

text
Larisa Auzina

Baikal is one of the most interesting and unique places of the Earth. It is a geological history of Asia for the period of almost 30 mln years, a huge amount of fresh water of excellent quality, deposits and ore occurrences of various minerals, including hydrocarbons, precinctive flora and fauna, the richest taiga, surprising geological and archeological finds.

At the same time the ecosystem of the Baikal region is young and evolving. It is connected with the intensive neotectonic movements which influence all ecosystem elements: relief, landscape, climate, hydrosphere, biosphere, atmosphere, etc. The study of Lake Baikal and the use of its countless treasures are necessary and possible, but this should be done cautiously and carefully, so as not to disrupt the unstable balance of the Baikal zone ecosystem and in the same time to create favorable conditions for the wise use of resources of the Lake.

Keywords: Lake Baikal; rift; fresh water; climate; hydrocarbons; ecology

Most readers know that Lake Baikal is located in Eastern Siberia.

But not all of them imagine what extraordinary power it has. The beauty of its water spaces, its coast covered with an impassable taiga and fragrant grasses, exciting freshness of the air, the depth of the bottomless sky elevate human ideas and refine souls. Its riches are innumerable: the huge water volume, rare animals, precinctive fish, birds and plants, set of medical mineral waters on coast - all these aspects make Baikal unique.

For several centuries the Sacred Lake has been the object of the researches. It is a real natural laboratory which involves scientists of different specialties of the world. The geographical and climatic features of Baikal were firstly described by Priest Avvakum in his book "The life" (1672), and in more detail - in annals of the Russian envoy, traveler and geographer N.G.Spafary (1675).

Even more attention is focused on the lake today.

In 1998 UNESCO added Lake Baikal and its basin to the list

Байкал – «богатое озеро» (перевод с тюркского языка¹) /

текст
Лариса Аузина

Байкал – одно из самых интересных и уникальных мест на Земле. Это геологическая история Азии за почти тридцатимиллионный период, огромная масса пресной воды великолепного качества, месторождения и проявления разнообразных полезных ископаемых, в том числе углеводородов, эндемичная флора и фауна, богатейшая тайга, удивительные геологические и археологические находки. Вместе с тем экосистема озера и прилегающих к нему территорий молодая и развивающаяся. Это связано с интенсивными неотектоническими движениями, сопровождающими современный рифтогенез и влияющими на все элементы экосистемы: морфологию рельефа, ландшафт, климатические особенности, гидросферу, биосферу, атмосферу и т.д. Исследование Байкала и использование его бесчисленных богатств необходимы и возможны, но делать это следует осторожно и бережно, чтобы не нарушить неустойчивый баланс составляющих этой уникальной системы и в то же время создать благоприятные условия для продолжения научных исследований и формирования инфраструктуры для разумного использования богатств озера.

Ключевые слова: озеро Байкал, рифт, пресная вода, климат, углеводороды, экология.

1. Трактовка Э.Г. Лаксмана (1769 г.) и И.Г. Георги (1775 г.) / Interpretation by E. G. Laksman (1769) and I. G. Georgi (1775)

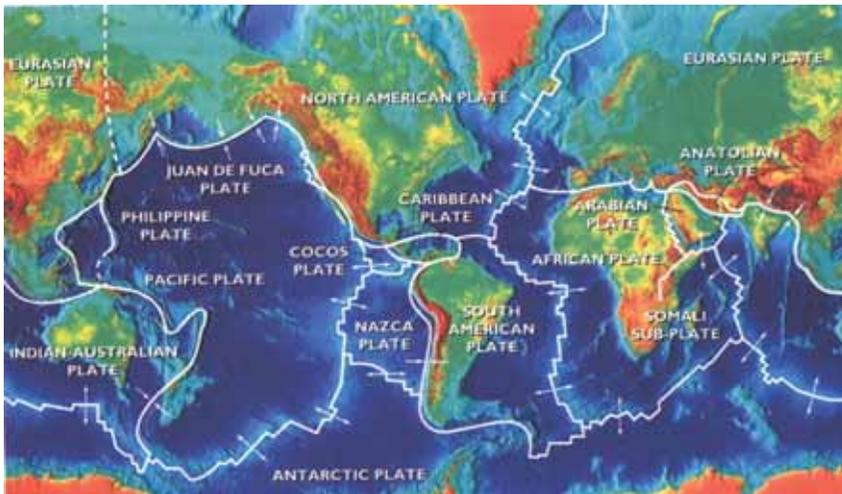
в Рис. 1. Карта литосферных плит мира и положение Байкальской рифтовой зоны / Map of the lithospheric plates of the world and the location of the Baikal Rift Zone

Большинство читателей знает, что озеро Байкал расположено в Восточной Сибири. Но далеко не все представляют какой необыкновенной мощью оно обладает. Красота байкальских водных просторов, побережья, покрытые непроходимой тайгой и ароматными травами, удивительная свежесть воздуха, глубина бездонного неба облагораживают человеческие мысли и очищают души. Богатства озера неисчислимы: огромный объем пресной воды, редкие животные, эндемичные птицы, рыбы и растения, минеральные воды, обладающие разнообразным бальнеологическим эффектом –

все это обусловило уникальность Байкала. Уже несколько столетий Священное озеро является объектом исследований. Это настоящая природная лаборатория, которая привлекает ученых разных специальностей со всего мира. Впервые описания географических и климатических особенностей Байкала встречаются в книге протопopa Аввакума «Житие» (1672 г.), и гораздо глубже и детальнее – в летописи русского посла, путешественника и географа Н.Г. Спафария «Путешествие через Сибирь от города Тобольска до самой границы с Китаем» (1675 г.).

Еще более пристальное внимание приковано к озеру в наши дни.

С 1998 года решением ЮНЕСКО озеро Байкал и его бассейн включены в список Участков Мирового Наследия. Это самый глубокий пресноводный водоем Земли – 1637 метров, в то время как максимальная глубина российского Каспия 1025 метров, африканского озера Танганьика 1470 метров, одного из крупнейших американских озер – Верхнего – 393 метра. Его ширина варьирует от 27 до 81 километра, длина достигает 636 километров [1]. Содержащаяся в озере Байкал великолепного качества вода составляет 20% (23 000 км³) от всего объема пресноводных запасов планеты (не считая ледников). На границе США и Канады пять больших озер (Верхнее, Мичиган, Гурон, Эри и Онтарио), соединяющихся друг с другом короткими порожистыми реками, образуют вместе самое большое скопление пресной воды на земном шаре. Их



of World Heritage Sites. It is the deepest of fresh water reservoirs on the Earth with a depth of 1637 m. At the same time the maximum depth of Russia's Caspian Sea is 1025 m, Africa's lake Tanganyika is 1470 m, and one of the largest American lakes, Lake Superior, is 393 m. The width of Baikal ranges from 27 to 81 km, and its length reaches 636 km (Lobatskaya et al., 2008). Baikal contains high-quality water which makes up 20% (23,000 km³) of the total volume of fresh water of the world (excluding the glaciers). On the US-Canadian border there are five great lakes (Superior, Michigan, Huron, Erie and Ontario) linked by short cataracted rivers. They form the largest body of fresh water on the Earth. Their total area is 246 thousand km² and their volume is 24620 km³. It is only 1500 km³ more than the volume of Baikal. Although the area of Baikal is 7 times less, its depth is much greater.

However, today about 1 milliard people do not have continuous access to fresh water. Due to the lack of water, more than one-third of the world's population (2.4 milliard people) has to drink dirty water, which causes 2.2 million deaths annually. It

is expected that in 2025 about 5.5 milliard people will suffer from the lack of water. Developed countries of the EU and the USA already have fresh water deficits. In the USA the potable water supply decreases by 0.3% per year. At the same time the speed of extraction of underground water exceeds the speed of its recovery by 25%. In developing countries, including China and India, about 95% of all surface waters is polluted. If the pace of water consumption, depletion and pollution remains the same, by 2010 there will be no pure fresh water left on Earth. Thus, we are living in the century of struggle for fresh water, a strategic resource and a cause of acute international conflicts (The official server of Buryat Republic state authority branches).

The cost of Baikal water determined by specialists of the Limnological Institute SB RAS equals 23 thousand trillion dollars. It can be compared with the aggregate national income of the biggest countries (The water wars of the XXI century – from Fantasy to Reality). Due to the increase in potable water deficit this number will keep growing.

Baikal is 'a Rich Lake' (translated from Turkic)¹

общая площадь – 246 тыс.км², объем воды – 24620 км³. Это всего на 1500 км³ больше, чем в Байкале, в 7 раз меньше по площади, но значительно более глубоко.

При этом в настоящее время около 1 млрд. людей не имеет постоянного доступа к пресной воде. Более одной трети всего населения Земли (2.4 млрд. человек) из-за нехватки воды вынуждено пить грязную воду, что ежегодно вызывает гибель 2.2 млн. человек. Предполагается, что в 2025 году около 5.5 млрд. живущих на земле будут страдать от нехватки воды. Развитые страны Евросоюза и США уже начинают испытывать дефицит пресной воды. Так, в США запасы питьевой воды уменьшаются на 0.3% в год, при этом скорость отбора подземных вод на 25% превышает скорость их восстановления. В развивающихся странах, в том числе Китае и Индии, около 95% всех поверхностных вод загрязнены. Если потребление воды, ее истощение и загрязнение пойдут дальше сегодняшними темпами, то к 2100 году на планете не останется ни одной капли чистой пресной воды. Таким образом, мы живем в век борьбы за пресную воду, которая сегодня является стратегическим ресурсом и за которую уже разворачиваются жесткие международные конфликты [2].

Стоимость байкальской воды определена специалистами Лимнологического института РАН в 23 тысячи триллионов долларов, что можно сравнить с совокупным национальным доходом крупнейших стран мира [3]. Со временем, ввиду роста дефицита питьевой воды, эта цифра будет расти.

При этом геологи оценили запасы всех полезных ископаемых в недрах России, являющихся невозобновляемыми природными ресурсами, в 28 триллионов долларов. А природный банк байкальской воды, благодаря рекам, впадающим в озеро, и выпадающим на территорию его бассейна атмосферным осадкам, всегда полон, и она стоит больше, чем все разведанные полезные ископаемые в недрах России [4].

Байкал – это горное озеро, уровень воды в котором на 445 метров выше, а дно озера почти на 1200 метров ниже уровня мирового океана. Мощность донных осад-

ков в некоторых местах достигает 10 километров, в них записана 25 миллионная геологическая история развития Азии. Прозрачность воды в озере превосходит все озерные водоемы мира и составляет 40 метров.

В Байкале обитает 1550 разновидностей животных и около 1080 видов растений при этом 2/3 из них – эндемики, т.е. обитающие только в байкальских водах [1].

Все, что касается Байкала, вызывает удивление, восхищение и в то же время – массу вопросов.

Например, считается, что возраст озера 25 млн. лет и это самый древний пресноводный водоем на планете. Однако, первые озера на месте будущих котловин появились 65 млн. лет тому назад, а современный вид Байкал приобрел только 0,9 млн. лет назад. Так сколько же лет нашему уникальному озеру?

Байкал имеет тектоническое происхождение и является проявлением Байкальской рифтовой зоны, а по сути гигантской трещины в земной коре. Тектонический разлом был вызван отделением Амурской микроплиты от Сибирской платформы в результате континентальной коллизии (столкновения)

в Рис. 2. Направления раздвижения Байкальской впадины и котловины БРЗ (Р.М.Лобацкая, 2007) / Spreading directions of the Baikal depression and the BRZ basin (Lobatskaya, 2007)



Geologists have estimated all exhaustible mineral reserves in Russia at 28 trillion dollars. The natural bank of Baikal water with the rivers flowing into the lake and atmospheric precipitation falling on its territory is always full. The cost of Baikal water is more than all the discovered mineral resources of Russia (Bocharov, Davidenko & Polevanov, 2008).

Baikal is a mountain lake with the water level 445 m above and the bottom almost 1200 m below global sea level. The capacity of bottom sediments in certain places reaches 10 km. They contain 25 million geological history of development of Asia. The transparency of Baikal water leaves behind all lake basins of the world and equals 40 meters.

1550 species of animals and about 1080 species of plants inhabit Lake Baikal. Two thirds of them are endemics, that is those found only in Baikal waters (Lobatskaya et al., 2008).

Everything related to Baikal inspires admiration and wonder and triggers a lot of questions.

For example, the lake is believed to be 25 million years old

and to be the oldest fresh water basin in the world. However, the first lakes appeared in the place of future hollows 65 million years ago. Baikal acquired its present appearance only 0.9 million years ago. So how old is our unique lake?

Lake Baikal is of tectonic origin. It was formed as a result of a huge earth rift in the Baikal rift zone. The tectonic fault was induced by separation of the Amur microplate from the Siberian platform as a result of continental collision between the Indo-Australian and the Eurasian lithospheric plates (Fig. 1). It is believed that the highest mountains in the world, the Himalayans, and the Baikal rift spread like a huge curve 2.5 thousand kilometers from the north of Mongolia to the Stanovy ridge appeared because of such interaction. Geological researches confirm that tectonic processes in the interior of the Baikal rift go on, and, as a consequence of this, the rift is moving towards Okhotskoye sea.

Rifting is the process by which the continental lithosphere stretches horizontally. It gives birth to rather long depressions

между Индо-Австралийской и Евразийской литосферными плитами (рис. 1). Следствием этого взаимодействия принято считать самые высокие на планете Гималайские горы и образование Байкальского рифта, который протянулся в виде гигантской дуги с севера Монголии до Станового нагорья на 2.5 тыс. км. Геологические исследования подтверждают, что тектонические процессы в недрах Байкальского рифта продолжают, и, как следствие, рифт движется в сторону Охотского моря.

Рифтогенезом называют процесс горизонтального растяжения земной коры, приводящий к возникновению в ней или её верхней части весьма протяжённых, удлинённых, морфологически чётко выраженных впадин, ограниченных (по крайней мере с одной стороны) глубокими продольными разломами. Английский геолог Дж. В. Грегори, описавший подобные структуры в конце прошлого века в Восточной Африке, назвал их рифтами (от англ. rift – разрыв, трещина, щель) [5], а цепочки из нескольких рифтов обычно именуют рифтовыми зонами.

Байкальская рифтовая зона (БРЗ) – это типичный пример континентального рифта, представляющий собой систему разломов и 10 котловин, прекрасно

выраженных в рельефе (рис. 2). Раздвижение Байкальской впадины происходит со скоростью около двух см в год.

Развитие региона сопровождалось удивительными изменениями климата [6].

Так, 28-23 млн. лет назад климат был теплый, влажный, переходный от субтропического к умеренному, со средними температурами января +5-+8°C. Позже, в период 23-5.3 млн. лет температура последовательно снижалась на 2-3 градуса, в конце периода сформировался умеренный климат; 3.6-2.6 млн. лет назад погода была жаркой и засушливой, близкой к климату современной африканской саванны; 1.8-0.78 млн. лет тому назад климат сменился на умеренно теплый, а затем – в промежутке с 0.126 млн. лет по 0.0117 млн. лет – происходила периодическая смена ледниковых и межледниковых периодов. Ритмично повторявшиеся похолодания приводили к оледенениям. Наиболее жестким оказалось сартанское оледенение (28-12.5 тыс. лет назад), реликты которого отмечаются и сейчас на значительной части территории в виде многолетнемерзлых пород, гидролакколитов, озер ледникового происхождения и т.д.

В настоящее время основная черта байкальской

↙ Рис. 3. Около самого горячего термального источника (81°C) азотных слабоминерализованных подземных вод с высоким содержанием фтора. Западное побережье Байкала, мыс Котельниковский (фото А.Терюковой, 2013) / Near the hottest thermal spring (81°C) with nitric low-mineralized underground waters containing great amount of fluorine. The western coast of Baikal, Kotelnikovsky Cape (photo by A. Teryukova, 2013)



> Рис. 4. Холодные железистые сульфатно-гидрокарбонатные минеральные воды местности Хонгор Уула, республика Бурятия (фото автора, 2012) / Cold ferrous sulfate-hydrocarbonate mineral waters in Khongor Uula, the Republic of Buryatia (photo by the author, 2012).



morphologically well defined and limited (at least on one side) by deep longitudinal faults. The British geologist J. V. Gregory described similar structures at the end of the 20th century in Eastern Africa. He called them rifts (Kondratov, 1978), and the ranges of several rifts are usually called rift zones.

The Baikal Rift Zone (BRZ) is a common example of continental rifts. It comprises a system of faults and 10 basins clearly expressed in the terrain (Fig. 2). The spreading rate of the Baikal depression is about two cm per year.

The development of the region was accompanied by surprising changes in climate (Mats, Ufimtsev, Mandelbaum, 2001).

For example, 28-23 million years ago the climate was warm, humid, with subtropical-temperate transition and average temperature in January +5 – +8°C. Later, in the period of 23-5.3 mln years, the temperature gradually lowered by 2-3 degrees, and at the end of the period the temperate climate was formed. 3.6-2.6 mln years ago the weather was hot, dry and very close to the climate of present-day African savanna. 1.8-0.78 mln

years ago the climate became lukewarm, and in the period of 0.126 mln years to 0.0117 mln years the glacial and interglacial ages periodically interchanged. Recurrent cold spells lead to glacierizations. The most severe was the Sartansk glacierization (28-12.5 thousand years ago). Its relicts in the form of perennially frozen rocks, hydrolaccoliths, lakes of glacial origin, etc. are observed even now on a big territory.

At the present time the main feature of the Baikal weather is its changeability and contrast created by the combination of orographic, hydrological, atmospheric and landscape characteristics of the region. Baikal is surrounded by high mountain ridges, which diminish influence of environmental conditions on the climate of the basin. At the same time they restrict the climatic effect on the surrounding territory produced by the lake. The climate changes from extremely continental (on the larger portion of the territory) to marine (in Priolkhonie).

The geology aspects of the area are remarkably diverse.

The oldest rocks of the basement are mostly amphibolites,

погоды – это ее непостоянство, контрастность, рожденные совокупностью орографических, гидрологических, атмосферных и ландшафтных особенностей региона. Высокие горные хребты, обрамляющие Байкал, уменьшают влияние внешних условий на климат котловины, одновременно ограничивая климатическое воздействие озера на окружающую территорию. Климат изменяется от резко-континентального на большей части территории до морского в Приольхонье.

Необыкновенным разнообразием отличается геологическое строение территории.

Самые древние породы фундамента – это в основном кристаллические сланцы, амфиболиты, гнейсы, граниты, карбонатные образования. Их преобразование происходило на больших глубинах при очень высоких давлениях и температуре, о чем свидетельствуют россыпи полудрагоценных кристаллов граната, шпинели, диопсида (о. Борокчин). Еще более неоднородно строение осадочного чехла, формирование которого происходило в различных климатических условиях: от субтропического до резкоконтинентального, перемежающегося с ледниковыми периодами. Это песчаники, аргиллиты, глины и уголь в нижней части разреза и рыхлые образования в верхней части – пески, гравий, галька, валуны различного размера и генезиса.

Но, как уже отмечалось, самое удивительное и самое главное богатство региона – это вода. Байкальский регион обладает уникальными ресурсами пресных подземных и поверхностных вод. Было подсчитано, что население Иркутской области может безоблачно существовать 2000 лет, используя ресурсы пресных вод Байкала, даже если он не будет получать дополнительное питание в этот период. По химическому составу воды Байкала относятся к слабо минерализованным водам гидрокарбонатного класса кальциевой группы. Средняя сумма растворенных химических элементов и их соединений в воде озера (минерализация) составляет 96,4 мг/дм³ и отличается высокой насыщенностью кислородом.



Вероятный дополнительный источник пресных вод – это ювенильная пресная вода, поступающая из глубин Земли по зонам тектонических разломов в процессе дегазации мантийного вещества [7], т.е. планета постоянно генерирует дополнительные потоки пресных вод, пополняя ими запасы озера.

Не меньшее значение имеют термальные минеральные воды. Вокруг Байкала зафиксировано около 60 таких водопоявлений с температурой от 10 до 81°C (рис. 3, 4). Состав их также весьма разнообразен: углекислые, азотные, метановые, родоновые воды, использующиеся для лечения самых разнообразных заболеваний. Ресурсы термальных вод, подсчитанные только по 33 источникам в республике Бурятия состав-

^ Рис. 5. Селенгинский целлюлозно-картонный комбинат (фото автора, 2013) / The Selenga Pulp and Paper Mill (photo by the author, 2013).

gneisses, granites and carbonate formations. They developed at great depth and at high pressures and temperature. It is proved by semi-precious garnet crystals, spinel and diopside deposits (Borokchin Island). The structure of sedimentary cover is even more inhomogeneous. It was formed in different climatic conditions, from subtropical to extremely continental, alternating with glacial periods. It comprises sandstones, argillites, clays and coal in the lower part of the section and incoherent formations in the upper part: sands, gravel, pebble and float stones of different size and genesis.

However, as noted above, water is the main treasure of the region. The Baikal region has unique resources of fresh underground and surface waters. According to the calculations, the population of the Irkutsk region can live 2000 years using only the Baikal freshwater resources, even if it stops receiving additional inflow during this period. By chemical composition the Baikal waters refer to low-mineralized waters of hydrocarbonate class of calcium group. The mean amount of dissolved chemical elements and their compounds in the Baikal water (mineraliza-

tion) is 96.4 mg/dm³. It is characterized by high oxygen saturation.

Fresh juvenile water coming from the depth of the earth along the zones of tectonic faults in the process of mantle degassing is considered to be a probable additional source of fresh waters (Didenkov, Bychinsky & Lomonosov, 2006). That is, the planet is constantly generating additional flows of fresh waters to replenish water stocks in the lake.

Thermal mineral waters are no less important. Around Baikal there are about 60 thermal mineral waters with temperature from 10 to 81°C (Fig. 3, 4). They have a varied composition: acidulous, nitric, methane and thiocyanogen waters, which are used in the treatment of different diseases. Thermal water resources of 33 springs in the Republic of Buryatia make up 189 thousand m³/day (Report on the state of Lake Baikal and measures for its protection in 2011, 2011).

Unlike other lakes in the Northern hemisphere, Baikal has remained almost unchanged. Pollution of the lake has a local

в Рис. 6. После отдыха на берегу Байкала, залив Мухор (фото автора, 2010) / After the recreation on the coast of Lake Baikal, Mukhor Bay (photo by the author, 2010)



character and generally refers to big sources of industrial emissions (the Baikalsk Pulp and Paper Mill, the Selenga Pulp and Paper Mill, the Irkutsk Hydro Electric Power Station, the Selenga River etc.) (Fig. 5). Settlements also make a big contribution to pollution: the coast of Lake Baikal is inhabited by 80 thousand people, who annually throw about 15 mln m³ of wastes into the lake. The 'wild' camping becomes more and more threatening. It causes degradation of the coastal ecosystem due to insufficiently treated (often untreated) wastewaters, erosion processes and garbage left behind after such camping (Fig. 6).

Very few people know that natural sources of pollution also play an important role. They are natural gas, oil and bitumen which have already been observed in the water area of Lake Baikal for 250 years. For example, in 1959 there was one of the strongest earthquakes on Baikal. A local fisherman pointed at the earthquake epicenter and said: "Baikal was burning there!". By the way, one of translations of the word 'Baikal' means 'a standing fire' (translated from the Buryat language). In July 2003, in the settlement Barguzin, several tons of fish were lost

ляют 189 тыс. м³/сут [8].

В отличие от большинства озер Северного полушария, Байкал сохранился в состоянии, близком к первозданному. Загрязнение озера имеет локальный характер и в основном приурочено к отдельным крупным источникам промышленных выбросов (Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат, Селенгинский целлюлозно-картонный комбинат, Иркутская ГЭС, р.Селенга и пр.) (рис. 5). Немалый вклад в «дело загрязнения» вносят населенные пункты: на берегах Байкала живет 80 тысяч человек, которые сбрасывают в озеро около 15 млн. м³ отходов в год. Все более возрастающую опасность представляет «дикий» туризм, с которым связана деградация экосистемы прибрежных районов озера благодаря недостаточно обработанным (а часто и совсем необработанным) сточным водам, эрозийным процессам, мусору, остающемуся после «отдыха на природе» (рис. 6).

Но немногие знают, что не меньшую роль играют природные источники загрязнения. Это природный газ, нефть и битум, которые фиксируются в акватории Байкала уже в течение 250 лет. Так, в 1959 году, когда произошло одно из самых сильных землетрясений, местный рыбак, указывая в сторону эпицентра землетрясения, говорил: «Там горел Байкал!». Между прочим, один из вариантов перевода «Бай-гал» с бурятского языка означает «стоящий огонь». В июле 2003 года в поселке Баргузин несколько тонн рыбы погибло в результате выхода метана со дна Байкала.

Ряд ученых с выходами метана связывают еще одно необычное явление на зимнем Байкале: кольца подтаявшего льда (рис. 7). Впервые такое кольцо было замечено 14 лет назад на снимке спутника NOAA около мыса Крестовский недалеко от поселка Бугульдейка [9]. Затем в разные годы наблюдались то два, то три кольца. В 2009 году кольца появились на льду «священного моря» возле мыса Крестовский, а также между островом Ольхон и полуостровом Святой Нос (рис. 7, 8). В 2011 году на снимках MODIS было обнаружено уже три кольца – у мыса Крестовский, к югу от острова Ольхон и у Нижнего Изголова.

Местные жители говорят, что с каждым годом кругов

due to the emission of methane from the bottom of Baikal.

According to many scientists, another strange phenomenon of Baikal in winter is associated with the emissions of methane. It is melted ice circles (Fig. 7). For the first time such circle was seen 14 years ago in the NOAA satellite photo near Krestovsky Cape not far from Buguldeika village (Chernova, 2013). Then two or three circles were observed in different years. In 2009 the circles appeared on the ice of the 'sacred sea' near Krestovsky Cape and between Olkhon Island and Svyatoy Nos Peninsula (Fig. 7, 8). In 2011 there were already three circles in the MODIS photos: near Krestovsky Cape, to the south of Olkhon Island and near Nizhnee Izgolovie.

As local people say, with every year the number of circles grows and their diameter grows too. In May 2013 specialists of the engineering and technological center SCANEX noticed two circles with a diameter of 5-7 km near Krestovsky Cape and between Olkhon Island and Svyatoy Nos Peninsula.

From the mid-20th century hydrocarbons of Baikal was under intensive study. The main purpose of those searches was



< Рис. 7. Кольца подтаявшего льда на поверхности зимнего Байкала (фото с сайта yourdread.blogspot.com) / Circles of melted ice on the surface of winter Baikal (photo from yourdread.blogspot.com)

становится все больше, диаметр их тоже увеличивается. В мае 2013 года на спутниковых снимках специалисты инженерно-технологического центра «Сканекс» заметили кольца диаметром 5–7 км у мыса Крестовский и между островом Ольхон и полуостровом Святой Нос.

Первые исследования углеводородов на Байкале начались в середине XX века с сугубо прикладной целью – выявления месторождений нефти и газа. А в XXI столетии к исследованиям присоединились научные организации.

В мире имеется немного озер, в которых наблюдаются нефтепроявления. К их числу, например, относятся оз. Танганьика, расположенное в африканском рифте, втором по глубине в мире после Байкала. Здесь так же, как и на Байкале, на некоторые участки побережья выбрасываются битумные («смоляные») шарики, на поверхность всплывает жидкая нефть. Судя по составу углеводородов, эта нефть отнесена исследовавшими ее авторами к разряду незрелой нефти, образовавшейся в молодых озерных осадках. Аналогичный состав имеют битумные острова, обнаруженные в пределах рифтовой зоны в Мексике [10].

Проявления углеводородов на Байкале представлены горючим газом, нефтью, битумом, газогидратами, грязевыми вулканами, газами, растворенными в воде и газами в донных осадках.

Наиболее многочисленные выходы приурочены к дельтам крупных рек: Селенга, Баргузин, Верхняя Ангара, Кичера, Бугульдейка, Голоустная.

Общий объем выходов нефти составляет от 0.1-2 тонны в год в восточной части Байкала (север залива Провал) до 4 тонн в год районе мыса Горевой Утес

Рис. 8. «Глаза Байкала» (РИА Новости, фото Е. Козырева) / "Baikal's eyes" (RIA Novosti, photo by E. Kozyrev)

prospecting of oil and gas deposits. In the 21st century studying of Baikal hydrocarbons is implemented by the scientific organizations.

There are very few lakes in the world that have showings of oil. One of them is Lake Tanganyika situated in the African rift, the second deepest rift in the world after Baikal. Like on Baikal, there are blobs of bitumen ('pitch') scattered over some parts of the coast and liquid oil coming to the surface. According to the hydrocarbon content, researchers classify this oil as immature, which was formed in the young lake sediments. Bitumen islands discovered within the rift zone in Mexico have the same content (Khlystov, Zemskaya & Sitnikova, 2009).

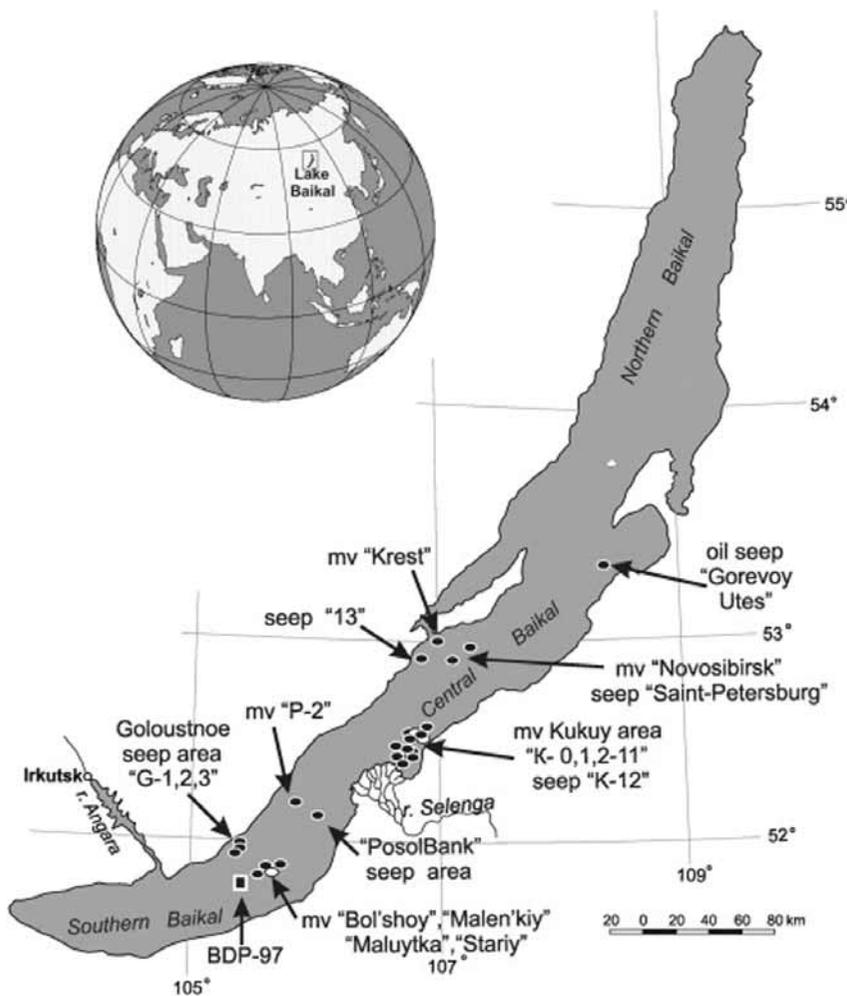
Baikal hydrocarbons are presented in the form of combustible gas, oil, oil bitumen, gas hydrates, mud volcanoes, the hydrocarbon gases dissolved in the water, and hydrocarbon gases of the bottom sediments.

The gas shows are the most numerous. They are mainly concentrated in the deltas of the large rivers: Selenga, Barguzin, Upper Angara, Kichera, Buguldeika, Goloustnaya.

The volume of oil output is from 0.1-2 tons/year in the eastern part of Lake Baikal (to the north of the Proval Bay) to 4 tons/year near Gorevoy Utes Cape (Fig. 8). The Baikal oil can be considered as unique due to the variety of component composition, its young age, and a mixture of the lake and land origin of the components (Kontorovich et al., 2007).

Bitumen discovered in the early 20th century was called baykerit. It was found in the northern part of the Proval Bay, near Kluchi-Stvolovaya village near Tankhoy station.

The detection of gas hydrates (methane accumulated in the solid water) is of great interest today for both scientific reasons (the role of natural gas hydrates in the global hydrocarbon cycle and in the global climate change, their connection with microbiological ecosystem etc.) and economic reasons (rising demand for new energy sources). Gas hydrates were found at a depth of 84-100 m at the bottom of the Baikal North basin during the implementation of the "Baikal Drilling" Project in 1998 (Klerks, Zemskaya & Matveeva, 2003). Mean methane content is



^ Рис. 9. Географическое положение образований газогидратов (О.М.Хлыстов, 2013). Окружностями показаны грязевые вулканы / Geographical distribution of the gas hydrate investigation sites (Khlystov, 2013). Circles show mud volcanoes (mv)

(рис. 8). Состав нефти уникален из-за разнообразия химического состава исходных компонентов озерного и континентального происхождения, а также молодости полезного ископаемого [11]. Битумы были обнаружены в начале XX века и названы «байкеритами». Они найдены в северной части залива Провал, около деревни Ключи-Стволовая, около станции Танхой.

В настоящее время повышенный интерес вызывают газовые гидраты (газогидраты – скопления метана в замерзшей воде). Это внимание обусловлено как научными причинами (роль природных газогидратов в глобальном цикле углеводородов и глобальном изменении климата, их связь с уникальной микробиологической экосистемой и т.д.), так и экономическими причинами (растущая потребность в новых источниках энергии). В донных осадках Байкала газогидраты были выявлены в Северной котловине в процессе выполнения проекта «Байкал-бурение» в 1998 году на глубине 84-100 метров [12]. Среднее содержание метана достаточно высоко и составляет 5.9 мг/г. Средняя мощность отложений, содержащих газовые гидраты, 350-400 метров [13]. Эта толща имеет очень важное экологическое значение, поскольку является экраном, предотвращающим проникновение метана из толщи осадочных пород в байкальские воды.

На сегодняшний день известно 21 проявление газогидратов, из них 3 были обнаружены во время работы научно-исследовательских судов «МИР».

Было установлено, что химический состав воды Байкала устойчив как во времени, так и в пространстве. Аномалии в составе воды на локальных участках связаны с разгрузкой глубинных грязевовулканических флюидов по зонам активных тектонических разломов [14].

В результате комплексных исследований в Южной котловине на глубине около 1400 метров на дне озера было обнаружено несколько структур, хорошо выраженных в рельефе в виде небольших возвышенностей высотой около 40 метров и диаметром до 800 метров с подводящими к ним газовыми каналами и повышенным тепловым потоком. Их классифицировали как

rather high – 5.9 mg/g. Average thickness of the gas hydrate layer is 350-400 m (Ginsburg, Soloviev, 1994). This thickness is very important from the environmental point of view, because it acts as a barrier shielding the Baikal waters from methane penetrating from the thick sedimentary strata.

In total 21 sites of gas hydrate occurrence have been discovered. Three of them were found during investigations using MIR submersibles.

It was established that the Baikal water chemical composition is stable in time and space. Anomalies in the water composition on the local sites are caused by a discharge of deep-level mud-volcanic fluids along active fault zones (Pogodaeva et al., 2007).

Complex investigations at the bottom of the Baikal South basin at a depth of about 1400 m found several structures clearly expressed in the terrain in the form of small elevations with a height of 40 m and a diameter up to 800 m, with gas flues leading to them and an increased heat flow. They were

classified as submarine mud volcanoes: Malen'kiy and Bol'shoi volcanoes in the South basin and K-2 in the Central basin (Fig. 9, 10). Gas hydrates are found in all these structures in the near-surface layers of sediments (Kalmichkov et al., 2006).

The initial in-place resources in the Baikal sedimentary basins are estimated by the volumetric-statistical method at 500 mln tons of equivalent hydrocarbons (Kontorovich et al., 2007). Today gas hydrates are considered as potential fuel sources. It causes anxiety. From time to time the idea to explore hydrocarbon fields on Baikal is proposed. This can lead to irreparable damage which cannot be compared with bottles and cans left by tourists after their close communion with nature...

Baikal has innumerable riches: geological, hydrogeological, biological, archaeological. Oncoming generations will face a difficult task of preserving them in spite of all tempting resources.

подводные грязевые вулканы: Маленький и Большой в Южной котловине и К-2 в Средней котловине (рис. 9, 10). На всех этих структурах в приповерхностных слоях осадка обнаружены газовые гидраты [15].

По предварительным расчетам запасы углеводородов на дне Байкала составляют 500 млн. тонн [11]. Сегодня газовые гидраты рассматриваются как потенциальные источники топлива. Это и вызывает самые большие опасения. Не раз уже высказывались предложения о разведке месторождений углеводородов на Байкале. Такое развитие событий может привести к необратимым последствиям, совершенно не сопоставимым с бутылками и банками, которые оставляют туристы после счастливого единения с природой...

Бесконечны богатства Байкала: геологические, гидрогеологические, биологические, археологические. Сложная задача стоит перед грядущими поколениями – сохранить их, несмотря на все ресурсные искушения.

Литература

- Lobatskaya R.M., Mats V.D., Auzina L.I., Shilenkiv V.G., Lishtva A.G. Field Practice on Baikal. Geography, Geology, Zoology, Botany: school-book. Иркутск//ИрГУ – 184 с.
- Официальный портал органов государственной власти Республики Бурятия. //http://egov-buryatia.ru/
- Водные войны XXI века – от Fantasy к Reality //Экологический постмодерн. <http://ecocrisis.wordpress.com/1-2/suprapopulatia/water/>
- Бочаров М. А., Давиденко И. В., Полеванов В. П. Байкал: мировой стратегический источник питьевой воды. «Промышленные ведомости». – 2008. – № 3–4.
- Кондратов А. М. Адрес Лемурия? – Ленинград: Гидрометеиздат. – 1978. – 22с.
- Мац В.Д., Уфимцев Г.Ф., Мандельбаум М.М. Кайнозой Байкальской рифтовой впадины. – Новосибирск: СО РАН. – 2001.
- Диденков Ю.Н., Бычинский В.А., Ломоносов И.С. О возможности существования эндогенного источника пресных вод в рифтовых геодинамических условиях. //Геология и геофизика. – т.47. – 2006. – №10. – с. 1114-1118.
- Государственный доклад о состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2011 году. М.: Министерство природных ресурсов и экологии РФ. – 2011. – 413 с.
- Чернова М. «Русская планета». – 25.05.2013.
- Хлыстов О.М., Земская Т.И., Ситникова Т.Я. Донные битумные постройки и населяющая их биота по данным обследования озера Байкал с глубоководных обитаемых аппаратов «Мир»/ Доклады академии наук. – 2009. – т. 428. – № 5. – с. 1–4.
- Конторович А.Э., Каширцев В.А., Москвин В.И. и др. Нефтегазоносность отложений озера Байкал. // Геология и геофизика. – 2007. – т. 48. – №12. – с. 1346-1356.
- Клеркс Я., Земская Т.И., Матвеева Т.В. Гидраты метана в поверхностном слое глубоководных осадков озера Байкал//Доклады Академии наук. 2003. – т. 393. – №6. – С. 822-826.
- Гинсбург Г.Д., Соловьев В.А. Субмаринные газовые гидраты. СПб.: ВНИИОкеангеологии. – 1994. – 199 с.
- Погодаева Т.В., Земская Т.И., Голобокова Л.П. и др. Особенности химического состава поровых вод донных отложений различных районов озера Байкал. // Геология и геофизика. –2007. – т. 48. – №11. – с. 1144-1160.
- Калмычков Г.В., Егоров А.В., Кузьмин М.И., Хлыстов О.М. Генетические типы метана озера Байкал. //Доклады академии наук. –2006. – том 411. – №5. – в. 1-4.
- Bocharov, M. A., Davidenko, I. V. & Polevanov, V. P. (2008) Baikal: the world strategic source of potable water [Baikal: mirovoi strategichesky istochnik pitievoi vody]. Promyshlennye vedomosti. vol.3-4.
- Chernova, M. (2013). Russkaya planeta, 25 May
- Didenkov, Yu. N., Bychinsky, V. A. & Lomonosov, I. S. (2006) The possible existence of an endogenous source of fresh water in rift settings. Geology and geophysics. vol. 47, no. 10, pp. 1114-1118.
- Ginsburg, G.D., Soloviev, V.A. (1994) Submarine gas hydrate. Saint Petersburg: VNIIOkeanologii.
- Kalmichkov, G.V., Egorov, A.V., Kuzmin, M.I. et al. (2006). Genetic types of the Lake Baikal methane. Reports of the Academy of Sciences. vol. 411, no. 5, pp.1-4.
- Khlystov, O. M., Zemskaya, T. I. & Sitnikova, T. Ya. (2009) Bottom bituminous constructions and biota inhabiting them, according to investigation of Lake Baikal with the MIR submersible. Reports of the Academy of Sciences. vol. 428, no. 5, pp. 1-4.
- Klerks, Ya., Zemskaya, T. I. & Matveeva, T. V. (2003) Methane hydrates in the surface layer of deep water sediments of Lake Baikal [Gidraty metana v poverkhnostnom sloe glubokovodnykh osadkov ozera Baikal]. Reports of the Academy of Sciences. vol. 393, no. 6, pp. 822-826.
- Kondratov, A. M. (1978) The Address – Lemuria? [Adres Lemuria?]. Leningrad: Gidrometeoizdat.
- Kontorovich, A.E., Kashirtsev, V.A., Moskvina, V.I. et al. (2007) Petroleum potential of Baikal deposits. Geology and geophysics. vol. 48, no. 12, pp. 1346-1356.
- Lobatskaya, R.M., Mats, V.D., Auzina, L.I., Shilenkiv, V.G., Lishtva, A.G. (2008) Field Practice on Baikal. Geography, Geology, Zoology, Botany: school-book. Irkutsk: IrSTU.
- Mats, V. D., Ufimtsev, G. F., Mandelbaum, M. M. (2001) Cenozoic era of the Baikal Rift Depression. Novosibirsk: SB RAS.
- The official server of Buryat Republic state authority branches [Internet]. Available from: <http://egov-buryatia.ru>
- Pogodaeva, T.V., Zemskaya, T.I., Golobokova, L.P. et al. (2007). Chemical composition of pore waters of bottom sediments in different Baikal basins. Geology and geophysics. vol. 48, no. 11, pp. 1144-1160.
- Report on the state of Lake Baikal and measures for its protection in 2011 [Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii ozera Baikal i merakh po ego okhrane v 2011 godu] (2011). Moscow: Ministerstvo prirodnikh resursov i ekologii RF.
- The water wars of the XXI century – from Fantasy to Reality [Vodnye voyny XXI veka – ot Fantasy k Reality]. Ecologicheskyy postmodern [Internet]. Available from: <http://ecocrisis.wordpress.com/1-/suprapopulatia/water/>

References