

Раздел 1

ЭКОЛОГИЯ

Ведущие эксперты раздела:

ДМИТРИЙ МИХАЙЛОВИЧ БЕЗМАТЕРНЫХ – кандидат биологических наук, доцент, ученый секретарь Учреждения Российской академии наук Института водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН, ответственный за электронную версию журнала и работу с Российским индексом научного цитирования – <http://elibrary.ru/> (г. Барнаул)

АЛЕКСАНДР ВИКТОРОВИЧ ШИТОВ – кандидат геолого-минералогических наук, доцент Горно-Алтайского государственного университета (г. Горно-Алтайск)

УДК 594.7

В.И. Гонтарь, канд. биол. наук, с.н.с., г. Санкт-Петербург, E-mail: gontar2@yahoo.com,

А.Г. Тарасов, канд. биол. наук, зам.дир. «Центр экологии ТЭК», г. Москва, E-mail: Tarasov@cetek.ru,

Н.Ш. Шамянова, канд. биол. наук, с.н.с., г. Баку, E-mail: nuriya2006@yahoo.com

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ, ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ *CONOPEUM GRIMMI* (CHEILOSTOMATA, ANASCA) GONTAR ET TARASOV

При изучении *Conopeum grimmi* из Каспийского моря удалось установить его морфологические и другие отличия от близких видов этого рода. *C. grimmi* отличается размерами аутозоидов и анцеструлы, формой и строением оперкулума, строением криптоцисты. От *C. reticulum* отличается характером роста зоария, от *C. reticulum* – отсутствием треугольных площадок между зооидами и дистальных выростов у зооидов.

Ключевые слова: Bryozoa, Cheilostomata, таксономия, экология.

Род *Conopeum* (отряд Cheilostomata, семейство *Electridae* d'Orbigny, 1851) был установлен Греем в 1848 г. [1] с типовым видом *Millerpora reticulum* Linné (1767), который Бланвилл отнёс к *Membraniporidae* [2]. Это родовое название затем было надолго утрачено. В 1903 г. Норман сообщил [цит. по 3], что пересмотрел образцы в Британском Музее, отнесенные к этому роду и определил, что все они принадлежали *Membranipora lacroixi* (Audouin, 1826). Имеется двусмысленность, которой мы стараемся избежать, когда говорим о *Membranipora lacroixi* [4]. Для более поздних авторов этот вид не идентичен [5] настоящему *Flustra lacroixi* Audouin (1826), описанному у берегов Египта и, по-видимому, обнаруженному только в ископаемом состоянии [6]. Современные авторы считают также единогласно, что существует синонимия между *lacroixi* Busk и *reticulum* (Linné). С другой стороны, они используют по этой причине как родовое название: одни – *Membranipora*, другие – *Conopeum*. Хармер показал особенно ясно ошибку, совершенную Баском у *Flustra lacroixi* и восстановил название Грея, *Conopeum reticulum*, для вида, который имели в виду также Баск и Норман [3]. Он должен был бы прекратить запутанное положение, еще ухудшенное Кальветом [7], который, по-видимому, напрасно идентифицировал *Membranipora filum* Jullien [8] с *C. reticulum* (Linné).

В Мировом океане встречается 14 современных видов (табл.), из которых два обитают в соседнем с Каспием биогеографическом районе. Типовым видом является *Flustra lacroixii* Audouin, 1824 (Египет). Ископаемые представители известны из сеномана (K₂c, ~100–110 Ma) [2], а *C. tenuissimum* – из плиоцена (N₂, ~10–2 Ma).

Представители рода распространены преимущественно антитропически. Л.С. Берг [13] вполне справедливо утверждал, что термин биполярное распространение должен применяться к видам и группам видов не собственно арктическим и антарктическим, а свойственным умеренным широтам, бо-реальным и нотальным подобластям (в современном биогеографическом понимании широтно-климатической зонально-

сти). Он писал также о том, что биполярным распространением характеризуются таксоны более высокого уровня, чем вид, а именно, роды и семейства, хотя встречаются в небольшом числе и биполярные виды.

Таблица

Распространение видов рода *Conopeum* Gray, 1848

Вид	Ареал распространения	Код
<i>C. reticulum</i> (Linnaeus, 1767)	Космополит	M4
<i>C. eriophorum</i> (Lamouroux, 1816)	Индо-Пацифика	Mx
<i>C. seurati</i> (Canu, 1928)	Европа, Флорида, Новая Зеландия, Японское море	M7
<i>C. tenuissimum</i> (Canu, 1928)	Атлантика, Калифорния, Мексиканский залив	M5
<i>C. tubigerum</i> Osburn, 1940	Западная Атлантика, Японское море	Mx
<i>C. truitii</i> Osburn, 1944	Западная Атлантика	M4
<i>C. cretensis</i> Utley, 1951	Новая Зеландия	Mx
<i>C. viviani</i> Moyano, 1991	Чили	
<i>C. osburni</i> Soule, Soule, & Chaney, 1995	Северо-восточная часть Тихого океана	
<i>Conopeum aciculatum</i> (MacGillivray, 1891)	Австралия	
<i>C. ponticum</i> Hayward, 2001	Lizard Is., Queensland, Австралия	
<i>C. chesapeakeensis</i> (Banta et al.), 1995	Северное и восточное побережье Северной Америки	
<i>Conopeum nakanosum</i> Grischenko, Dick & Mawatari, 2007	Япония, Хоккайдо	
<i>Conopeum papillarum</i> Tilbrook, Hayward & Gordon, 2001	Вануату	

Проникновение типового вида *C. reticulum* этого рода в районы распреснения в Чёрном море ограничивалось зоной критической солености (~8–9‰) [10; 11]. *C. seurati* отмечался даже в пресных водах и личинки встречались с июня по зимний сезон [12]. Личинки *C. seurati* по типу *cyphonautes*, но менее уплощены и без створок раковины. В планктоне могут плавать до 3-х дней [13]. Вероятно, в предыдущие геологические эпохи это позволило вселенцу занять панкаспийский ареал. В 1981–1986 гг. тем не менее, подобное распределение

для *Conopeum grimmi* sp.n. не наблюдалось (рис. 1А, 6–7).

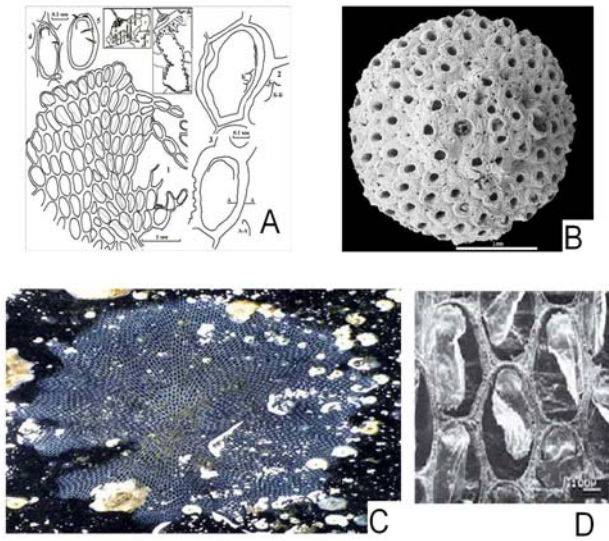


Рис. 1. Представители родов *Stichoporina* sp. и *Conopeum*: А – *Conopeum grimmi* Gontar & Tarasov sp. nov.: 1-3 – голотип; 4-5 – паратипы; В – *Stichoporina* sp.; С – *Conopeum reticulum*; D – *Conopeum seurati*. Условные обозначения: 1 – общий вид колонии на створке моллюска; 2 – минеральный скелет зооида в колонии; 3 – зооид в отдельной цепочке; А-А; Б-Б – условное сечение гимноцисты (вне масштаба); 4 – зооид с поверхности домика баянуса; 5 – со складки на границе боковых табличек; 6 – нахождения и ареал в 1960–74 гг. (по неопубликованным данным Г. М. Пятаковой); 7 – частота встречаемости в Северном Каспии.

Material. Голотип: колония на левой створке раковины митилястра (*Mytilaster lineatus* Gmelin, 1790) из района Сальянского рейда (Южный Каспий), глубина 17 м, ил с ракушкой, сборы М.Г. Карпинского, дночерпатель «Океан-0.1», 31.10.86, СРТ «Ломоносов»; ЗИН № 1/1–2002: консервант – спирт. Паратипы № 2/10–2007–3/11–2007 из типового местонахождения.

Зоарий белого цвета, обрастающий в виде корки створку раковины. Колония состоит из многих аутозооидов, расположенных довольно часто косыми рядами, расходящимися от первой начальной цепочки аутозооидов (рис. 1 А, 1; рис. 2 А). Такое расположение аутозооидов определяется дистолатеральным почкованием аутозооидов. Колония может использовать «бегущую стратегию» (running strategy), вследствие чего часто можно наблюдать неупорядоченное расположение зооидов.

Аутозооиды в начальной цепочке зооидов, от которой расходятся косые или радиальные ряды аутозооидов, и впоследствии в онтогенезе часто имеют сильно хитинизированную фронтальную мембрану. Аутозооиды прилежат друг другу не плотно (рис. 2 В), и имеют лишь общую дистально-проксимальную стенку (рис. 2 С). Между аутозооидами иногда наблюдаются abortивные зооиды (рис. 3 В), которые рисовали Жебрам и Войт [14], хотя и не отметили их отдельно в своих описаниях.

Аутозооиды средней величины (длина 0,45–0,65мм, ширина 0,2–0,25мм), удлинено овальной или неправильной удлиненой формы с закругленными дистальными углами. Латеральные стенки сильно обызвествлены. Базальная стенка видна через прозрачную фронтальную мембрану и кажется совсем необызвествленной, представленной базальной мембраной. Обызвествленная гимноциста слабо выражена, слегка утолщена и окружает апертуру ровной каймой, которая расширяется у проксимального края аутозооида. Апертура занимает почти всю фронтальную поверхность и покрыта фронтальной слегка выпуклой прозрачной мембраной, сквозь которую хорошо виден втянутый полипид. Крптоциста имеет вид очень узкой каймы, так что опезия по размерам лишь не-

много отличается от апертуры. Крптоциста образует невысокий валик, покрытый бугорками почти полусферической формы.

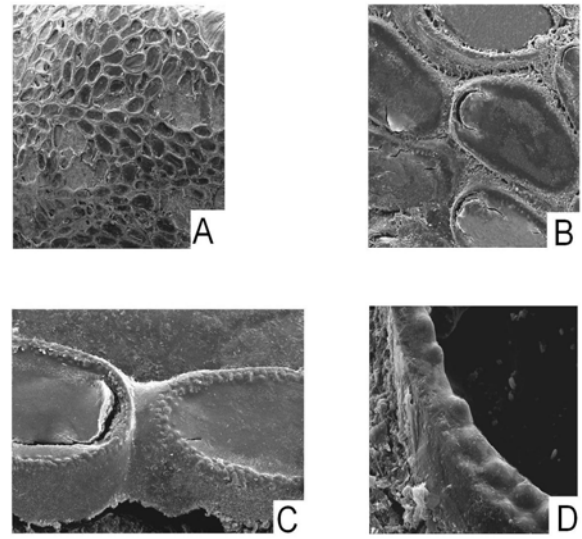


Рис 2. Колонии *Conopeum grimmi* Gontar et Tarasov: А – часть колонии (ув. x 40); В – расположение аутозооидов в колонии, общие латеральные стенки отсутствуют; латеральные стенки соседних аутозооидов не соприкасаются (ув. x 283); С – соединение дистального и проксимального аутозооидов (ув. x 400); D – крптоциста (ув. x 2000).

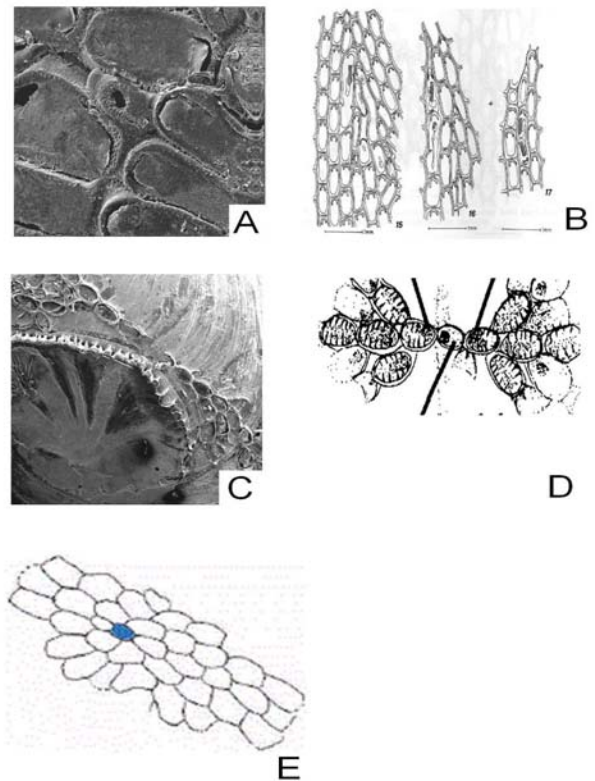


Рис 3. Формирование колоний у видов рода *Conopeum*: А – abortивный зооид с крптоцистой; аутозооиды в соседних рядах расположены в противоположных направлениях (ув. x 260); В – abortивные зооиды по [14]; С – начальная стадия формирования колонии у *C. grimmi* (ув. x 40); D – начальная стадия формирования колонии у *C. tenuissimum*; E – начальная стадия формирования колонии у *C. seurati*.

Оперкулом необызвествленный, прозрачный, с закругленным дистальным краем, натянутым на склерит и прямым проксимальным краем, 80–110 м шириной (рис. 1 А, 3–5), впоследствии у некоторых аутозоидов он имеет по своему дистальному краю волокнистую хитинизированную мембрану. Отдельные аутозоиды в колониях, расположенные в складках домиков баянусов, вооружены слегка изогнутыми длинными тонкими боковыми шипами (до 3 пар). В проксимальной части шипы не отмечены. Дистальные – парные, расположены почти перпендикулярно фронтальной поверхности аутозоида (рис. 1 А, 4–5). Анцеструла имеет длину ~140 м, расширена в проксимальной части и сужена в дистальной части. Дж. Дадли описала новый вид *C. tenuissium* (Canu) (рис. 3 D), и одним из главных диагностических признаков для выделения этого вида был способ почкования от анцеструлы. В отличие от других видов рода *Conopeum* у *C. tenuissium* и *C. seurati* (рис. 3 E) почкование происходит от дистального и проксимального концов анцеструлы. Эту картину удалось наблюдать и у *C. grimmi* (рис. 3 C). Хотя анцеструла была разрушена, однако, как можно видеть на фотографии, почкование идет в двух противоположных направлениях.

В Северном Каспии колонии нередко многослойные. О.А. Гримм [15] встречал колонии высотой до 2 мм при диаметре 1,5 мм, которые возможно при малых увеличениях можно принять за *Stichoporina* (рис. 1 B) [16]. На поверхности сферических раковин *Th. gr. pallasi* «колонию образуются около первичной особи (анцеструлы-авторы), которая постепенно окружается новыми, располагающимися концентрическими кругами и в то же время радиусами...» [15]. На раковинах митилиястра колонии скорее дендровидной формы, а на листьях *Zostera* sp. – линейной.

От близкого вида *C. seurati* (Canu) (рис. 1 D) отличается размерами аутозоидов и анцеструлы. Аутозоиды у *C. seurati* 0,46–0,65 мм в длину и 0,3–0,37 мм в ширину [3] шире и длиннее, чем у *C. grimmi* (длина 0,45–0,65 мм, ширина 0,2–0,25 мм). Анцеструла у *C. seurati* 340 м в длину и 300 м в ширину и с парой шипов, а у *C. grimmi* 140 м в длину и шипы отсутствуют. От *C. seurati* отличается формой и строением оперкулома, который у *C. seurati* имеет плоскость оперкулома, окаймленную не простым краевым склеритом, а сложным, широким и гибким перепончатым образованием, которое занимает всю свою свободную окружность [3]. Натянутая на две тонкие арки и отмеченная многочисленными волокнами, эта мембрана бесцветна в молодости и затем коричневая. Строение криптоцисты *C. grimmi* (рис. 2 D) в виде округлых выростов также отличается от *C. seurati*, у которого криптоциста в виде зазубрин, заходящих в опезио, которые могут меняться от простых фестонов до очень острых шипиков, расположенных иногда в несколько рядов в некоторых планах. Гимноциста *C. seurati* может нести крупные выросты в разном количестве. Такие выросты не отмечены у *C. grimmi*. От *C. reticulum* (рис. 1 C) отличается характером роста зоария, который у *C. grimmi* может начинаться почкованием в проксимальной и дистальной части анцеструлы, и затем почкование происходит по радиусам либо достаточно нерегулярно. Также отличается отсутствием треугольных площадок между зооидами и дистальных выростов у зооидов, характерных для *C. reticulum*. Шип у

проксимального края апертуры в центре, отмеченный В.Д. Брайко, характерен для рода *Electra* [11]. Как правило, у большинства аутозоидов шипы отсутствуют. Боковые шипы у *C. gr. seurati* (форма Б) расположены почти параллельно основанию, тогда как у *C. grimmi* sp. nov., если шипы имеются, они лишь немного отклоняются от вертикального положения к поверхности апертуры аутозоида [17].

Географическое распространение и биотопическая приуроченность. В 1874 г. *C. grimmi* встречался по всей акватории Среднего и Южного Каспия преимущественно на моллюсках *Th. gr. pallasi*, *Dreissena caspia* Eichwald, 1855, живущих до 80 м, реже на створках *Cerastoderma* [15]. Находки на гидротехнических сооружениях, навигационных буях и корпусах плавсредств в 1958–1961 гг. также ограничены средней и южнокаспийской сублиторалью [17]. В Северном Каспии чаще всего отмечались на створках митилиястра и листьях живой *Zostera* sp. Заметное обрастание верхней поверхности раковин *Didacna* sp. было связано чаще всего с поселениями баянусов (*Balanus* aff. *improvisus*).

В Северном Каспии при солёности менее 5,5 г/л не отмечался. В водах с солёностью 5,5–8,5 г/л частота встречаемости составляла ~3%, и только при S=8,5–13,1 г/л увеличивалась до 18–24 % (рис. 1 А). На глубинах более 20 м число колоний резко уменьшается. В Красноводском заливе, осолоненном более чем 13 г/л, он встречен в обрастаниях судов [18]. В 1979–1988 гг. отдельные аутозоиды встречались чрезвычайно редко в этом заливе на обрывках zostеры и крупных раковинах двустворчатых моллюсков. Тем не менее, на искусственных субстратах из текстолита, металла, веревки и пенопласта, выставленных в заливе и прилегающих участках Южного Каспия в 1981–1982 гг., по сообщению В.Б. Назаренко, корковые мшанки не отмечались. Не обнаружены части колоний и на субфоссильных раковинах *Cerastoderma* sp. и *Th. gr. pallasi*, собранных на месте залива Мертвый Култук в 1996 г. Исходя из вышеизложенного, верхний предел солёностойкости *C. grimmi* sp. nov., вероятно, не превышает 15 г/л.

Стратиграфическое распространение. В некронозах Туркменского залива части колоний *C. grimmi* sp. nov. были отмечены на истлевших листьях *Zostera* sp. [19]. Части базальных и латеральных стенок отдельных зооидов найдены в складках верхних частей раковин *Didacna* sp. из хвалынского разреза в районе п. Светлый Яр (Волгоградская область). На парных раковинах хвалыских *Dr. caspia*, захороненных *in situ*, из района реки Тингута (бассейн озера Цаца), озера Эльтон и г. Волжский (Волгоградская область), в которых отсутствовали *Didacna* sp., фрагменты колоний мшанок не отмечены. Распространение *D. trigonoides* (Pallas, 1771) ограничено солёностью 5 г/л [20], поэтому можно констатировать, что до 1988 г. в Каспии обитал лишь автохтонный вид рода *Conopeum*.

Этимология: Назван в честь известного российского зоолога – Оскара Андреевича Грима, который первым отметил в Каспийском море вид хейлостомных мшанок (рис. 1 B).

Авторы сердечно благодарны М.Г. Карпинскому (ВНИРО) за предоставление материалов из Среднего и Южного Каспия.

Библиографический список

- Gray, J.E. List of the specimens of British animals in the collections of the British Museum. Part 1. Centronae or radiated animals Vol. – London: Trustees of the British Museum, 1848. – 173.
- Blainville, H.M.D. Manuel d'Actinologie ou de Zoophytologie // Paris: Levauly edit., 1834.
- Bobin, G. Les Espèces Françaises du Genre CONOPEUM Gray (Briozoirés, Chilostomes) / G. Bobin, M. Prenant // Cahiers de Biologia Marine – 1962. – Tome III. – № 4.
- Busk, G. Catalogue of marine Polyzoa in the collection of the British Museum, II. Cheilostomata (part). – London: Trustees of the British Museum (Natural History), 1854.
- Norman, A. Notes on the natural history of East Finmark, Polyzoa // Annals and Magazine of Natural History. – 1903. – (7)11.
- Audouin, J. V. Explication sommaire des planches de polypes de l'Égypte et de la Syrie, publiées par Jules-César Savigny // Description de l'Égypte, ou recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'armée française ... Histoire naturelle. – 1826. – Vol. Tome 1, 4 partie: 339 (Imprimerie Impériale), Paris.
- Calvet, L. Bryozoaires // Expéditions scientifiques du «Travailleur» et du «Talisman» pendant les années 1880–1883. – Paris: Masson and Cie, 1906.
- Jullien, J. Bryozoaires provenant des campagnes de l'Hirondelle (1886–1888) / J. Jullien, L. Calvet // Resultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco. – 1903.

9. Берг, Л.С. Биполярное распространение организмов и ледниковая эпоха // Изв. Акад. наук. – 1920. – Сер. 6. – Т. 14. – № 1/18.
 10. Брайко, В.Д. Мшанки Черного моря // Труды Севастопольской биологической станции. – М.: АН СССР, 1960. – Т. 13.
 11. Брайко, В.Д. Класс Мшанки – Bryozoa // Определитель фауны Черного и Азовского морей. – Киев: Наукова думка, 1968. – Т. 1.
 12. Ryland, J.S. Polyzoa (Bryozoa) Order Cheilostomata Cyphonautes Larvae // Zooplankton. Sheet 107. Conseil International Pour L'Exploration de la Mer. – 1965.
 13. Cook, P. The early larval development of Membranipora seurati (Canu) and Electra crustulenta (Pallas), Polyzoa // Cahiers de Biologia Marine. – 1962. – tome III. – № 1.
 14. Jebram, D. Monsterzooide and Doppelpolypide bei fossilen and rezenten Cheilostomata Anasca (Bryozoa) // Abh. Verh. Naturwiss. Ver. Hamburg, 1977.
 15. Гримм, О.А. Каспийское море и его фауна. – СПб., 1876. – Т. 1.
 16. Canu, F. North American early Tertiary Bryozoa / F. Canu, R. Bassler. – S. Washington: 1920.
 17. Зевина, Г.Б. Роль судоходства в изменении фауны Каспийского моря / Г.Б. Зевина, И.А. Кузнецова // Океанология. – 1965. – Т. 5. – № 5.
 18. Зевина, Г.Б. Новые организмы в Каспийском море // Природа. – 1959. – № 7.
 19. Чепальга, А.Л. Интродукция атлантических видов в Каспий: судьба эндемичных таксонов и экосистем / А.Л. Чепальга, А.Г. Тарасов // Океанология. – 1997. – Т. 37. – № 2.
 20. Тарасов, А.Г. Биотический индекс дельты реки Волги и Северного Каспия: дисс. ... канд. биол. наук. – М.: МГУ, 1993.
 Статья поступила в редакцию 01.12.09

УДК 551.5+574.4:519.8

Ю.Б. Кирста, д-р биол. наук, проф., г.н.с. ИВЭП СО РАН, г. Барнаул, E-mail: kirsta@iwep.asu.ru,
О.В. Ловцкая, с.н.с. ИВЭП СО РАН, г. Барнаул, E-mail: lov@iwep.asu.ru

ПРОГНОЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ЗЕРНОПРОИЗВОДЯЩИХ ЗОНАХ СИБИРИ И РОССИИ

На основе имитационной математической модели агроклиматического потенциала и климатических трендов осуществлен прогноз региональных проявлений глобального потепления климата (изменений температуры приземного слоя воздуха и осадков) для зернопроизводящих зон России и Сибирского региона до 2020 года. Для Сибири прогнозируется положительный сдвиг среднесезонных температур до 7% и увеличение осадков до 2%, что позволяет расширять здесь площади возделывания зерновых.

Ключевые слова: климатический прогноз, зернопроизводящая зона, моделирование, Россия, Сибирь.

Постановка задачи. Как наземная растительность, так и человеческое общество представляют собой две эволюционно самоорганизующиеся иерархические системы с определенной ритмикой развития [1; 2]. Они объединяются в общую систему «растительность-человек» с вековым циклом функционирования, состоящим из трех характерных 33-летних периодов (фаз) [3]. В России данные фазы охватывают 1918–1950, 1951–1983, 1984–2020 гг.

Российское государство совместно с растительностью воздействует на среду единообразно по своей обширной территории. Это ведет к появлению климатического квазивекового цикла. Наличие последнего, в частности, подтверждается экспериментальными данными по многолетним изменениям приземных температур воздуха над континентальными областями [4–7]. Действительно, человек постоянно воздействует на климатические процессы путем загрязнения атмосферы выбросами промышленности, распашка и изменение альбедо освоенных им обширных территорий (изменяются режим испарения почвенной влаги и температура приземного слоя атмосферы). Это влияние имеет циклический характер с различной внутригодовой (регулярные выходные дни, праздники) и многолетней (севооборот сельскохозяйственных полей) ритмикой. При таком воздействии, очевидно, будет формироваться и определенная ритмика атмосферных процессов. В физике данное явление известно как вынужденные колебания и параметрический резонанс динамических систем.

Вообще говоря, изменения климата являются результатом совокупного действия ряда факторов, в т.ч. космо- и солнечно-земных связей, локального и глобального антропогенного воздействия на атмосферные процессы и др., об относительной значимости которых до сих пор идут споры. Влияние системы «растительность-человек» касается лишь одного из этих факторов – резонансного воздействия режима хозяйствования на мезоклимат с организацией единой территориальной ритмики потоков тепла и влаги.

Формируя определенную межгодовую динамику климата, система «растительность-человек» стабилизирует на своей территории некоторые климатические характеристики. Выяснение последних с целью прогноза климата и является задачей данного исследования. В качестве таких характеристик будут проверяться средние за 33-летние фазы векового цикла значения температур воздуха и осадков, а также многолетние трен-

ды этих факторов, традиционно используемые для прогнозов.

Методика исследований. Решение поставленной задачи выполняется с помощью имитационной математической модели агроклиматического потенциала (АП) и климатических трендов (модель АПКТ), описывающей взаимосвязанные многолетние изменения АП и климата [3, 8]. Предложенный нами АП для освоенных человеком территорий (районов, областей, федеральных округов, государств) соответствует урожайности зерновых, рас-считываемой по модели с восстанавливаемыми по среднесезонным данным климатическими трендами. При этом точность описания моделью АПКТ базовых процессов в агроэкосистемах совпадает с теоретически наилучшей. Модель апробирована для различных территорий с континентальным и умеренным климатом, в частности, для оценки многолетних изменений АП и климата в зернопроизводящих зонах России и США [9; 10].

В модели АПКТ одновременно рассчитываются по выбранному многолетнему периоду:

- среднесезонные значения среднемесячных температур воздуха отдельно для холодного ($T_i < 0^\circ\text{C}$) и теплого ($T_i \geq 0^\circ\text{C}$) периодов года;
- среднесезонное значение месячных осадков;
- многолетние тренды среднемесячных температур воздуха отдельно для холодного ($T_i < 0^\circ\text{C}$) и теплого ($T_i \geq 0^\circ\text{C}$) периодов года;
- многолетний тренд месячных осадков;
- многолетний тренд эффективности землепользования (зависящий от уровня технологий, плодородия почв, мелиорации и других факторов);
- многолетняя динамика АП (ежегодная ожидаемая урожайность зерновых).

Расчеты выполняются путем решения обратной задачи (наилучшего совпадения найденных по модели и фактических урожаев зерновых) с помощью оптимизационных методов по среднесезонным данным о месячных температурах воздуха и осадках на характеризующихся территориях.

Среднесезонные значения у среднемесячных температур воздуха T и месячных осадков P для каждого из 12 месяцев находятся по формулам:

$$\bar{T} = c_1 \bar{T}_{\text{наб}} \text{ для } T < 0^\circ\text{C}, \quad \bar{T} = c_2 \bar{T}_{\text{наб}} \text{ для } T \geq 0^\circ\text{C}, \quad \bar{P} = c_3 \bar{P}_{\text{наб}},$$