П.К., Копытов Ю. П. Современное состояние и многолетние изменения зообентоса Стрелецкой бухты (район Севастополя) / М.И. Киселёва, П.К. Ревков, Ю. П. Копытов// Гидробиологический журнал. – 1997. – Т. 33, № 1. – С. 3 - 13.
3. Савикин А.И., Набоженко М.В. Распространение двустворчатого моллюска *Cerastoderma glaucum* (Piolet, 1789) (*Bivalvia: Cardiidae*) в Таганрогском заливе Азовского моря / А.И. Савикин, М.В. Набоженко// Вестник Южного Научного Центра РАН. – 2010. – Том 6, № 4. – С. 105–107.
4. Михайлова. Т. В. Структура популяций *Cerastoderma glaucum* в некоторых районах северо-западной части Чёрного моря / Т.В. Михайлова// Экология моря. – 1987. – Т. 25. С 50–53.
5. Андреева С.И. Современные *Cerastoderma* (*Bivalvia, Cardiidae*) Аральского моря: Систематика, изменчивость, эволюция. / С.И. Андреева// Омск: Изд-во Омского государственного педагогического университета. – 2000. – 240 с.
6. Андреева С.И., Андреев Н.И. Эволюционные преобразования двустворчатых моллюсков Аральского моря в условиях экологического кризиса. / С.И. Андреева, Н.И. Андреев// Омск: Изд-во Омского государственного педагогического университета. – 2003. – 382 с.
7. Pierre-Guy Sauriau, Chang-Keun Kang. Stable isotope evidence of benthic microalgae-based growth and secondary production in the suspension feeder *Cerastoderma edule* (Mollusca, Bivalvia) in the Marennes-Ol'eron Bay / Pierre-Guy Sauriau, Chang-Keun Kang // *Hydrobiologia*. – 2000. – 440. – P. 317–329.
8. Бородина А.В. Солдатов А.А. Каротиноиды тканей массовых видов черноморских моллюсков // Черноморские моллюски: элементы сравнительной и экологической биохимии / под ред. Шульмана Г. Е., Солдатов А.А. НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. Севастополь. – 2014. – Гл. 3. – С. 87–168.
9. Бородина А.В., Солдатов А.А. Влияние аноксии на содержание и состав каротиноидов в тканях двустворчатого моллюска- вселенца *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906)/ А.В. Бородина, А.А. Солдатов// Российский журнал биологических инвазий. – 2019. - № 3. – С. 2-12.
10. Бородина А.В. Накопление каротиноидов и аллометрический рост моллюска *Anadara*

kagoshimensis (Tokunaga, 1906) / А.В. Бородина // Вопросы сохранения биоразнообразия водных объектов: материалы Международной научной конференции, 27 ноября 2015 г., г. Ростов-на-Дону, ФГБНУ «АзНИИРХ».- Изд-во: ФГБНУ «АзНИИРХ». – 2015. – С. 53-57.

11. Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков / А.Ф. Алимов// Л.: Наука. – 1981. – 248 с.

12. Жаворонкова А. М., Золотницкий А. П. Характеристика аллометрического роста двустворчатого моллюска анадары (*Anadara inaequalis*) Керченского пролива / А. М. Жаворонкова, А. П. Золотницкий// Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2014. – Вып. 10. – С. 128–133.

13. Заика В.Е. Аллометрия раковины двустворчатых моллюсков. / В.Е. Заика// Мор. экол. журн. – 2004. – 3, №1. – С. 47-50.

14. Рижинашвили А. Л. О спорных вопросах таксономии *Bivalvia* (Mollusca): много видов или

мало признаков? / А. Л. Рижинашвили// Известия РАН. Серия биологическая. – 2011. - № 3. – С. 370–377.

15. Карнаухов В.Н. Биологические функции каротиноидов / В.Н. Карнаухов// М.: Наука. – 1988. – 240 с.

16. Klingenberg, C. P. (1996). Multivariate Allometry. In *Advances in Morphometrics* / ed. L.F. Marcus, M. Corti, A. Loy, G.J.P. Naylor, and D.E. Slice.// New York: Plenum Press. – 1996. – P. 23–49.

17. Borodina A.V. Carotenoids in the Gonads of the Bivalved Mollusk *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) / A.V. Borodina // *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*. – 2018. – Vol. 54, iss. 4. – P. 267-272.

18. Михайлова. Т. В. Особенности размножения *Cerastoderma glaucum* (Mollusca, Bivalvia) в Чёрном море / Т.В. Михайлова// Экология моря. – 1986. – Т.24. – С. 64-68.

Imanbayeva A.A.

*Candidate of biological science,
Mangyshlak experimental botanical garden*

Ishmuratova M.Yu.

*Candidate of biological science, associated professor
Mangyshlak experimental botanical garden*

Duysenova N.T.

*Candidate of biological science,
Mangyshlak experimental botanical garden*

ANALYSIS OF FLORA OF THE HERBS OF MANGYSTAU REGION AND SELECTION OF THE PERSPECTIVE OBJECTS FOR INTRODUCTION

Иманбаева А.А.

*Кандидат биологических наук,
Мангышлакский экспериментальный ботанический сад*

Ишмуратова М.Ю.

*Кандидат биологических наук, ассоциированный профессор
Мангышлакский экспериментальный ботанический сад*

Дуйсенова Н.Т.

*Кандидат биологических наук,
Мангышлакский экспериментальный ботанический сад*

АНАЛИЗ ФЛОРЫ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ МАНГИСТАУСКОЙ ОБЛАСТИ И ВЫБОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ИНТРОДУКЦИИ

Summary. The article presents the results of the study of wild medicinal plants in the territory of Mangystau region. The growth of 163 species of herbs from 112 genera and 43 families has been revealed. The identified objects were ranked by the degree of distribution, use in official and folk medicine, as well as by pharmaceutical-therapeutic action. A list of 36 most promising medicinal species for introduction research has been determined

Аннотация. В статье приведены результаты изучения дикорастущих лекарственных растений на территории Мангистауской области. Выявлено произрастание 163 видов лекарственных растений из 112 родов и 43 семейств. Проведено ранжирование выявленных объектов по степени распространения, использованию в официальной и народной медицине, а также по фармако-терапевтическому действию. Определен перечень из 36 наиболее перспективных лекарственных видов для интродукционного исследования.

Введение. Проблема сохранения биоразнообразия – важный компонент биологической безопасности. В Конвенции о биоразнообразии (1992) [15] предусматривается решение вопросов сохранения, изучения и охраны биологического разнообразия, как гаранта