



УДК 597.2/5

## Изменчивость солнечной активности и её отражение в естественном паспорте рыбы – чешуе на примере байкальского омуля *Coregonus migratorius* (Georgi)

М. Л. Тягун, Н. С. Смирнова-Залуми

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск  
E-mail: [mary@lin.irk.ru](mailto:mary@lin.irk.ru)

**Аннотация.** Проведено исследование зависимости годовых приростов чешуи байкальского омуля от солнечной активности. Обнаружено, что степень изменчивости двух характеристик чешуи, линейного годового прироста и числа склеритов внутри прироста, достаточно высока. Оба параметра чешуи коррелируют с изменениями чисел Вольфа. Предложено при оценке состояния здоровья байкальского омуля включать во внимание гелиоритмы и учитывать их при работах, опирающихся на исследования соматического роста.

**Ключевые слова:** чешуя, солнечная активность, байкальский омуль.

### Введение

Солнце является первоисточником и «дирижёром» естественных биологических ритмов [13]. Неоднократно и на многочисленных природных объектах было показано, насколько живая материя зависима от его активности. В частности, солнечные ритмы воздействуют на динамику биопродукционных характеристик организмов [14; 2]. Известно, что один из основоположников дендрохронологии, Эндрю Дугласс, изучая влияние солнечных пятен на климат Земли, разработал метод датировки и реконструкции климата по характеристикам колец на спилах деревьев [17–19]. В основу его трудов положена связь между сменой различных климатических периодов и визуально различными концентрическими участками на спилах деревьев, содержащих кольца. Широкое кольцо соответствует периоду влажного климата, узкое – периоду сухого климата. Поскольку существуют долгоживущие виды деревьев (например, секвойи), метод Дугласса позволяет получать долговременные климатические ретроспективные конструкции и отличается значительным преимуществом.

В исследованиях на животных показатель солнечной активности (числа Вольфа) также используется при анализе изменчивости и прогнозировании состояния какого-либо вида [1; 5 и др.].

При составлении необходимых прогнозов для ценных промысловых объектов оперируют, как правило, многолетними данными их чис-

ленности и общей биомассы [1; 5]. В большинстве случаев эти параметры достаточно успешно служат своей цели. При этом отмечают синхронность их изменений с изменениями активности Солнца. В ряде случаев, например при прогнозировании динамики уловов рыб, задача усложняется, поскольку режим промысла может меняться. Такая ситуация характерна для байкальского омуля. В этом случае сравнение многолетних данных вылова усложняется, поскольку в оценку включены выловы, проведённые разными орудиями, а для оценки выловов использовались разные методы [6]. Вопрос о качестве состояния байкальского омуля обсуждается долгое время и по сей день остаётся дискуссионным. Поскольку омуль является типичным представителем рыб крупного холодноводного водоёма Голарктики, он представляет интерес не только как ценный промысловый вид, но и как вид-индикатор, активно освоивший крупную водную систему.

Мы предположили, что существует возможность получения информации о «качестве» жизненных ритмов позвоночных из естественного источника – структур, содержащих минерализованную ткань (костей, позвонков и т. д.). У рыб кожный покров защищён чешуёй, которая увеличивается в размерах в течение всей жизни особи и, таким образом, является естественным паспортом, в котором отражена информация о динамике годового роста организма. В ихтиологии чешую используют как структуру, регистрирующую возраст и сезон-

ные периоды роста [15; 3; 7; 4]. Каждый годовой прирост на её поверхности представляет собой совокупность нескольких концентрических рельефных выростов – склеритов. Габариты и характер закладки склеритов меняются в зависимости от сезона. Базовые знания об особенностях закладки склеритного рельефа в холодный (зимне-весенний) и тёплый (летне-осенний) периоды позволяют определять на поверхности чешуи годовые массивы роста [15]. Каждый годовой массив состоит из групп склеритов холодного и тёплого периодов [16]. Поверхность чешуи увеличивается синхронно с поверхностью тела. Поэтому интенсивность соматического роста в течение года отражается на годовом приросте чешуи и фиксируется в склеритном полотне визуальным отождествимым участком. Параметры годовых зон роста чешуи используются для обратных расчётов роста рыб [8; 3]. Ширина и число склеритов чешуи, изменяются от года к году синхронно и используются для реконструкции роста особей.

Цель настоящей работы – получить многолетний ряд изменения приростов чешуи омуля, сравнить его изменчивость с динамикой солнечной активности и прийти к заключению о возможности его использования при составлении прогнозов состояния омуля.

#### *Материалы и методы*

В исследовании использованы данные характеристик чешуи байкальского омуля из средних проб траловых ловов, проводившихся в 1965 (52 экз.) и 1968 (89 экз.) гг. (материалы А. Г. Скрябина), в 1989 (82 экз.), 1999 (176 экз.) и 2007 (84 экз.) гг. (материалы лаборатории ихтиологии ЛИН СО РАН). Лов омуля проводился в мае–июне на одном из самых продуктивных промысловых участков озера – Селенгинском мелководье. Особи в пробах принадлежали к пелагической эко-морфологической группе селенгинской популяции [12]. На поверхности чешуи каждой особи из пробы были выделены годовые зоны, определён возраст. Границы годовых зон определялись по стандартным методикам, используемым для сиговых рыб [10; 9]. Для каждой зоны была измерена ширина – расстояние между склеритами, ограничивающими годовую прирост (так называемый линейный годовой прирост чешуи). Подсчитано число склеритов, сформировавшихся в пределах годового участка [11]. Измерения ширины годовой зоны проводились в программном пакете Image Pro в топографиче-

ски консервативном месте – латеральной зоне вентральной области чешуи. Подсчёт числа склеритов проводился в оральной области чешуи.

Для особи оба параметра ежегодного прироста чешуи были представлены ретроспективным многолетним рядом, пролонгированным в прошлое в зависимости от возраста рыбы. Общая дистанция ретроспективных данных зависела от максимального возраста в средней пробе. Возрастной диапазон в средних пробах следующий: от первого до тринадцатого года жизни. Таким образом, фактический материал представлял собой числовые массивы двух параметров чешуи, сгруппированных по возрастам и соответствующему календарному году от первого до тринадцатилетнего возраста.

Полученные данные являются составными и объединяют четыре периода: 1956–1966 гг., 1979–1988 гг., 1989–1997 гг., 2000–2007 гг.

Поскольку с 1969 г. был введён запрет на лов омуля, который продлился вплоть до середины 70-х гг., данные соответствующего периода в материалах отсутствуют.

Рассчитанный общий среднестатистический ежегодный прирост чешуи, как показатель роста календарного года, был использован в дальнейшем для обобщённого сравнения с изменениями чисел Вольфа. Данные чисел Вольфа получены из интерактивной базы Solar Influences Data Analysis Center (SIDC) [20].

#### *Результаты и обсуждение*

Для каждого года были получены средние значения числа склеритов и линейного прироста чешуи соответствующей годовой зоны (табл. 1). Мы решили не брать во внимание специфику возрастного роста, так как предположили, что априори существуют годы, в течение которых соматический рост и, соответственно, рост чешуи могут качественно различаться в разных возрастных группах (например, в годы, в которые кормовая база обильна благодаря вспышкам численности кормовых организмов).

Сравнительные данные динамики чисел Вольфа и средних показателей годовых приростов чешуи омуля представлены на рис. 1

Графики солнечной активности и приростов чешуи в целом имеют схожие черты во всех рассчитанных временных периодах и представляют собой чередующиеся фрагменты с высокими (участки максимальных чисел) и низкими (участки минимальных чисел) показателями.

Таблица 1

Изменения среднего годового прироста чешуи (L г.з.) и среднего числа склеритов, сформировавшихся внутри годовой зоны (ч. склер.) у байкальского омуля из селенгинской популяции в 1956–1966 гг., 1979–1988 гг., 1989–1997 гг., 2000–2007 гг.

годы	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
L г.з.	0,72± 0,34	0,89± 0,39	0,91± 0,45	0,75± 0,28	0,85± 0,21	0,69± 0,16	0,65± 0,15	0,31± 0,09	0,45± 0,10	0,40± 0,08	0,39± 0,12
число склер.	6,12± 2,82	6,89± 2,18	7,81± 3,18	8,23± 4,18	7,85± 1,65	7,88± 1,25	7,60± 0,85	6,62± 0,75	6,21± 0,69	3,72± 0,15	4,05± 0,91

годы	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
L г.з.	1,08± 0,24	0,98± 0,21	0,43± 0,09	0,52± 0,16	0,62± 0,14	0,59± 0,12	3,95± 0,75	0,62± 0,44	0,31± 0,07	0,51± 0,14
число склер.	6,18± 1,41	5,13± 1,38	3,51± 1,22	4,47± 0,98	4,15± 0,85	3,97± 0,76	4,30± 2,32	4,31± 1,48	3,91± 1,05	3,91± 0,68

годы	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
L г.з.	1,92± 0,31	0,98± 0,15	0,96± 0,14	0,99± 0,16	0,88± 0,15	0,71± 0,16	0,74± 0,13	0,75± 0,84	0,51± 0,06
число склер.	4,82± 0,68	6,02± 1,24	6,11± 1,04	6,89± 1,46	4,55± 0,92	4,50± 0,78	3,91± 0,25	3,32± 0,43	3,01± 0,62

годы	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
L г.з.	1,23± 0,26	1,58± 0,28	1,48± 0,31	0,91± 0,16	0,69± 0,12	0,78± 0,13	0,38± 0,06	0,35± 0,08
число склер.	3,32± 0,23	6,42± 1,04	4,52± 0,89	4,91± 0,76	3,90± 0,87	3,60± 1,12	3,68± 0,72	2,54± 0,34

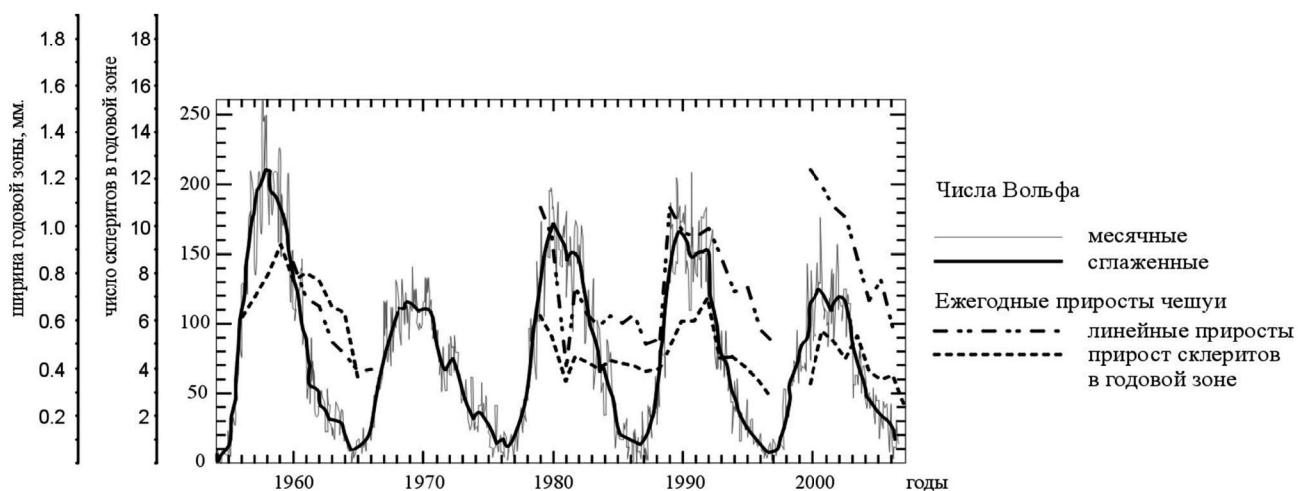


Рис. 1. Динамика показателей роста чешуи омуля и чисел Вольфа

Локальные максимумы и минимумы графиков совпадают не во всех временных периодах. В середине 50-х – середине 60-х гг. XX в. наблюдается смещение локального максимума данных чешуи относительно локального максимума чисел Вольфа на один год: максимум чисел Вольфа в 1958 г., максимум прироста чешуи в 1959 г. Отмечен также аналогичный небольшой сдвиг локального минимума данных чешуи относительно локального минимума чисел Вольфа.

В конце 70-х – конце 80-х гг. прошлого века, напротив, отмечается сдвиг локальных максимумов данных чешуи относительно локального максимума чисел Вольфа на год назад: максимум прироста чешуи в 1979 г., максимум чисел Вольфа в 1980 г. Для этого временного интервала стоит отметить, что участок максимальных чисел представлен двузубцовой кривой графика чисел Вольфа и графика данных прироста чешуи. Отмечается также совпа-

дение локальных максимумов у всех трёх графиков во втором фрагменте участка максимальных чисел в 1982 г. Локальные минимумы этого временного периода у всех представленных на рис. 1 графиков совпадают и приходятся на 1987 г.

Период с конца 80-х – конца 90-х гг. XX в. также характеризуется двузубцовыми кривыми на участке максимальных чисел у всех представленных графиков, а также совпадением локальных максимумов всех трёх графиков во втором фрагменте участка максимальных чисел в 1992 г. Для этого периода также отмечено совпадение локальных минимумов всех графиков в 1997 г. В последнее десятилетие, по данным расчётов 2000–2007 гг., отмечены совпадение локальных максимумов чисел Вольфа и числа склеритов, приходящихся на 2001 г., а также сдвиг на год второго локального максимума кривой числа склеритов относительно

локального максимума кривой чисел Вольфа в 2002–2003 гг.

Изменения приростов чешуи и чисел Вольфа в значительной степени схожи. Коэффициенты корреляции исследованных периодов следующие: 0,48 – для пары «числа Вольфа – число склеритов» в 1956–1966 гг.; 0,85 – для пары «числа Вольфа – линейный годовой прирост» в 1956–1966 гг.; 0,59 – для пары «числа Вольфа – число склеритов» в 1979–1997 гг.; 0,58 – для пары «числа Вольфа – линейный годовой прирост» в 1979–1997 гг.; 0,55 – для пары «числа Вольфа – число склеритов» в 2000–2007 гг.; 0,94 – для пары «числа Вольфа – линейный годовой прирост» в 2000–2007 гг.

Приросты чешуи, формировавшиеся в год «солнечных максимумов», выглядели в общем склеритном полотне участками с разреженно компонованными склеритами (рис. 2).

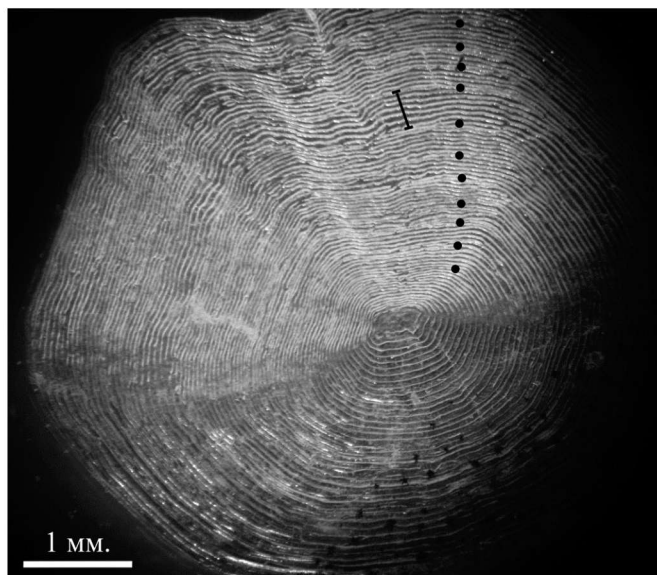


Рис. 2. Склеритное полотно чешуи байкальского омуля. Точками показаны границы между годовыми приростами. Чертой выделен годовой прирост, приходящийся на год максимальной солнечной активности

### Заключение

Результаты сравнения многолетних данных по изменению приростов чешуи байкальского омуля и динамики солнечной активности очевидно показывают, что рост чешуи, а следовательно, и соматический рост в достаточной степени гелиозависим. Таким образом, опираясь на данные прироста чешуи, мы получаем ещё одну возможность судить о качестве здоровья вида. Поэтому для более объективной оценки состояния вида следует обращаться к естественному «паспорту» – регистрирующей

структуре, и естественному источнику ритмов – солнечной активности.

*Публикация статьи осуществлена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 13-04-06068-г.*

### Литература

1. Бирман И. Б. Гелиогидробиологические связи как основа для долгосрочного прогнозирования запасов промысловых рыб (на примере лососей и сельди) / И. Б. Бирман // *Вопр. ихтиологии*, 1973. – Т. 13, вып. 1 (78). – С. 23–37.

2. Бреус Т. К. Биологические эффекты солнечной активности / Т. К. Бреус // *Природа*. – 1998. – № 2. – С. 76–88.
3. Брюзгин В. Л. Методы изучения роста рыб по чешуе, костям и отолитам / В. Л. Брюзгин. – Киев : Наукова думка, 1969. – 188 с.
4. Ваганов Е. А. Склеритограммы как метод анализа сезонного роста рыб / Е. А. Ваганов. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ния, 1978. – 137 с.
5. Васильков В. П. О возможности прогнозирования уловов дальневосточной наваги в Японском море по циклам солнечной активности / В. П. Васильков, Н. Г. Чупышева, Н. Г. Колесова // *Вопр. ихтиологии*. – 1980. – Т. 20, вып. 4. – С. 606–614.
6. Основные пути развития рыбного хозяйства в бассейне оз. Байкал. / М. М. Кожов, К. И. Мишарин. // Рыбы и рыбное хоз-во в бассейне оз. Байкал ; ред. М. М. Кожов, К. И. Мишарин. – Иркутск : Иркут. кн. изд-во, 1958. – 746 с.
7. Мина М. В. Рост животных / М. В. Мина, Г. А. Клевезаль. – М. : Наука, 1976. – 292 с.
8. Монастырский Г. Н. К методике определения темпа роста по измерениям чешуи / Г. Н. Монастырский // *Сб. ст. по методике изучения возраста и роста рыб*. – Красноярск, 1926. – С. 40–80.
9. Редкозубов Ю. Н. Чешуя байкальского омуля как показатель некоторых моментов его биологии. / Ю. Н. Редкозубов // *Вопр. ихтиологии*. – 1968. – Т. 8, вып. 5 (52). – С. 919–930.
10. Решетников Ю. С. Особенности роста и созревания сигов в водоемах Севера / Ю. С. Решетников // *Закономерности роста и динамики численности рыб Белого моря и его бассейна*. – М. : Наука, 1966. – С. 93–155.
11. Смирнов В. В. Формирование годовых зон роста на чешуе байкальского омуля *Coregonus autumnalis migratorius* / В. В. Смирнов, Н. С. Смирнова-Залуми // *Вопр. ихтиологии*. – 1993. – Т. 33, № 1. – С. 121–129.
12. Смирнов В. В. Омули Байкала / В. В. Смирнов, И. П. Шумилов. – Новосибирск : Наука, 1974. – 160 с.
13. Чижевский А. Л. Земное эхо солнечных бурь / А. Л. Чижевский. – М., 1973. – 349 с.
14. Чижевский А. Л. Космический пульс жизни. / А. Л. Чижевский. – М. : Мысль, 1995. – 767 с.
15. Чугунова Н. И. Руководство по изучению возраста и роста рыб : метод. пособие по ихтиологии / Н. И. Чугунова. – М. : Изд-во АН СССР, 1959. – 163 с.
16. Fabré N. N. Annulus formation on scales and seasonal growth of the Central Amazonian anostomid *Schizodon fasciatus* / N. N. Fabré, U. Saint-Paul // *J. of Fish Biology*. – 1998. – N 53. – P. 1–11.
17. Douglass A. E. Dating Our Prehistoric Ruins: How Growth Rings in Timbers Aid in Establishing the Relative Ages in Ruined Pueblos of the Southwest / A. E. Douglass // *Natural History*. – 1921. – Vol. 21, N 2. – P. 27–30.
18. Douglass A. E. Tree-Ring Dates from the Forestdale Valley, East-Central Arizona / A. E. Douglass // *Tree-Ring Bulletin*. – 1940. – Vol. 7, N 21. – P. 14–16.
19. Douglass A. E. Age of Forestdale Ruins Excavated in 1939 / A. E. Douglass // *Tree-Ring Bulletin*. – 1941. – Vol. 8, N 21. – P. 7–8.
20. Solar Influences Data Analysis Center. – URL: <http://sidc.oma.be>.

## Variability of solar activity and its reflection in the natural passport of fish (Baikal omul *Coregonus migratorius* (Georgi))

M. L. Tyagun, N. S. Smirnova-Zalumi

*Limnological Institute SB RAS, Irkutsk*

**Abstract.** The article is devoted to the study of the dependence of annual increments of fish scales from solar activity. We have found the degree of variability between scale characteristics, the linear annual increase and the number of sclerites in annual increase and solar activity is high enough. Both parameters scales have a high correlation with fluctuations of Wolf numbers. We proposed in assessing health Baikal omul include solar rhythm acknowledge and incorporate them into research based on studies of somatic growth.

**Keywords:** fish scale, solar activity, Baikal omul.

Тягун Марина Львовна  
кандидат биологических наук, научный сотрудник  
Лимнологический институт СО РАН  
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3  
тел. (3952) 42–54–15  
E-mail: [mary@lin.irk.ru](mailto:mary@lin.irk.ru)

Смирнова-Залуми Наталья Сергеевна  
кандидат биологических наук,  
старший научный сотрудник  
Лимнологический институт СО РАН  
664520, Иркутская область, пос. Листвянка,  
ул. Академическая, 1  
тел. (3952) 45–31–45  
E-mail: [bmsmirnov@mail.ru](mailto:bmsmirnov@mail.ru)

Tyagun Marina L'vovna  
Ph. D. in Biology, Research Scientist  
Limnological Institute SB RAS  
3 Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033  
tel.: (3952) 42–54–15  
E-mail: [mary@lin.irk.ru](mailto:mary@lin.irk.ru)

Smirnova-Zalumi Natalia Sergeevna  
Ph. D. in Biology, Senior Research Scientist  
Limnological Institute SB RAS  
1 Akademicheskaya St., Listvyanka settl.,  
Irkutsk region, 664520  
tel.: (3952) 45–31–45  
E-mail: [bmsmirnov@mail.ru](mailto:bmsmirnov@mail.ru)