

Ю. В. Робертус, Г. А. Шевченко

## ЗАВИСИМОСТЬ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА И ЕГО ПРИТОКОВ ОТ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

На примере Телецкого озера проанализирована связь гидрохимических характеристик поверхностных водоемов с солнечными циклами. Впервые показана зависимость ряда физико-химических показателей воды озера и его притоков от основных параметров солнечной активности.

**Ключевые слова:** Горный Алтай, Телецкое озеро, гидрохимические показатели, солнечная активность.

**Введение**

В начале XX в. А. Л. Чижевским были заложены основы космобиологии – научного направления, раскрывающего зависимость процессов в биосфере от периодичности солнечной активности [1]. Дальнейшими исследованиями было установлено влияние Солнца и на состояние атмосферы Земли. Однако до настоящего времени влияние солнечной цикличности на характеристики земной гидросферы, особенно ее поверхностного слоя, является слабоизученной проблемой.

Из немногочисленных известных авторам исследований в этом направлении следует отметить работу сотрудников Института лимнологии СО РАН, установивших интенсивное развитие фитопланктона в озере Байкал в периоды максимальной солнечной активности [2].

Из работ по этой проблеме на территории Горного Алтая следует отметить исследование Н. А. Кочевой, установившей связь грозоактивности с 11-летними циклами солнечной активности [3], а также изучение сотрудниками кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ (Л. П. Рихванов и др.) связи состава атмосферных выпадений в регионе за последние 65 лет с гелиофизическими параметрами (на примере ледника Большой Актру).

Проведенный в работе [4] анализ тенденций изменения содержания микроэлементов в талой воде ледника Бол. Актру показал не только идентичность их поведения, но и отчетливо проявленную цикличность распределения, которая выражается в закономерном возрастании их концентраций в десятки-сотни раз в периоды минимальной солнечной активности.

Из литературы известно, что в эти периоды значительно возрастает активность процессов энерго- и массообмена в оболочках Земли, в том числе в ее атмосфере. По мнению А. Н. Дмитриева [5], в это время на выпадение атмосферных аэрозолей оказывают дополнительное влияние космические лучи, наибольшая интенсивность которых проявляется в минимумы солнечной активности. Установлено, что под влиянием космических лучей усиливается ионизация тропосферы, электромагнитные процессы в ней достигают максимума, что и приводит к усилению аэрозолеобразования и, следовательно, к увеличению содержания микроэлементов в атмосферных выпадениях. Это подтверждается значимыми прямыми корреляционными связями между содержанием изученных химических элементов в талой воде ледника Актру (Na, Mg, Al, Ca, Ti, Fe, Cr, Sr, W и др.) и минимумами солнечной активности (на примере числа Вольфа) в период 1939–2005 гг. (рис. 1).

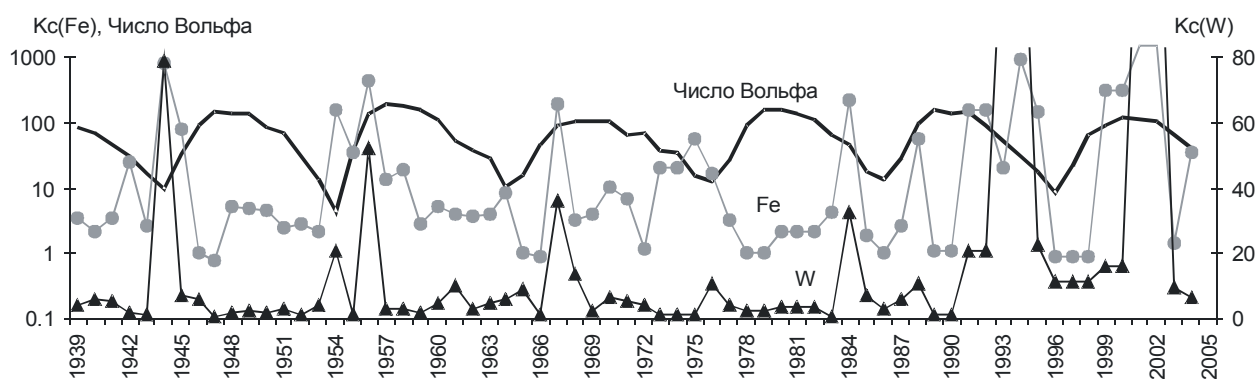


Рис. 1 Связь содержания микроэлементов в талой воде ледника Бол. Актру с солнечными циклами

**Методика исследования**

Для изучения возможного влияния солнечной активности на гидрохимические характеристики Телецкого озера и его основных притоков использована база фактических данных Запсибгидромета за 1985–

2002 гг. (пункты Артыбаш, Яйлю, Кыга, Кокши и Чулышман), содержащая значения более 40 показателей состояния воды.

Основной метод исследования заключался в проведении корреляционного анализа по Спирмену меж-

Таблица 1

Уровни связи физико-химических показателей воды Телецкого озера и его основных притоков с параметрами солнечной активности

Параметр	pH	Прозрачность	Насыщение кислородом	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Смолы, асфальтены	Si	Ni	Mo
Телецкое озеро (пункты Артыбаш, Яйло, Кыга)										
W	-0.54	-0.44	0.32	0.18	-0.19	<b>0.53</b>	-0.56	-0.50	-0.25	0.55
10.7 см	-0.52	-0.38	0.31	0.15	-0.15	<b>0.49</b>	-0.59	-0.47	-0.31	0.53
C9	-0.39	-0.32	<b>0.51</b>	0.19	-0.08	0.27	-0.24	-0.43	-0.34	0.46
Ar	-0.34	-0.32	<b>0.50</b>	0.19	-0.06	0.27	-0.21	-0.44	-0.30	0.42
ГКЛ	0.40	0.20	-0.40	-0.02	0.15	-0.21	0.29	0.43	0.32	-0.36
Основные притоки Телецкого озера (Чулышман, Кокши)										
W	-0.41	-0.76	<b>0.69</b>	<b>0.46</b>	-0.62	<b>0.43</b>	-0.59	-0.28	-0.40	<b>0.79</b>
10.7 см	-0.35	-0.76	<b>0.62</b>	<b>0.48</b>	-0.62	0.39	-0.62	-0.24	-0.47	<b>0.68</b>
C9	-0.53	-0.45	<b>0.57</b>	<b>0.43</b>	-0.66	0.10	-0.30	-0.24	-0.62	0.35
Ar	-0.46	-0.47	<b>0.57</b>	<b>0.43</b>	-0.69	0.14	-0.29	-0.33	-0.60	0.29
ГКЛ	<b>0.46</b>	<b>0.72</b>	-0.68	-0.56	<b>0.42</b>	-0.33	0.44	0.23	<b>0.51</b>	-0.64

Примечание: Значения коэффициентов парной корреляции: жирный шрифт для  $r=0.10$ , жирный курсив для  $r=0.05$ .

ду среднегодовыми физико-химическими показателями состава воды в вышеотмеченных пунктах и основными параметрами солнечной активности – числом Вольфа (W), геомагнитными индексами (C9, Ar, Cp, aa), потоком солнечного радиоизлучения на длине волны 10.7 см (серии C, D), потоком галактических космических лучей (ГКЛ).

С идентичным подходом был проведен предварительный анализ связей между термическим режимом воды и приземного воздуха с гидрохимическими и гелиофизическими параметрами, а также оценено влияние последних на уровень водного зеркала Телецкого озера.

#### Обсуждение результатов

Полученные в результате проведенного анализа данные, частично сведенные в табл. 1, могут быть интерпретированы следующим образом.

Между физико-химическими показателями состава воды Телецкого озера и его притоков существуют прямые и обратные разноуровневые (значимые и субзначимые) связи с изученными гелиофизическими параметрами. Обращает на себя внимание практически одинаковый характер корреляционных связей параметров солнечной активности с показателями как озерной, так и речных вод. Для последних, как правило, характерны более высокие значения и частота встречаемости этих связей, что предположительно объясняется значительной ролью в их питании атмосферных осадков, более подверженных солнечному влиянию [6].

Следует также отметить более высокий по сравнению с геомагнитными индексами уровень корреляционных связей между изученными гидрохимическими показателями и такими гелиофизическими параметрами, как число Вольфа и поток солнечного радиоизлучения на длине волны 10.7 см, а также «про-

тивофазный» характер связей всех вышеотмеченных параметров с потоком галактических космических лучей (ГКЛ). Такое положение вполне согласуется с установленными соотношениями между использованными в работе гелиофизическими параметрами.

Для изученных озерных и в меньшей степени для речных пунктов наблюдаются некоторые различия в уровне значимости и знаке корреляционных связей гидрохимических и гелиофизических показателей, которые можно объяснить их гидрологическими особенностями, в частности различием глубин, условий водообмена и пр. Возможно, сказываются и отличия в уровне антропогенной нагрузки на разные участки озера.

Из изученных гидрохимических показателей обратные связи с гелиофизическими параметрами (кроме ГКЛ) характерны для pH, прозрачности озерной и речных вод, содержания в них нитрит-иона, природных смол, кремнезема и ряда тяжелых металлов. Прямые зависимости присущи для насыщенности кислородом, иона аммония, сульфат-иона, молибдена, ванадия и пр. (табл. 1).

Механизмы влияния солнечной активности на закономерные изменения вышеотмеченных показателей состава воды в настоящее время не установлены, хотя имеются данные о закономерном увеличении ( $r=0.7-0.85$ ) электропроводимости воды в периоды солнечной активности. Можно также предполагать, что увеличение в воде концентрации водородных ионов (уменьшение pH), наблюдаемое в минимумы солнечных циклов, происходит под влиянием потока галактических космических лучей (ГКЛ) и влечет за собой изменение растворимости ряда элементов и газов, а также смещение баланса химических реакций в природных водах. В частности, об этом свидетельствуют противоположные тенденции поведения ионов



Для проверки предположения о возможной связи термического фактора с гелиофизическими и гидрохимическими показателями, в том числе с газовым режимом (концентрация и насыщение кислорода, углекислого газа), рассчитаны их коэффициенты корреляции для пунктов Артыбаш (температура воды) и Яйлю (температура воздуха) (табл. 2).

Полученные данные указывают на наличие значимой зависимости термического режима воды и приземного воздуха от параметров  $W$ , потока солнечного радиоизлучения (прямая корреляция) и ГКЛ (обратная корреляция). В то же время температурный режим тесно связан с рядом физико-химических показателей озерной воды, что является косвенным сви-

детельством влияния солнечной активности как на гидрохимическую, так и гидрологическую характеристику Телецкого озера. В пользу этого предположения говорит субзначимая связь между уровнем воды в озере и основными гелиофизическими параметрами ( $W$ ,  $S_9$ ).

Предварительные выводы:

– распределение ряда показателей химического состава воды Телецкого озера и его основных притоков находится в зависимости от циклов солнечной активности;  
– намечается связь отдельных гидрологических характеристик и температурного режима Телецкого озера с гелиофизическими параметрами.

### Список литературы

1. Чижевский А. Л. Земля в объятиях Солнца. М.: ЭКСМО, 2004. 928 с.
2. Bondarenko N. A., Evstafyev V. K. Eleven and ten-year cycles of Lake Baikal spring phytoplankton conformed to solar activity cycles // *Hydrobiologia*. 2006. P. 19–24
3. Кочеева Н. А. Влияние природно-техногенных систем на грозоактивность Горного Алтая: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2002. 23 с.
4. Рихванов Л. П. и др. Особенности распределения химических элементов в талой воде ледника Большой Актру (Горный Алтай) // *Изв. ТПУ*. 2008. Т. 313. № 1. С. 97–103.
5. Дмитриев А. Н. Природные электромагнитные процессы на Земле. Горно-Алтайск: «Универ-Принт», 1995. 80 с.
6. Робертус Ю. В., Шевченко Г. А. К вопросу зависимости гидрохимических показателей Телецкого озера и его притоков от солнечной активности // *Современные проблемы геоэкологии горных территорий: мат-лы междунар. науч. конф. Горно-Алтайск: ГАГУ, 2008. С. 71–77.*

Робертус Ю. В., кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник.

**Институт водных и экологических проблем СО РАН.**

Ул. Молодежная, 1, г. Барнаул, Алтайский край, Россия, 656038.

E-mail: ariecol@mail.gornu.ru

Шевченко Г. А., аспирант.

**Горно-Алтайский государственный университет.**

Ул. Ленкина, 1, г. Горно-Алтайск, Республика Алтай, Россия, 649000.

E-mail: shevchenko\_genna@mail.ru

*Материал поступил в редакцию 24.08.2009*

*Yu. V. Robertus, G. A. Shevchenko*

### TO QUESTION OF THE DEPENDENCIES HYDROGEOCHEMICAL FACTORS LAKE TELETCKY AND ITS INFLUX FROM SOLAR ACTIVITY

In work on example Telecky lake is analysed relationship hydrogeochemical features surface area of water with solar cycles. For the first time dependency of the number physico-chemical factors of water lake and its influx is shown from main parameter of the solar activity.

**Key words:** *Telecky lake, hydrogeochemical factors, solar activity.*

Robertus Yu. V.

**Institute of Water and Environmental Problems SB RAS.**

Ul. Molodezhnaya, 1, Barnaul, Altayskii krai, Russia, 656038.

E-mail: ariecol@mail.gornu.ru

Shevchenko G. A.

**Gorno-Altai State University.**

Ul. Lenkina, 1, Gorno-Altai, Altai Republic, Russia, 649000.

E-mail: shevchenko\_genna@mail.ru