

В целом отметим, что создание линейных природно-технических систем в узкой прибрежной полосе озера, включая комплекс берегоукрепительных сооружений, в современный период способствует формированию берегов природно-техногенного типа. Подъем уровня озера изменил естественный ход развития абразии и аккумуляции, что теперь зависит от искусственно регулируемого колебания уровня воды. При этом береговая зона становится геодинамически неустойчивой. На берегах, сложенных коренными породами, особенно на участках развития рыхлых отложений, в периоды превышения уровня отметки нормального подпорного горизонта наблюдается активизация гравитационных процессов. В периоды же низкого стояния уровня воды происходит процесс активного размыва и углубления осушенных пляжей, отмелей, на базе чего в береговой зоне озера формируются эоловые формы рельефа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Рогозин А. А.** Береговая зона Байкала и Хубсугула (морфология, динамика и история развития). — Новосибирск: Наука, 1993.
2. **Лапердин В. К.** К вопросу морфолитогеоза и денудации в перигляциальном поясе юга Восточной Сибири // География и природ. ресурсы. — 1985. — № 1.
3. **Инженерная геология Прибайкалья.** — М.: Наука, 1968.
4. **Пинегин А. В.** Прогноз переработки берегов естественных водоемов на примере озера Байкал // Долгосрочные прогнозы природных явлений. — Новосибирск: Наука, 1977.
5. **Гречищев Е. К.** Береговые укрепления на Байкале // Исследования берегов водохранилищ и озера Байкал. — М.: Наука, 1964.
6. **Иметхенов А. Б.** Бурятия: Стихии и катастрофы. — Улан-Удэ: Изд-во Бурят. ун-та, 2003.
7. **Вика С., Намзалов Б. Б., Овчинников Г. И. и др.** Пространственная структура эоловых урочищ восточного побережья озера Байкал. — Иркутск, 2003.

*Институт земной коры СО РАН,
Институт географии СО РАН, Иркутск
Бурятский государственный университет, Улан-Удэ
Силезский университет, Катовице, Польша*

*Поступила в редакцию
25 августа 2005 г.*

УДК 551.465.16(282.256.341)

В. В. БЛИНОВ, Н. Г. ГРАНИН, Р. Ю. ГНАТОВСКИЙ, А. А. ЖДАНОВ, С. РИМКУС

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДНЫХ МАСС В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ МЕТОДОМ *T*, *S*-АНАЛИЗА

*Применение CTD-зонда SBE-25 позволяет получать данные, которые могут использоваться для *T*, *S*-анализа водных масс Байкала. В Южном и Среднем Байкале вертикальный профиль *Sc* имеет промежуточный минимум на глубине около 1000 и 1300 м соответственно. В Северном Байкале значение суммы ионов возрастает с глубины примерно 100 м до дна, что обусловлено специфическим механизмом обновления глубинных вод северной котловины за счет опускания более минерализованных вод, поступающих из средней.*

В южной и средней котловинах выделено пять основных водных масс, условно названных поверхностной (ПМ), верхней промежуточной (ВПМ), нижней промежуточной (НПМ), глубинной (ГМ) и придонной (ПДМ), не обнаруженной в северной котловине.

*With the use of the CTD-probe SBE-25, it is possible to obtain data useful for *T*, *S*-analysis of Baikal's water masses. In Southern and Middle Baikal, the vertical profile *Sc* has an intermediate minimum at a depth of about 1000 and 1300 m, respectively. In Northern Baikal, the value of the amount of ions increases from a depth of about 100 m to the floor, which is attributed to the specific mechanism of deep water renewal in the northern basin because of the lowering of the more mineralized waters arriving from the middle basin.*

In the southern and middle basin, five main water masses have been identified, which were arbitrarily termed the surface (SM), upper intermediate (UIM), lower intermediate (LIM), deep (DM), and near-bottom (NBM) that was not detected in the northern basin.

© 2006 Блинов В. В., Гранин Н. Г., Гнатовский Р. Ю., Жданов А. А., Римкус С. (e-mail: bwad@lin.irk.ru)

Ранее для выделения водных масс в оз. Байкал использовались данные дискретных измерений температуры, концентрации биогенных элементов и кислорода, а также гидрооптические характеристики. На основании этих материалов разные авторы выделяли в водной толще озера две [1] или три [2, 3] водные массы — верхний деятельный слой (0–300 м), глубинную часть и придонную зону (50–300 м от дна). В настоящее время использование высокоточных приборов для измерения температуры, гидростатического давления (далее — p) и электропроводности воды позволяет вычислять ионную составляющую растворенного вещества с точностью выше чем 0,1 мг/л. Это дает возможность использовать для оз. Байкал аппарат T, S -анализа водных масс, применяемый в океанологии.

Впервые метод представления данных температуры и солености в океане для выделения и анализа водных масс в виде T, S -кривых применен Гелланд-Гансеном в 1918 г. Теоретическое обоснование T, S -анализа выполнено В. Б. Штокманом [4] и получило дальнейшее развитие в работах отечественных авторов [5, 6]. Первое определение водной массы предложил в 1929 г. А. Дефант [7], а А. Д. Добровольский дал ее классическое определение [8]. Водные массы внутриконтинентальных водоемов впервые описал Г. Ю. Верещагин [1], определение же водной массы континентальных водоемов принадлежит Н. В. Буторину [9]: «Водная масса — некоторый, сравнительно большой объем воды, формирующийся в определенных физико-географических условиях бассейна или в самом водоеме, обладающий в течение каждой фазы гидрологического режима почти постоянными величинами и непрерывным распределением физических, химических и биологических характеристик, составляющих единый комплекс и распространяющихся как одно целое» (с. 3).

В настоящей работе приводятся результаты анализа T, S -кривых для оз. Байкал. Этот метод основан на правилах (теоремах) «геометрии T, S -кривых» [6, 7], заключающихся в следующем. Прежде всего определяется количество водных масс, а затем их первоначальные термохалинные индексы (T, S -индексы). На последнем этапе выделяются границы водных масс и глубины залегания их ядер.

Количество водных масс, определяемое по форме T, S -кривой, равно количеству точек экстремума кривой плюс две конечные точки. Под точками экстремума подразумеваются такие точки T, S -кривой, в которых касательная к ней меняет направление наклона по отношению к прямой, соединяющей ее концы [5]. Согласно правилам T, S -анализа к выпрямленным участкам T, S -кривой проводятся касательные, пересечения которых в области экстремумов определяют значение температуры и солености промежуточных водных масс — T, S -индексы. Крайним водным массам соответствуют конечные точки T, S -кривой. На T, S -индексах, как на вершинах, строятся треугольники смещения. Пересечение главной медианы треугольника с T, S -кривой характеризует глубину залегания ядра, а пересечения побочных медиан с кривой соответствуют границам промежуточной водной массы. Положения ядер промежуточных водных масс совпадают с экстремумами T, S -кривой.

Параметрами, традиционно используемыми в океанологии для построения T, S -кривых, служат потенциальная температура (θ) и соленость (S). Потенциальная температура воды — это температура частицы, адиабатически приведенная к атмосферному или нулевому гидростатическому давлению, что соответствует поднятию частицы с глубины к поверхности без обмена теплом и солями с окружающей средой [6].

Проведено сравнение значений потенциальной температуры воды и температуры *in situ* (T). Для вычислений адиабатической поправки ($\Delta T_{ад} = \theta - T$) использовались две разные формулы (С. Chen, F. Millero [10] и D. Farmer [11]). Расчеты показали, что разница между θ и T увеличивается с глубиной. В районе максимальных глубин Байкала (рис. 1, станция 7) на горизонте 1000 м адиабатическая поправка составляет $-0,028$ °С, а на глубине 1630 м $-0,033$ °С. Ее относительно небольшое значение связано с тем, что температура воды в глубинной зоне Байкала близка к температуре максимальной плотности и адиабатический градиент температуры при этом очень мал [11].

Следует отметить, что потенциальную температуру в оз. Байкал нельзя применять при расчетах частоты Вайсяля, которая характеризует статическую устойчивость стратификации [12]. Поскольку различие потенциальной и *in situ* температур невелико, а также вследствие того, что потенциальную температуру нельзя использовать при расчете частоты Вайсяля, для построения T, S -кривых используется измеренная *in situ* температура.

Вместо солености (S), применяемой при исследовании морских и океанических вод, в Байкале использовалась ионная составляющая растворенного вещества (Sc) (далее условно названная суммой ионов), определяемая по электропроводности воды и выражаемая в мг/кг. Для этого измеренная *in situ* электропроводность k_T^p (мкСм/см) при температуре T (°С) и давлении p (дбар) приводилась к нулевому гидростатическому давлению ($p = 0$) по формуле [13]

$$k_T^0 = k_T^p \cdot (1 + 1,556 \times 10^{-5} p)^{-1}. \quad (1)$$

Рис. 1. Схема расположения станций (16–22 октября 2001 г.).

1 — мыс Ивановский—р. Мурино, 2 — мыс Толстый—р. Снежная, 3 — пос. Листвянка—мыс Танхой, 4 — мыс Кадильный—р. Мишиха, 5 — р. Анга—р. Сухая, 6 — мыс Ухан—мыс Тонкий, 7 — в 7 км от мыса Ижмей, 8 — мыс Хобой—мыс Крестовый, 9 — мыс Солнечный—о. Ушканий, 10 — мыс Заворотный—р. Сосновка, 11 — мыс Елохин—р. Давша, 12 — мыс Черемшанный—мыс Кабаний, 13 — с. Байкальское—мыс Турали. Стрелками указаны преобладающие течения в слое от 0 до 100 м [16].



Затем рассчитывалась электропроводность $k_{3,5}$ (мкСм/см), приведенная к фиксированной температуре, близкой к таковой основной части водной толщи Байкала ($3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) [14]:

$$k_{3,5} = k_T^0 / (0,8859 + 3,1493 \times 10^{-2} T + 3,4839 \times 10^{-4} T^2 - 8,3823 \times 10^{-6} T^3 - 3,7658 \times 10^{-7} T^4). \quad (2)$$

Ионная составляющая Sc рассчитывалась по уравнению, основанному на расчетах из [13] (R. Hohmann, R. Kirfeg и др.) с введением поправочного коэффициента для температуры [14]:

$$Sc = 1,614 \cdot k_{3,5} (8,4456 \times 10^{-4} + 1,614 \cdot k_{3,5} (3,2654 \times 10^{-7} - 1,614 \cdot k_{3,5} \cdot 4,3774 \times 10^{-10})). \quad (3)$$

Данные по температуре и электропроводности на вертикалях получены с помощью высокоточного STD — зонда SBE-25 (точность измерения температуры $0,002\text{ }^{\circ}\text{C}$, электропроводности $0,0003\text{ См/м}$).

Таким образом, применяя метод анализа T , S -кривых для оз. Байкал, мы используем показатели T и Sc .

В работе приведены данные за октябрь 2001 г. для центральных станций четырех разрезов в южной котловине (см. рис. 1, станции 1–4), трех — в средней котловине (см. рис. 1, станции 5, 6, 8) и пяти — в северной (см. рис. 1, станции 9–13). Кроме того, для Среднего Байкала использованы данные для района максимальных глубин (см. рис. 1, ст. 7).

При сопоставлении T , Sc -кривых для разных котловин озера выявлены их общие черты и некоторые особенности. В Южном и Среднем Байкале при сходной форме T , Sc -кривых характеристики водных масс имеют различия, рассмотренные ниже. В этих двух котловинах выделяется пять основных водных масс, условно названных поверхностной (ПМ), верхней промежуточной (ВПМ), нижней промежуточной (НПМ), глубинной (ГМ) и придонной (ПДМ). В северной котловине Байкала ПДМ нет.

ВНУТРИКОТЛОВИННЫЕ РАЗЛИЧИЯ

Южная котловина. Вследствие пространственной неоднородности верхнего слоя в Южном Байкале T , S_c -характеристики ПМ отличаются значительной изменчивостью (рис. 2, А) — температуры 1,32 °С (4,96–6,28°) и S_c 0,62 мг/кг (от 95,8 до 96,42 мг/кг). По вертикальным профилям температуры и суммы ионов в ПМ на ст. 3 можно выделить квазиоднородный слой — от 0 до 30 м, а также термоклин в интервале глубин 40–70 м, где градиенты температуры достигают $-0,09$ °С/м. Нижняя граница ПМ близка к глубине мезотермического максимума при зимней температурной стратификации.

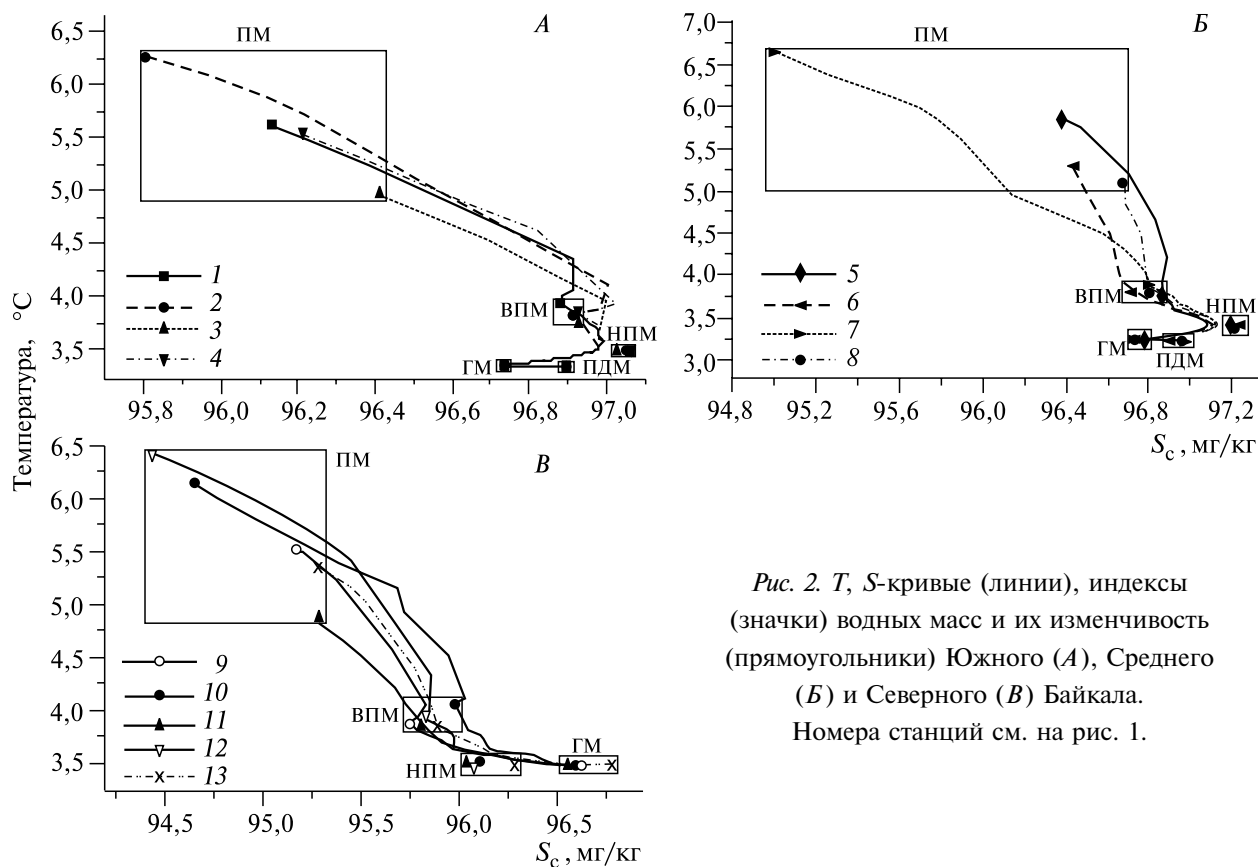
Вертикальные размеры (мощность) ПМ и ВПМ вдоль южной котловины практически одинаковы и составляют около 80 м каждая. Лишь на ст. 3 отмечено увеличение мощности ПМ до 130 м, а также заглубление нижней границы ВПМ до 210 м и ядра НПМ до 340 м.

В октябре ВПМ находится на глубине от 80 до 160 м, где профиль температуры близок к таковому максимальной плотности воды ($T_{мп}$). Изменение индекса температуры составляет от 3,79 до 3,96 °С (0,17 °С), а S_c — от 96,88 до 96,93 мг/кг (0,05 мг/кг). Градиенты температуры ВПМ близки к градиенту $T_{мп}$ и составляют примерно $-0,002$ °С/м.

НПМ южной котловины характеризуется максимумом S_c и расположена в слое от 150 до 510 м с ядром на глубине 280–340 м. Температурный индекс этой водной массы изменяется от 3,51 до 3,52 °С (0,01 °С), S_c от 97,03 до 97,07 мг/кг (0,04 мг/кг), мощность — от 300 до 360 м. Градиент температуры составляет в среднем $-0,0007$ °С/м.

ГМ в южной котловине расположена на глубинах от 480 до 1280 м и характеризуется самым большим размером по вертикали — до 770 м с глубиной ядра от 920 до 980 м. На станциях 1 и 4, находящихся в центральных частях циркуляционных ячеек поверхностных конвективно-градиентных течений (см. рис. 1), отмечается заглубление ядра. Изменения T , S_c -индексов ГМ южной котловины ($T = 3,37$ °С, $S_c = 96,73$ мг/кг) находятся в пределах 0,01 °С по температуре и 0,01 мг/кг по S_c . Эта водная масса характеризуется минимумом S_c , градиент ее температуры около $-0,0001$ °С/м.

Мощность ПДМ изменяется от 180 м, причем увеличение наблюдается в районе максимальных глубин южной котловины. Индексы составляют: $T = 3,36$ °С, $S_c = 96,90$ мг/кг. Изменчивость первого мала — в пределах 0,01 °С. Основной вклад в изменчивость S_c -индекса (0,07 мг/кг) вносит повышенное значение суммы ионов на ст. 3 — 96,97 мг/кг. Градиент температуры минимален и составляет $-3 \cdot 10^{-5}$ °С/м.



На ст. 3 термоклин и вертикальные границы ВПМ глубже примерно на 40 м, чем на других станциях южной котловины. При этом температурный индекс меньше ($4,96\text{ }^{\circ}\text{C}$), а Sc ($96,42\text{ мг/кг}$) — больше, чем на соседних станциях. Здесь также больше глубина ядра НПМ. Граница между НПМ и ГМ лежит практически на одном горизонте — 510 м.

Средняя котловина. В Среднем Байкале нижняя граница ПМ находится на глубине около 100 м, заглубляясь до 130 м на ст. 7. По вертикальному распределению температуры выделяется поверхностный квазиоднородный слой — до 70 м от поверхности (ст. 8). Глубина залегания термоклина в ПМ меняется от 30 м на ст. 5 до 80 м на ст. 8. T , Sc -характеристики ПМ (см. рис. 2, *Б*) имеют значительную изменчивость температуры — $1,58\text{ }^{\circ}\text{C}$ (от $5,06$ до $6,64^{\circ}$) и Sc — $1,68\text{ мг/кг}$ (от 95 до $96,68\text{ мг/кг}$). В северной части котловины на ст. 7 понижение суммы ионов до 95 мг/кг обусловлено влиянием поверхностных вод, поступающих из Северного Байкала [15].

Мощность ВПМ в Среднем Байкале уменьшается с юга на север от 170 до 110 м. При этом размах изменений индексов по температуре составляет $0,11\text{ }^{\circ}\text{C}$ (от $3,75$ до $3,86^{\circ}$), по Sc — $0,13\text{ мг/кг}$ ($96,72$ – $96,85$). В южной части котловины на ст. 5 значение суммы ионов повышено ($96,85\text{ мг/кг}$) за счет влияния вод Селенги. Вертикальное распределение температуры близко к $T_{\text{мп}}$. Глубина верхней границы — 90 – 130 м , нижней — 220 – 270 м .

Мощность НПМ увеличивается с юга на север от 560 до 680 м, как и глубина залегания ядра — от 510 м на ст. 5 до 610 м на ст. 8. Индекс температуры изменяется в пределах $3,37$ – $3,39\text{ }^{\circ}\text{C}$, а Sc — $97,20$ – $97,24\text{ мг/кг}$. Как и в южной котловине, здесь отмечается максимум Sc .

Верхняя граница ГМ заглубляется от ст. 5 к ст. 8. Мощность этой водной массы изменяется от 330 м (ст. 5) до 670 м (ст. 7). Нижняя граница находится в 20 – 90 м от дна. Температура меняется от $3,22$ до $3,23\text{ }^{\circ}\text{C}$, а Sc — от $96,74$ до $96,78\text{ мг/кг}$. Повышенное на $0,04\text{ мг/кг}$ значение суммы ионов наблюдается на ст. 5. ПДМ в Среднем Байкале имеет небольшую мощность — от 20 до 90 м, а также низкое значение индекса температуры, изменяющегося, как и в ГМ, от $3,22$ до $3,23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sc -индекс ПДМ составляет от $96,89$ до $96,97\text{ мг/кг}$.

Северная котловина. Минерализация вод здесь меньше, чем в средней и южной котловинах. Самыми низкими значениями Sc (от $94,43$ до $95,29\text{ мг/кг}$) характеризуется ПМ (см. рис. 2, *В*). Температура этой водной массы изменяется от $4,83$ до $6,42\text{ }^{\circ}\text{C}$, ее мощность — 80 – 100 м , кроме ст. 13, где она достигает 130 м .

В ВПМ изменчивость T , Sc -характеристик меньше и составляет для температуры $0,24\text{ }^{\circ}\text{C}$ (от $3,8$ до $4,04^{\circ}$), суммы ионов — $0,23\text{ мг/кг}$ (от $95,74$ до $95,97\text{ мг/кг}$). Мощность в пределах Северного Байкала увеличивается от 70 м в его южной части до 100 м в северной. Нижние границы ПМ и ВПМ заглубляются к северу (ст. 13).

Мощность НПМ в северной котловине изменяется от 170 (ст. 10) до 380 м (ст. 11). Исключение составляет ст. 13, где мощность достигает 550 м, что сказывается на уменьшении здесь мощности ГМ до 40 м. Ядро и нижняя граница НПМ, как и у ВПМ, заглубляется к северу. В НПМ изменчивость температуры составляет $0,04\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($3,43$ – $3,47^{\circ}$), Sc — $0,24\text{ мг/кг}$ (от $96,04$ до $96,28\text{ мг/кг}$). В основном это изменение обусловлено увеличением значения суммы ионов на ст. 13.

В ГМ наблюдаются максимальные для северной котловины значения Sc . T , Sc -индексы здесь близки к таковым НПМ средней котловины озера. Температура меняется от $3,43$ до $3,45\text{ }^{\circ}\text{C}$, Sc — от $96,55$ до $96,76\text{ мг/кг}$, мощность — от 360 м на ст. 9 до 480 м на станциях 10 и 12. Повышенные значения суммы ионов, а также отличие мощности НПМ и ГМ на ст. 13 от таковой других станций Северного Байкала, возможно, связаны с особенностями динамики района, что требует дополнительных исследований.

МЕЖКОТЛОВИННЫЕ РАЗЛИЧИЯ

Границы ПМ подвержены сезонной изменчивости, поскольку эта водная масса формируется под влиянием сезонных изменений температуры, речного стока, осадков и испарения, а также процессов вертикального и горизонтального обмена, в том числе волнового перемешивания. В Южном и Среднем Байкале средние внутрикотловинные Sc -индексы ПМ сходны и составляют $96,14$ и $96,13\text{ мг/кг}$ соответственно. Сумма ионов ПМ северной котловины значительно ниже — 95 мг/кг , как и в целом Sc , чем в других котловинах, что связано с малой минерализацией главных притоков Северного Байкала [15].

Профили температуры ВПМ во всех котловинах озера близки к профилю $T_{\text{мп}}$, а градиент температуры — к градиенту температуры максимальной плотности. T , Sc -индексы для Южного, Среднего и Северного Байкала составляют соответственно $3,86\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $96,91\text{ мг/кг}$; $3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $96,79\text{ мг/кг}$; $3,87\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $95,85\text{ мг/кг}$. Мощность ВПМ в южной котловине составляет 70 – 80 м , в средней — 110 – 170 м и в северной — 70 – 100 м , нижняя граница находится на глубине 150 – 230 м в северной котловине, 220 – 270 м — в средней и 150 – 210 м — в южной (см. таблицу). В Среднем Байкале мощность ВПМ и глубина залегания ее нижней границы больше, чем в двух других котловинах озера. Положение ниж-

Глубина нижних границ водных масс в трех котловинах озера по станциям (1–13)

Водная масса	Котловины Байкала												
	южная				средняя				северная				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ПМ	80	80	130	90	100	90	130	120	90	100	80	80	130
ВПМ	150	160	210	170	270	220	250	230	160	170	150	180	230
НПМ	510	510	510	510	830	850	920	910	530	340	430	510	760
ГМ	1200	1090	1240	1280	1160	1510	1590	1570	890	820	870	890	800
ПДМ	1300	1200	1420	1430	1180	1600	1630	1630	—	—	—	—	—

ней границы зависит от глубины мезотермического максимума зимой, которая определяется ветровым перемешиванием в течение осенней циркуляции и в предледоставный период. Увеличение глубины нижней границы ВПМ в Среднем Байкале обусловлено более сильными ветрами в этом районе [16]. Суммы ионов в этой водной массе Северного Байкала меньше (95,74–95,97 мг/кг), чем в средней (96,72–96,85 мг/кг) и южной (96,88–96,92 мг/кг) котловинах. Мощность ВПМ средней котловины (110–170 м) на 30–100 м больше, чем южной, и на 10–100 м — чем северной.

В средней котловине НПМ ($T = 3,38$ °С, $Sc = 97,22$ мг/кг) на 0,15 °С холоднее, чем в южной, на 0,15 мг/кг более минерализована, а ее мощность на 330–350 м больше НПМ южной котловины. В Северном Байкале температура этой массы в среднем на 0,07 °С отличается от южной ($T = 3,52$ °С) и средней ($T = 3,38$ °С) котловин, значение же Sc здесь на 0,93 мг/кг меньше, чем в южной, и на 1,1 мг/кг, чем в средней.

Температурные индексы ГМ средней котловины на 0,15 °С ниже, чем в южной котловине, а Sc — почти одинаковые (96,74 мг/кг). НПМ и ГМ в этих котловинах имеют большую мощность, и по T , Sc -характеристикам они более стабильны. Нижние границы и ядра этих водных масс в Среднем Байкале заглубляются в районе максимальных глубин (на ст. 7 около 1630 м).

ПДМ выделяется только в Южном и Среднем Байкале. Ее мощность в Южном (100–180 м) больше, чем в Среднем. Средние значения Sc -индексов примерно одинаковы — 96,91–96,93 мг/кг. Температура в Среднем Байкале (3,22 °С) на 0,14 °С ниже, чем в Южном.

Анализ T , Sc -кривых и вертикального распределения Sc по данным за октябрь 2001 г. позволил выявить большее количество водных масс, чем описано ранее. Это увеличение по сравнению с ранее опубликованными классификациями [1, 2] состоит в том, что применение T , Sc -анализа позволило выделить в деятельном слое и глубинной зоне две дополнительные (промежуточные) водные массы — ВПМ и НПМ соответственно.

В южной и средней котловинах вертикальный профиль Sc имеет промежуточный минимум на глубине около 1000 и 1300 м соответственно. В придонной области сумма ионов возрастает с глубиной, что обусловлено поступлением холодных, более минерализованных вод из верхних слоев озера в придонную зону, что согласуется с представлением об обновлении глубинных вод Байкала в работах Р. Ф. Вайса и др. [17], М. Н. Шимараева и Н. Г. Гранина [18].

Вертикальное распределение возраста водных масс во всех трех котловинах озера характеризуется максимумом в глубинной зоне [17]. Максимальный ее возраст в Южном, Среднем и Северном Байкале составляет соответственно около 14, 16 и 9 лет. В придонных зонах южной котловины он уменьшается до 9 лет, а в средней и северной — до 7 лет, что свидетельствует о поступлении более «молодых» вод в придонную зону за счет механизмов обновления глубинных вод Байкала.

В Северном Байкале значение суммы ионов возрастает с глубины примерно 100 м до дна. Это отличие вертикального распределения Sc обусловлено специфическим механизмом обновления глубинных вод северной котловины за счет опускания более минерализованных вод ПМ, ВПМ и НПМ, поступающих из средней котловины [15]. За счет различий суммы ионов Среднего и Северного Байкала на границе водных масс может происходить опускание смешанных вод до глубины 700 м [12]. По данным [12] такое опускание имеет место на северном склоне Академического хребта, отделяющего северную котловину озера от средней. Есть основания полагать, что обновление глубинных вод Северного Байкала за счет проникновения вод Среднего происходит не только в районе Академического хребта, но также вдоль восточного побережья в северную часть котловины.

Таким образом, первый опыт применения метода анализа T , S -кривых с высокоточными данными температуры и электропроводности воды Байкала позволяет пересмотреть и дополнить информацию о его водных массах и пространственном распределении их основных характеристик.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (04–05–64397).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Верещагин Г. Ю.** Основные черты вертикального распределения динамики водных масс на Байкале // Академику В. И. Вернадскому к 50-летию научной и педагогической деятельности. — 1936. — Ч. 2.
2. **Толмачев В. А.** Некоторые гидрохимические показатели внутреннего водообмена в Байкале // Докл. АН СССР. — 1957. — Т. 113, № 3.
3. **Верболов В. И., Гранин Н. Г., Шерстянкин П. П., Шимараев М. П.** Развитие представлений Г. Ю. Верещагина о вертикальной структуре байкальских вод по гидрофизическим данным // Первая Верещагинская международная конференция. — Иркутск, 1989.
4. **Штокман В. Б.** Основы теории *TS*-кривых как методы изучения перемешивания и трансформации водных масс моря // Проблемы Арктики. — 1943. — № 1.
5. **Булгаков Н. П.** Конвекция в Океане. — М.: Наука, 1975.
6. **Мамаев О. И.** Термохалинный анализ вод Мирового океана. — Л.: Гидрометеиздат, 1987.
7. **Штокман В. Б.** Избранные труды по физике моря. — Л.: Гидрометеиздат, 1970.
8. **Добровольский А. Д.** Об определении водных масс // Океанология. — 1961. — Т. 1, вып. 1.
9. **Буторин В. Н.** О водных массах континентальных водоемов // Труды Ин-та биологии внутренних вод АН СССР. — 1965. — Вып. 7 (10).
10. **Chen C. T., Millero F. J.** Precise thermodynamic properties for natural waters covering only limnological range // Limnol. and Oceanogr. — 1986. — Vol. 31 (3).
11. **Farmer D. M.** Potential temperatures in deep freshwater lakes // Limnol. and Oceanogr. — 1975. — Vol. 20.
12. **Peeters F., Piepke G., Kipfer R. et al.** Description of stability and neutrally buoyant transport in freshwater lakes // Limnol. and Oceanogr. — 1996. — Vol. 41 (8).
13. **Hohmann R., Kipfer R., Peeters F. et al.** Processes of deep-water renewal in Lake Baikal // Limnol. and Oceanogr. — 1997. — Vol. 42, № 5.
14. **Гранин Н. Г.** Устойчивость стратификации и некоторые механизмы генерации конвекции в Байкале: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — Иркутск, 1999.
15. **Шимараев М. Н., Гранин Н. Г., Домышева В. М. и др.** О межкотловинном водообмене в Байкале // Водн. ресурсы. — 2003. — Т. 30, № 5.
16. **Верболов В. И.** Течения и водообмен в Байкале // Водн. ресурсы. — 1996. — Т. 23, № 4.
17. **Weiss R. F., Carmack E. C., Koropalov V. M.** Deep-water renewal and biological production in Lake Baikal // Nature. — 1991. — Vol. 349.
18. **Шимараев М. Н., Гранин Н. Г.** К вопросу о стратификации и механизме конвекции в Байкале // Докл. РАН. — 1991. — Т. 321, № 2.

*Лимнологический институт СО РАН, Иркутск
Швейцарский технологический институт, Цюрих*

*Поступила в редакцию
4 мая 2005 г.*

УДК 579:68:579:84(282.341)

В. В. ДРЮККЕР, А. С. КОВАДЛО

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ БАКТЕРИЙ РОДА CAULOBACTER В ЭКОСИСТЕМЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Исследованы особенности распространения олиготрофных бактерий рода Caulobacter в оз. Байкал. Установлено, что наибольшее количество этих микроорганизмов выделяется из воды, взятой в устье р. Баргузин, а также из поверхностного слоя осадков в Южном Байкале. Численность микроорганизмов в зоне влияния крупных притоков — Селенги и Баргузина — закономерно снижается по мере удаления от устья в озеро. Дается оценка трофического статуса бактерий Caulobacter, исходя из экологических условий обитания их в оз. Байкал.

The distribution patterns of oligotrophic bacteria of the genus Caulobacter in Lake Baikal have been investigated. It is found that most of these microorganisms are recorded in the water sampled in the estuary of the Barguzin river, as well as from the benthic layer of sediments in Southern Baikal. The population of microorganisms in the area of influence of the major tributaries, the Selenga and Barguzin rivers, consistently decreases with the distance from the estuary into the lake. An assessment is made of the trophic status of Caulobacter bacteria, based on their ecological habitat conditions in Lake Baikal.

© 2006 Дрюккер В. В., Ковадло А. С.