

О ВЗАИМОСВЯЗИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДЫ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА И ЕГО ПРИТОКОВ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

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: Телецкое озеро; гидрохимический состав; солнечная активность.

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 её поверхностного слоя, является недостаточно изученной проблемой.

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

Из работ по этой проблеме на территории Горного Алтая следует отметить исследование Н.А. Кочевой [3], установившей связь грозоактивности с 11-летними циклами солнечной активности, а также изучение сотрудниками кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ (Л.П. Рихванов и др. [4]) 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 ледни-

ка Большой 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, как следствие, 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).

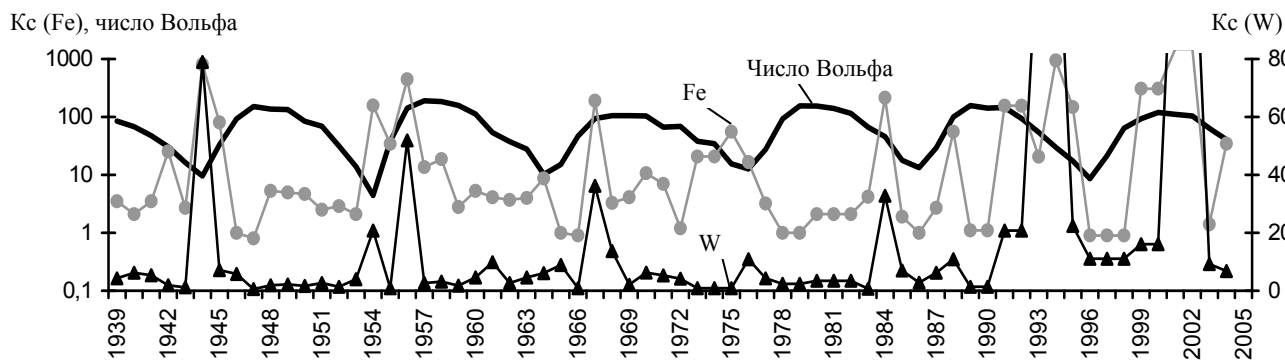


Рис. 1. Связь микроэлементов в талой воде ледника Большой Актру с солнечными циклами

Методики 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 между среднегодовыми физико-химическими показателями состава воды в вышеотмеченных пунктах и основными

параметрами солнечной активности – числом Вольфа (W), геомагнитными индексами (C9, Ap, Cp, aa), потоком солнечного радиоизлучения на длине волны 10,7 см (серии C, D), потоком галактических космических лучей (ГКЛ) [6].

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 пара-

метрами. 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.

Т а б л и ц а 1

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

Параметр	pH	Прозрач- ность	Насыщение ки- слородом	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	SO ₄ ²⁻	Смолы, асфальтены	Si	Ni	Mo
Телецкое озеро (пункты Артыбаш, Яйлю, Кыга)										
W	-0,54	-0,44	0,32	0,18	-0,19	0,53	-0,56	-0,50	-0,25	0,55
10,7 см	-0,52	-0,38	0,31	0,15	-0,15	0,49	-0,59	-0,47	-0,31	0,53
C9	-0,39	-0,32	0,51	0,19	-0,08	0,27	-0,24	-0,43	-0,34	0,46
Ar	-0,34	-0,32	0,50	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	0,69	0,46	-0,62	0,43	-0,59	-0,28	-0,40	0,79
10,7 см	-0,35	-0,76	0,62	0,48	-0,62	0,39	-0,62	-0,24	-0,47	0,68
C9	-0,53	-0,45	0,57	0,43	-0,66	0,10	-0,30	-0,24	-0,62	0,35
Ar	-0,46	-0,47	0,57	0,43	-0,69	0,14	-0,29	-0,33	-0,60	0,29
ГКЛ	0,46	0,72	-0,68	-0,56	0,42	-0,33	0,44	0,23	0,51	-0,64

Примечание. Значения коэффициентов парной корреляции: жирный шрифт для $p = 0,10$, жирный курсив для $p = 0,05$.

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 «противофазный» 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. (см. 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 [7]. 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 аммония и образующихся при их окислении нитритов, а также увеличение насыщения кислородом в максимумы солнечной активности.

Снижение прозрачности воды в периоды активного Солнца, по-видимому, связано с увеличением концентрации в ней взвешенных веществ, что, предположительно, обусловлено увеличением инсоляции, прямым следствием которой являются повышенное таяние снежников (ледников) и увеличение поступления тонкобломочного материала в водоемы.

Вышеотмеченные наиболее показательные и значимые ($p = 0,05$) корреляционные связи между гелиофизическими параметрами и физико-химическими показателями воды Телецкого озера и его основных притоков, наглядно видны на графиках их распределения (рис. 2).

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 свидетельством влияния солнечной активности как на гидрохимическую, так и гидрологическую характеристику Телецкого озера. В пользу этого предположения говорит суб-

значимая связь между уровнем воды в озере и основными гелиофизическими параметрами (W, C9). Анало-

гичная зависимость между солнечными циклами и уровнем степных озер в Зауралье отмечена в работе [8].

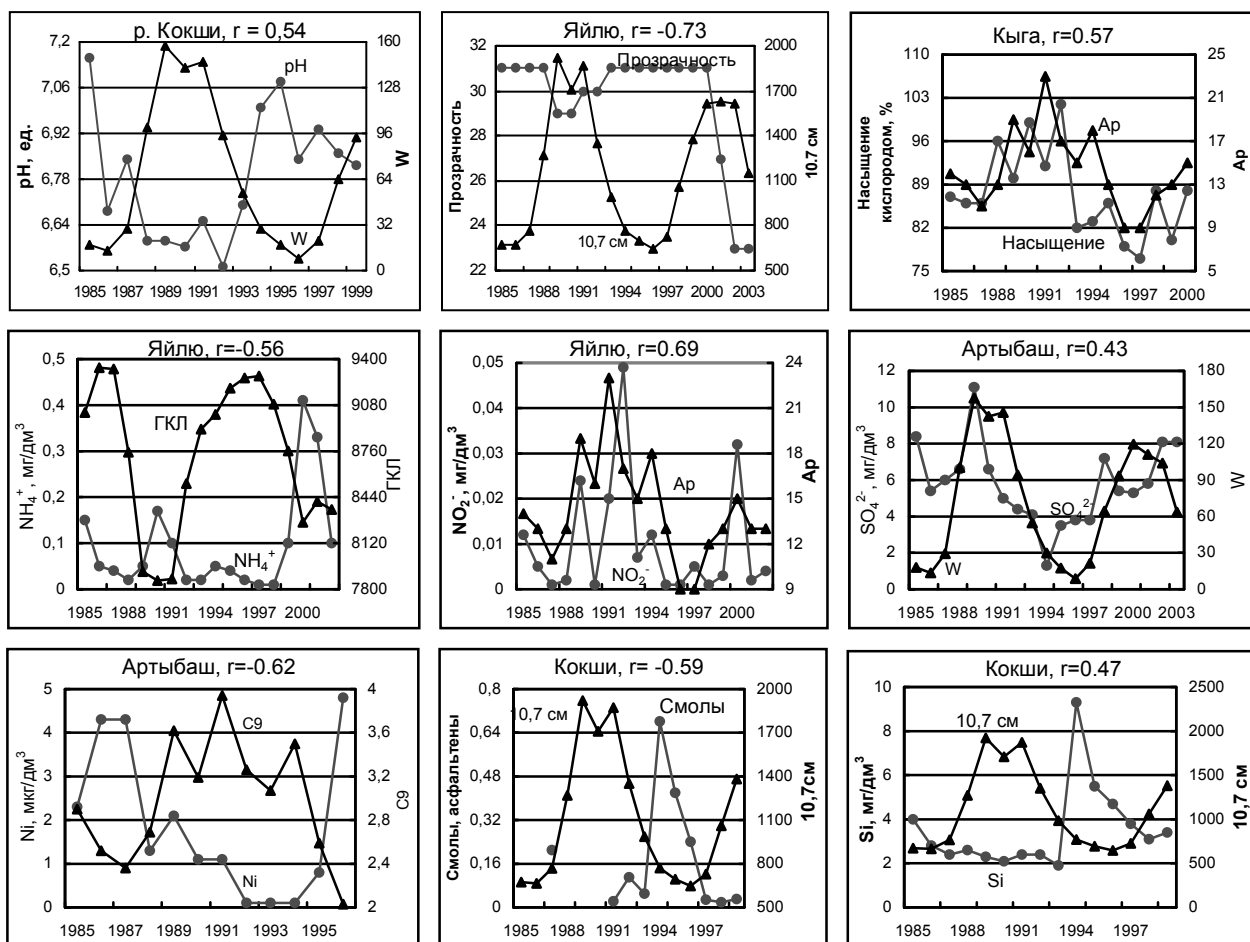


Рис. 2. Распределение гидрохимических показателей Телецкого озера и его притоков

Таблица 2

Связь температуры воды Телецкого озера (Артыбаш) и приземного воздуха (Яйлю) с гидрохимическими показателями воды и гелиофизическими параметрами

Параметр	Прозрачность	Насыщение кислородом	CO ₂	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	C _{г.общ}	Смолы, асфальтены	W	10,7 см	ГКЛ
Температура воды	-0,77	-0,59	-0,41	0,65	0,70	-0,91	-0,30	0,95	0,93	-0,93
Температура воздуха	-0,62	-0,67	-0,66	0,37	0,79	-0,75	-0,78	0,83	0,84	-0,72

Примечание. Жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты парной корреляции при $p = 0,05$.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что распределение ряда показателей химического состава воды Телецкого озера и его основных притоков находится в зависимости от циклов солнеч-

ной активности; намечается связь отдельных гидрологических характеристик и температурного режима Телецкого озера с гелиофизическими параметрами.

ЛИТЕРАТУРА

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.-минер. наук. Томск, 2002. 23 с.
4. Рихванов Л.П., Робертус Ю.В. др. Особенности распределения химических элементов в талой воде ледника Большой Актру (Горный Алтай) // Известия ТПУ. 2008.
5. Дмитриев А.Н. Природные электромагнитные процессы на Земле. Горно-Алтайск: Универ-Принт, 1995. 80 с.
6. World Data Center in Russia. URL: www.wdcb.ru
7. Агеев И.М., Шишкин Г.Г. Влияние солнечной активности на электропроводность воды. URL: http://cosmobio.science-center.net/russian/conf/c01/4_10.html
8. Уровень воды в озёрах. URL: <http://articles.excelion.ru/science/geografy/15334481.html>, %20'Уровень%20воды%20в%20озёрах

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 22 июня 2009 г.