

УДК 551.3 (282.256.341)

РАЗРАСТАЮЩИЙСЯ БАЙКАЛ

© 2002 г. Б. П. Агафонов

Представлено академиком Н.А. Логачевым 27.08.2001 г.

Поступило 10.09.2001 г.

Озеро Байкал десятки миллионов лет остается глубоководным хранителем реликтовой фауны несмотря на интенсивное засыпание его наносами, поставляемыми с горного обрамления мощными обвалами, осыпями, оползнями, селями, глыбовыми лавинами, абразией, бурными паводками по 544 притокам [1]. Такая длительная сохранность геоэкосистемы в стабилизированном глубоководном состоянии возможна при следующих обстоятельствах. 1. Котловина озера интенсивно засыпается, но одновременно разрастается на величину, равную объему поступающего осадочного материала. 2. Разрастание котловины превосходит по объему аккумулирующиеся в ней отложения. При последнем варианте Байкал с его ценнейшим даром – удивительно прозрачной, пресной, слабоминерализованной водой – продолжает увеличиваться в размерах. Какой из предполагаемых вариантов действителен? Этот вопрос решается методом литодинамического баланса (сопоставлением поступления и расхода вещества) в Байкальской котловине. Количественно обоснованные данные для расчета баланса имеются за период 1862–2001 гг. За этот промежуток получены наиболее достоверные фактические материалы о провалах блоков в пределах Байкальской котловины, о сносе вещества в нее экзогенными процессами, а в последние годы инструментально измерена скорость раскрытия Байкальского рифта [2].

Приходная часть литодинамического баланса складывается из материала: 1) погружаемого под воду Байкала при тектонических опусканиях надводных участков побережья; 2) вносимого в твердом и растворенном виде с поверхностным речным стоком с учетом подземного питания озера и поступления веществ на зеркало Байкала с водами атмосферных осадков; 3) сносимого с надводных бортов впадины экзогенными процессами: абразией, оползнями, обвалами, ветрами и т.п. Расходная часть баланса также четко подразделя-

ется на эндогенную и экзогенную составляющие. Первая из них – это тектоническое раздвижение бортов Байкальской котловины и опускание в ее пределах блоков коренного основания (включающее погруженный под воду участок суши, если он был вовлечен в проседание, причисляемый одновременно к приходной части баланса), а экзогенная – вынос вещества из Байкала р. Ангарой и сдувание песчаного материала с пляжей в глубь побережья сильными, систематически однонаправленно дующими ветрами. На пляжи песок набрасывается волнами во время бурных штормов, вызываемых этими же ветрами.

В расчетах приходной части литодинамического баланса суммировано вещество, отлагающееся на дне Байкала, а также на выдвигающихся в озеро дельтах, конусах выноса, мысах, вдольбереговых валах, косах, пляже и т.п. При разрастании эти аккумулятивные формы вытесняют и замещают водные массы озера, многие из них эфемерны, так как они то наращиваются, то интенсивно размываются во время штормов.

Из процессов, формирующих экзогенную приходную часть литодинамического баланса, доминирует снос растворенного вещества реками с учетом подземного питания озера и поступления на зеркало Байкала веществ с атмосферными осадками – 7929 тыс. т/год [3] или (здесь и далее в пересчете на вещество с объемной массой 1.8 г/см^3), около 4400 тыс. $\text{м}^3/\text{год}$ (табл. 1). 3872 тыс. т/год [4], или около 2150 тыс. $\text{м}^3/\text{год}$ твердого вещества вносится в Байкальскую котловину реками в виде взвешенных (2955 тыс. т) и влекомых (917 тыс. т) наносов.

Сели вносят в Байкальскую котловину в среднем в год около 800 тыс. м^3 , а абразия берегов приблизительно 750 тыс. м^3 рыхлого материала [5]. Снос рыхлого материала абразией и другими процессами рассчитывался по данным многолетних натурных измерений этих процессов по всему периметру озера.

Пятое место в формировании приходной части литодинамического баланса занимает процесс рекуляции (от фр. *recul* – попятное движение), представляющий в котловину Байкала около 186 тыс. м^3 рыхлого материала в год. Под этим процессом

Таблица 1. Литодинамический баланс в Байкальской котловине за 1862–2001 гг., тыс. м³

Элементы прихода	1862–2001 гг.	За год	Элементы расхода	1862–2001 гг.	За год
Сток растворенного вещества	611 600	4400	Вынос р.Ангарой:		
Сток взвешенного и влекомого вещества	298 850	2150	а) растворенного вещества	466 345	3355
Сели	111 200	800	б) взвешенного вещества	3753	27
Абразия берегов	104 250	750	Вынос волнами и ветром	834	6
Рекуляция	25 854	186	Раздвижение бортов впадины	2 685 200	19 318
Ветровой снос	13 900	100	Углубление коренного ложа Байкальской котловины:		
Оползни	6 533	47	а) на месте залива Провал при 10-балльном землетрясении 1862 г.	1 065 600	–
Обвалы и осыпи	5 143	37	б) севернее мыса Облом при 9-балльном землетрясении 1959 г.	200 000	–
Внутригрунтовый смыв	97	0.7			
Крип	83	0.6			
Плоскостная эрозия	56	0.4			
Погружение под уровень Байкала Цаганской степи	326 000	2345			
Итого	1 503 566	10 817	Итого	4 421 731	–

понимается ускоренное разрушение и отступление свежеобразованных уступов, возникающих вследствие подрезок крутых склонов абразией, техногенной деятельностью, эрозией рек, сейсмотектоническими разрывами земной поверхности.

Привлекает внимание довольно внушительная величина поступления в озеро эолового вещества – 180 тыс. т/год [6], или 100 тыс. м³, превосходящая оползневой, обвально-осыпной, криповый, делювиальный виды сноса, вместе взятые. Этот процесс занимает шестое место в поставке материала в Байкальскую котловину. Интенсивность эолового сноса в значительной степени связана с сухим, порывистым и сильным ветром с местным названием “Горная”, достигающим ураганной скорости – 40–50 м/с.

Седьмое и восьмое места в ряду сноса вещества в Байкал занимают оползневой (47 тыс. м³/год) и обвально-осыпной (37 тыс. м³/год) процессы [5].

Ряд значимости экзогенных процессов по выносу вещества в озеро замыкается внутригрунтовыми смывом, крипом и плоскостной эрозией. Эти составляющие сноса по сравнению со всеми предыдущими процессами ничтожны – в сумме менее 2 тыс. м³ вещества в год (см. табл. 1).

Общее количество материала, поставляемого в Байкальскую котловину всеми экзогенными процессами, равно около 8470 тыс. м³/год (соответственно за период 1862–2001 гг. около 1.18 млрд. м³).

Как отмечалось выше, эндогенная составляющая приходной части литодинамического балан-

са связана с погружением под уровень Байкала участков побережья. Одно из очевидных таких явлений – погружение Цаганской степи и образование на ее месте залива Провал во время 10-балльного землетрясения 12 января 1862 г. Как можно судить по преобладающим высотам прибрежных уступов вдоль береговой линии залива Провал, под воду опустился фрагмент надводной части дельты р. Селенги, возвышавшийся над уровнем Байкала в среднем на 1.76 м, площадью 185 км², объемом около 326 млн. м³. Совместно эндогенная и экзогенная составляющие приходной части литодинамического баланса за 1862–2001 гг. равны более 1.5 млрд. м³ (см. табл. 1).

Следует сразу же отметить, что значительная часть этого вещества одновременно выносится из Байкала р.Ангарой – 6039 тыс.т/год [3], или около 3355 тыс. м³/год в растворенном, и 48.9 тыс. т/год [7], или 27 тыс. м³/год во взвешенном состоянии (см. табл. 1). С пляжей по коридорам продува ветрами удаляется по приблизительным подсчетам около 6 тыс. м³/год песчаного материала. Всего с 1862 по 2001 г. р. Ангарой и ветрами было вынесено приблизительно 471 000 тыс. м³ вещества. Следовательно, за этот период из приходной части литодинамического баланса в Байкальской котловине осталось более 1 млрд. м³ осадочного материала, отложившегося на ее днище, склонах, прибрежной отмели, дельтах, конусах выноса, мысах, береговых валах, на пляже. Это довольно внушительная величина, достаточная, например, для сооружения солидной низкогорной гряды длиной 5 км, высотой 0.4 км, шириной в основа-

нии 1 км. Чтобы выяснить, насколько такая величина поступающих осадков опасна для дальнейшего существования глубоководного Байкала и не ведет ли она к его обмелению, проанализируем расходные эндогенные составляющие литодинамического баланса.

Как установлено замерами с привлечением спутниковых технологий, раскрытие Байкальского рифта за 1994–1999 гг. происходило в восток-юго-восточном направлении со средней скоростью на уровне земной поверхности 4.5 ± 1.2 мм/год [2]. С учетом мощности осадков [8] и водной толщи, глубина Байкальской котловины до коренного ложа по оси наибольшего углубления колеблется от 4.4 до 9.1 км (в среднем 6.75 км). При указанной выше скорости раскрытия котловины, глубине и длине котловины не менее 636 км объем ее прирастает приблизительно на 19.3 млн. м³/год, а за рассматриваемый период (1862–2001 гг.) увеличился почти на 2.7 млрд. м³ (см. табл. 1).

Вторая важная эндогенная составляющая в расходной части литодинамического баланса – проседание блоков коренного ложа котловины. О проседании блоков свидетельствует их четкое проявление в виде прямолинейных протяженных уступов на поверхности донных отложений, рвов у подножий склонов. Видны эти смещения в виде разрывов и сбросов слоев во внутреннем строении разрезов осадочной толщи по данным непрерывного сейсмопрофилирования. Прямое доказательство проседания дна впадины получено при повторных промерах глубин озера [9] севернее мыса Облом в плейстоценовой области 9-балльного землетрясения 1959 г., когда было зафиксировано увеличение глубин на 10–15 м почти на горизонтальном днище. Учитывая эти данные, а также расстояние между галсами промеров (около 4 км), зафиксировавших опускание дна, можно ориентировочно оценить, что объем котловины разом возрос не менее чем на 200 млн. м³.

При упоминавшемся землетрясении 12 января 1862 г. аналогичным образом [9] при образовании залива Провал объем котловины возрос более чем на 1 млрд. м³ (в расчет приняты преобладающие глубины залива – около 4 м, высота возвышавшейся над урезом воды и опустившейся под уровень Байкала суши не менее 1.76 м, площадь залива 185 км²).

За 139-летний период, с 1862 по 2001 г., объем котловины по рассмотренным эндогенным показателям расходной части баланса возрос более чем на 3.95 млрд. м³. Среднеарифметический прирост объема котловины соответственно равен 28.4 млн. м³ в год. Около 26% увеличения объема котловины компенсировалось поступившим в нее и оставшимся в ней веществом. Остальной объем (74%), а это около 2.9 млрд. м³ (в полтора раза превышающий водную массу одного из крупней-

ших озер Западной Европы – Балатона длиной 78 км, шириной до 12 км, средней глубиной 3 м, наибольшей – 12 м), несомненно, также компенсировался, но речными, атмосферными и подземными водами и в некоторой степени автохтонными новообразованиями – природными нефтепродуктами и находящейся в твердом состоянии газовой составляющей газогидратов. Следовательно, происходит не заилиение и обмеление, а увеличение озерной котловины и, что наиболее отраднo, возрастание запасов удивительно чистой байкальской воды в довольно значительных объемах и ценного энергетического ресурса – газогидратов, общие запасы которых в Байкальской впадине могут достигать, судя по геотермическому прогнозу [10], от 5.5 до 55 км³, что соответствует 880–8800 км³ газообразного метана. Процесс разрастания Байкальской котловины неравномерный, импульсный, прерывисто-непрерывный, что соответствует местоположению ее в молодой тектонически активной рифтовой зоне, развивающейся в условиях растяжения земной коры, вызывающего проседания блоков коренного ложа впадины, особенно во время сильных землетрясений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 01–05–97219).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бояркин В.М. В кн.: Краткие научные сообщения и доклады о научно-исследовательской работе за 1962 г. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1964. С. 178–179.
2. Лухнев А.В. Кинематика раскрытия Байкальского рифта в позднем кайнозое. Автореф. дис. ...канд. геол.-минер. наук. Новосибирск, 2000. 15 с.
3. Вотинцев К.К., Глазунов И.В., Толмачева А.П. Гидрохимия рек бассейна озера Байкал. М.: Наука, 1965. 495 с.
4. Власова Л.К. Речные наносы бассейна озера Байкал. Новосибирск: Наука, 1983. 131 с.
5. Агафонов Б.П. Экзолигодинамика Байкальской рифтовой зоны. Новосибирск: Наука, 1990. 176 с.
6. Ходжер Т.В., Потемкин В.Л. В кн.: Всесоюз. симп. по фотохимическим процессам земной поверхности. Черноголовка, 1986. С. 69–70.
7. Тарасова Е.Н., Мещерякова А.И. Современное состояние гидрохимического режима озера Байкал. Новосибирск: Наука, 1992. 144 с.
8. Hutchinson D.R., Golmshtok A.J., Zonenshain L.P. et al. // *Geology*. 1992. V. 20. P. 589–592.
9. Солоненко В.П., Тресков А.А. Среднебайкальское землетрясение 29 августа 1959 г. Иркутск: Иркут. кн. изд-во, 1960. 36 с.
10. Голубев В.А. В кн.: Всесоюз. науч. конф. Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна: Тез. докл. Ч. 2. Тюмень, 2000. С. 14–17.