

© И.Л. КУЗИН

ГОЛУБЫЕ ОЗЕРА ОБЛАСТЕЙ ГУМИДНОГО КЛИМАТА

Как известно, в зоне гумидного климата, где атмосферные осадки превышают испарение, широко распространены болота. Воды рек и озер характеризуются здесь высоким содержанием органических веществ (гуминовых кислот и измельченных растительных остатков), поэтому имеют желтый с бурым оттенком цвет. Это так называемые черные реки и черные озера, типичные для равнин севера Евразии, Северной Америки и других областей избыточного увлажнения. В зависимости от местных условий цветность воды в них изменяется от нескольких десятков до нескольких сотен градусов платиново-кобальтовой шкалы. На фоне черных озер резко выделяются спорадически встречающиеся озера, вода которых практически не содержит органических веществ. Ее цветность равна нулю или близка к нему. На дне озер с такой бесцветной, как дистиллированная, водой наблюдается массовое развитие синезеленых водорослей, благодаря которым с воздуха эти озера имеют зеленовато-голубой цвет. Для краткости и отличия от черных они названы нами голубыми озерами [Кузин, 1986].

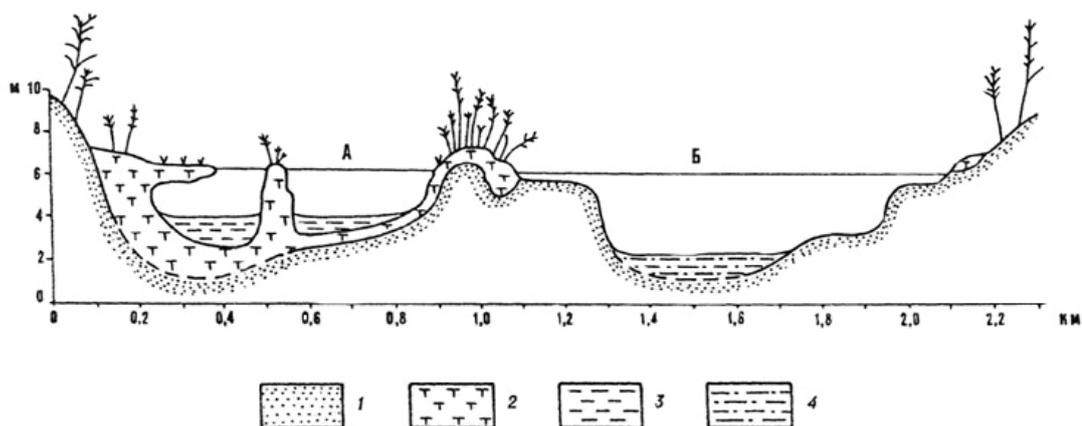
Рассматриваемые аномальные по цвету озера давно известны полевым исследователям, однако их изучением до последнего времени никто не занимался. Геологи, работавшие на севере Западной Сибири, необычный цвет таких озер объясняли отражением голубого неба или дна, на котором встречались голубовато-серого цвета продукты переотложения диатомитов, опок и других пород морского происхождения. При таком объяснении причина обесцвечивания черной воды оставалась вне поля зрения. В 1971 г. в пределах Уренгойского нефтегазового месторождения на дне безымянного голубого озера, названного нами «Регин-То», были установлены не известные ранее формы микрорельефа - воронки взрыва с выходами глубинного углеводородного газа [Кругликов и Кузин, 1973]. Это обстоятельство заставило автора заняться изучением как газопроявлений, так и самих голубых озер, через прозрачную воду которых воронки взрыва хорошо видны на дне.

Наряду с необычным цветом голубые озера характеризуются рядом других аномалий. В них мало растительности, особенно высшей, и резко сокращен видовой состав рыбы. Если в черных озерах района г. Ханты-Мансийска, например, водится много разной рыбы, то в расположенных рядом голубых озерах ее мало и представлена она только окунем. По рассказам местных жителей, рыба в голубых озерах тощая, невкусная, иногда имеет уродливую форму - встречаются окуни с большой головой и коротким, тонким («как у налима») туловищем; в некоторых озерах рыбы вообще нет. Однако специального изучения флоры и фауны аномальных озер не проводилось.

Вода голубых озер долго не портится в тепле. Ведро из оцинкованного железа с такой водой быстро изнашивается. Изделия из алюминия, попавшие в воду голубых озер, теряют приобретенную на воздухе матовую серую окраску и становятся блестящими, как полированное серебро.

Котловины расположенных рядом черных и голубых озер имеют одинаковое (обычно термокарстовое) происхождение, однако морфология их различна. Это видно на профиле, пересекающем безымянное черное озеро и голубое оз. Аймпу-Тор, находящееся в 70 км к юго-западу от г. Ханты-Мансийска (см. рисунок). С помощью металлического щупа установлено, что более половины объема котловины черного озера занято органогенными осадками (торф, сплавина, растительный детрит), которые на голубом озере практически отсутствуют. Цветность воды в черном озере 60-90°, рН 5.8-6.2; в оз. Аймпу-Тор цветность воды 0°, рН 5.0-5.6. По сообщению егеря Н.А. Витмана, в мелком

черном озере обитают щука, окунь, ерш, язь, карась, чебак и другая рыба, а в более крупном и глубоком голубом озере - только окунь. Почти каждую зиму черное озеро подвергается заморам; от полного уничтожения рыбу спасают ключи свежей воды, бьющие на некоторых участках берега и дна озера. В оз. Аймпу-Тор зимних заморам не бывает. Рыба в нем, как и в других голубых озерах, гибнет летом - по утрам на некоторых участках дна регулярно появляются «пассивные» и мертвые окуни с признаками отравления. В проточных голубых озерах (Регин-То и др.) нами наблюдалась (также по утрам) мертвая рыба семейства лососевых.



Профиль безымянного черного (А) и голубого оз. Аймпу-Тор (Б). Сост. Кузин И. Л., Яковлев О. Н., 1988 г.

1 — песок; 2 — торф, славина; 3 — переотложенные тонко измельченные растительные остатки; 4 — переотложенные тонко измельченные растительные остатки с песком.

Вода черных и голубых озер отличается по содержанию сульфат-иона. В черных озерах сульфатов нет или очень мало (0-3 мг/л), тогда как в голубых озерах их заметно больше - до 10-12.5 мг/л. С круговоротом серы, происходящем при участии синезеленых водорослей, и связаны аномалии рассматриваемых озер.

Синезеленые водоросли заселяют участки озерных котловин, сложенные песком, прежде всего литораль и нижнюю, наиболее увлажненную часть пляжа. Они образуют так называемый цианобактериальный мат, состоящий из двух слоев. Нижний слой представлен студенистой массой микроорганизмов сочного сине-зеленого (как минерал глауконит) цвета с погруженными в нее песчинками (толщина от 1 до 5 мм, обычно 2-3 мм). Поверх него залегает слой отмерших синезеленых и других микроскопических водорослей буровато-серого цвета, содержащих примесь алевроито-глинистого материала (толщина - до 2-4 мм). Он предохраняет живые организмы мата от яркого света и размыва.

На некоторых участках голубых озер наряду с современным (сегодняшним) наблюдается до 10-20 погребенных цианобактериальных матов, разделенных слоями чистого песка толщиной от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. С глубиной их цвет изменяется от сине-зеленого через серый с зеленым оттенком до черного (минералы гидротроилит и пирит), бурого и охряно-желтого (минерал лимонит). Осадки имеют запах сероводорода.

Видовой состав водорослей голубых озер, исследованных нами в разных регионах севера России (Западная Сибирь, Большеземельская тундра, Кольский п-ов), определяли Р.Н. Белякова, М.М. Голлербах и Н.В. Сдобникова (Лаборатория альгологии Ботанического института РАН). В количественном отношении преобладают диатомовые водоросли. Много синезеленых водорослей, среди которых в разных озерах массовое развитие имеют: *Synechococcus aeryginosus*, *S. major*, *Schizothrix* sp., *Nostoc paludosum*, *Zyngbya* sp. и др. Встречаются нитчатые формы из рода *Anabena*, известные своей способностью фиксировать атмосферный молекулярный азот. Наряду с указанными

широко представлены (иногда с оценкой «в массе») зеленые и желтозеленые водоросли, а также бактерии *Zeptothrix ochracea* (из группы железобактерий) и др.

Цианобактериальный мат - образование недолговечное. При слабом ветре его верхний слой сохраняет целостность и предохраняет нижний слой синезеленых водорослей от размыва. Однако при более сильном волнении воды в озере, особенно во время шторма, он быстро разрушается. Слагающие его микроорганизмы рассеиваются по всей массе озерной воды, которая из бесцветной становится сине-зеленой. После шторма микроорганизмы оседают на дно и образуют новый цианобактериальный мат. На тех участках озер, где вместо абразии происходит аккумуляция осадков, цианобактериальный мат заносится песком, поверх него образуется новый мат. В результате этого на некоторых участках озер накапливается до 0.3-0.6 м песка, содержащего многочисленные слои отмерших синезеленых водорослей и продуктов их жизнедеятельности, имеющих важное значение в биогеохимической жизни голубых озер.

Для существования цианобактериального мата требуются строго определенные условия. Он развит только на тех озерах и участках озер, вода которых содержит оптимальное количество органических и серосодержащих веществ. При отсутствии или недостатке одного из этих компонентов цианобактериальный мат не образуется, аномальные явления на таких озерах не возникают. Сказанное относится как к озерам, богатым органическими веществами, но лишенным сульфатов, так и к озерам с высоким содержанием сульфатов, но с недостатком органических веществ. Синезеленые водоросли наряду с растительными используют органические вещества животного происхождения. Нами наблюдались случаи их интенсивного развития на рыбьей чешуе на тех участках голубых озер, вода которых обогащена сульфатами и практически не содержит растительной органики.

Материалы полевых наблюдений позволяют говорить о том, что при поступлении воды, содержащей органические и сернистые вещества, в нижнем слое цианобактериального мата происходят сложные, слабо изученные пока микробиологические процессы, сопровождающиеся выделением сероводорода. Нами установлено, что под синезелеными водорослями находится гидротроилит. После отмывания водой от микроорганизмов песок из синевато-зеленого становится черным, пахнущим сероводородом. Под лупой видно, что гидротроилит обволакивает каждую песчинку. Как известно [*Геологический словарь, 1978*], этот черный пластичный минерал ($\text{FeS} \cdot n\text{H}_2\text{O}$), встречающийся в виде тонкого порошка, является природным гидрогелем, существующим в восстановительной среде. Он образуется при взаимодействии гидроокислов железа со свободным сероводородом, представляющим собой продукт метаболизма сульфатредуцирующих бактерий. При его образовании синезелеными водорослями из воды удаляются и органические вещества, и сульфаты. В результате вода обесцвечивается, а содержание сульфат-иона в ней относительно высокое, но не превышает 10-12.5 мг/л. Как уже отмечалось, сероводород и является причиной появления аномалий в рассматриваемых озерах, так как даже в небольших количествах он губительно действует на все живое. Образуюсь в слое синезеленых водорослей, он уничтожает высшую водную растительность (ее корневую систему) и животных, обитающих или добывающих корм на дне.

О сложности процессов, происходящих в цианобактериальном мате, можно судить по результатам изучения аналогичных образований в море. Важная в этом отношении работа проведена в Дании Йоргенсоном, который применил специально разработанную микроэлектродную технику, позволившую исследовать мат с разрешением около 100 мкм и измерить рН, содержание кислорода и сероводорода в разных его частях. Результаты этих работ приводим в изложении микробиолога Г.А. Заварзина [*1984*]. Йоргенсон установил, что микроорганизмы сообщества обладают большой способностью к миграции внутри мата в течение суток. Во время солнечного дня бактерии, «образующие» кислород, поднимаются вверх, в результате чего в верхних 1.5 мм мата формируется пик кислорода.

Вскоре после захода солнца эти бактерии опускаются вниз, на смену им поднимаются бактерии, «производящие» сероводород. Граница смешения кислорода и сероводорода постепенно перемещается снизу вверх. Ночью кислород используется полностью, и на поверхность выходит сероводород. С восходом солнца цикл повторяется; образование кислорода останавливает выход на поверхность сероводорода, постепенно формируется пик кислорода и т. д.

Для появления и нормального функционирования цианобактериального мата, «вырабатывающего» сероводород, необходимо, чтобы и морские, и пресные озерные воды содержали серу и органические вещества в количествах, достаточных для жизнедеятельности формирующих его микроорганизмов. Как известно, в морской воде постоянно присутствуют сульфаты и отсутствуют органические вещества, тогда как в воде озер гумидной зоны содержатся органические вещества и отсутствуют сульфаты. Поэтому на морских побережьях (а также в соленых озерах) заражение придонных вод сероводородом происходит на участках впадения водотоков, приносящих органические вещества, а в пресноводных озерах - на участках привноса сульфатов.

Таким образом, плановое положение и интенсивность рассматриваемых аномалий в озерах гумидной зоны зависят прежде всего от характера поступления в них сульфатов, хотя и распределение органических веществ по площади озер также имеет важное значение. В крупных озерах, например, выносимые с берега органические вещества разубоживаются в больших объемах воды, поэтому условия для существования синезеленых водорослей в них неблагоприятны. Даже в небольших озерах часто ощущается недостаток органических веществ; хорошо выраженный цианобактериальный мат в них обычно приурочен к участкам впадения ручьев, приносящих болотную воду.

В голубые озера разных регионов серосодержащие вещества попадают разными путями: 1) из моря; 2) при размыве морских пород и пород, содержащих сульфиды; 3) при выпадении кислотных дождей. Возможны и другие способы транспортировки серы в озера.

На низких побережьях морей встречаются пресноводные (лагунные) озера, в которые периодически попадает морская вода. Хотя по сравнению с открытыми частями Мирового океана она сильно опреснена, содержание сульфат-иона в ней достаточно высокое. Например, у ямальского берега Карского моря оно составляет 1.3 г/л при общей минерализации 4.4 г/л. Попадая в богатую органикой воду озер, сульфаты морской воды создают условия, благоприятные для обитания синезеленых водорослей и преобразования этих озер из черных в голубые. Такие озера обычно находятся на сниженной заболоченной поверхности лайды, отделенной от моря береговым валом. Во время шторма вал размывается и морская вода забрасывается в озера; в некоторые пресноводные озера она просачивается через песчаные отложения пляжа [*Природа Ямала, 1995*]. Такое происхождение имеют сульфаты голубых озер островов Шариповы Кошки и других участков побережья п-ова Ямал, на берегу Баренцева моря в Большеземельской тундре и в других районах.

Гораздо шире распространены голубые озера, в которые вносятся сульфаты морской воды, «законсервированной» в разновозрастных морских отложениях. Их концентрация зависит от солености бассейнов осадконакопления. Наиболее высока она в палеогеновых, меловых и более древних осадках европейского и западносибирского Севера, отлагавшихся в морях с близкой к нормальной (35 г/л) соленостью воды. Четвертичные морские осадки, имеющие широкое площадное распространение, особенно на Крайнем Севере, отлагались в сильно опресненном Полярном бассейне с невысоким содержанием сульфатов, поэтому процессы преобразования черных озер в голубые протекают здесь вяло.

Дочетвертичные морские отложения обычно перекрыты более молодыми пресноводными образованиями. В Западной Сибири, например, они залегают под толщей пресноводных олигоценых, неогеновых и четвертичных отложений общей мощностью

до 200-300 м и более и на дневную поверхность выведены только на участках проявления складчатости нагнетания (глиняного диапиризма) [Кузин и Матвеев, 1973; Кузин, 1982]. К таким участкам и приурочены голубые озера.

В осадочных породах сера обычно присутствует в сульфидной форме, преимущественно в составе аутигенного пирита. В палеогеновых отложениях Западной Сибири содержание этого минерала достигает 80-99 % от объема тяжелой фракции. В четвертичных осадках оно колеблется от 20-40% на участках переотложения морских палеогеновых и более древних отложений до долей процента - в приповерхностной части разреза. В зоне выветривания под воздействием воды, кислорода и микроорганизмов сульфиды переходят в водорастворимые сульфаты, преимущественно в гипс. Этот минерал обычен для приповерхностных (0.5 м) отложений участков проявления глиняного диапиризма, где образует кристаллы размером от долей миллиметра до нескольких сантиметров. В некоторых обнажениях Нижней Оби встречаются многочисленные пластины и друзы гипса размером до 10-15 см. Поэтому в небольших озерах и в колодцах, расположенных рядом с такими обнажениями (сопка Парны-Седэ, Тазовский п-ов; селения Самарово, Устье-Иртыша, Кеушки и др.), содержание сульфат-иона в воде достигает 120-430 мг/л.

Основная масса сульфатов в голубые озера поступает из выцветов (водных вытяжек) солей, покрывающих обнаженные морские отложения. Они имеют сложный химический состав и представляют собой светло-серого цвета пленки и корки толщиной до 2-3 мм, образующиеся в солнечную погоду. В выцветах на поверхности морских четвертичных отложений п-ова Ямал, например, содержится (на 100 г породы): сульфат-ион - 1.53 г, Na - 0.53, Ca - 0.077, Mg - 0.058, K - 0.01 г. Дождевыми водами эти соли растворяются и смываются в озера.

В зависимости от местных условий количество содержащегося в озерной воде сульфат-иона после дождя изменяется от 20-40 мг/л у устьев ручьев, размывающих сольсодержащие породы, до 5-10 мг/л - на удалении нескольких сотен метров от них. Со временем эти различия сглаживаются, а общее количество сульфат-иона в воде в результате жизнедеятельности синезеленых водорослей сокращается. После следующего дождя картина повторяется. Кроме выноса ручьями сульфаты в озера выносятся и родниками, бьющими со дна.

Голубые озера широко распространены и в областях поверхностного залегания сульфидсодержащих пород, включая сульфидные руды. Они изучались нами на Кольском п-ове. Морфология озерных котловин, химический состав и цвет воды, массовое распространение синезеленых водорослей и другие характеристики озер здесь такие же, как в описанных выше голубых озерах осадочных бассейнов. Они свидетельствуют о том, что в разных в геологическом отношении областях гумидной зоны голубые озера имеют одинаковое происхождение. Сказанное относится и к областям, в которые техногенные соединения серы переносятся по воздуху и выпадают в озера в виде кислотных дождей.

Известно, что в последние десятилетия происходит интенсивное закисление озер в некоторых странах Западной Европы и Северной Америки. Его связывают с так называемыми кислотными дождями, вызванными техногенным загрязнением атмосферы кислотообразующими оксидами серы и азота. Как пишет В.К. Лесненко [1989], в Швеции почти 20 тыс. из 100 тыс. озер являются закисленными. В Норвегии кислую воду (рН 4.3) имеют 1.5 тыс. озер, в 70% из которых нет рыбы. В Канаде из-за высокой кислотности воды 4 тыс. озер являются мертвыми, а еще 12 тыс. озер находятся на грани гибели. Массовая гибель рыбы, связанная с высокой кислотностью воды, отмечается и во многих озерах штата Нью-Йорк в США.

Хотя причина аномалий этих озер установлена, механизм закисления воды в известных автору публикациях практически не рассматривается. Считается, что выбрасываемые в атмосферу техногенные соединения серы и азота под воздействием содержащихся в воздухе окислителей превращаются в серную и азотную кислоты,

которые, попадая с дождями в озера, подкисляют воду [Хорват, 1990]. Автор не работал на таких озерах, однако опыт изучения аномальных озер в других областях гумидного климата позволяет считать такие объяснения закисления озер упрощенными. Действительный же механизм возникновения аномальных явлений гораздо сложнее и связан не столько с разубоживанием дождевой воды, сколько с переработкой синезелеными водорослями принесенных по воздуху соединений серы и содержащихся в озерах органических веществ.

По нашим наблюдениям, подкисляющие воду «реагенты» находятся не в самой озерной воде, а в воде донных осадков, содержащих погребенные слои синезеленых водорослей. Как уже отмечалось, жизнедеятельность последних сопровождается образованием гидротроилита - крайне неустойчивого минерала, который быстро переходит в пирит, а затем в лимонит. Присыпки этих минералов покрывают все песчинки в слоях погребенных цианобактериальных матов и окрашивают их в черный и разной интенсивности бурый и желтый цвета. Процессы геохимических преобразований этих серо- и железосодержащих минералов и являются причиной подкисления заключенной в них воды. Как показали анализы, по сравнению с озерной водой (рН 4.6-6.9) вода донных осадков более кислая (рН 4.0-4.5). Сказанное относится к голубым озерам областей распространения не только осадочных, но и изверженных и метаморфических пород. В частности, такая картина наблюдается на оз. Портлубол и соседних с ним голубых озерах, расположенных в северной части Кольского п-ова, в поле распространения кристаллических пород. Ширина литорали на них изменяется от нескольких метров до 150-200 м при мощности песка, содержащего погребенные цианобактериальные маты, от 30-60 см у берега до 5-10 см - на границе с профундалью. В воде донных осадков водородный показатель составляет 4.0-4.5, а в озерной воде - 6.0-6.3. Вне донных осадков голубых озер такая кислая вода (рН 3.5-4.5) в этом районе содержится только в небольших озерах - лужах, расположенных на поверхности торфяников, где ее цветность достигает 250-300°.

Образуясь в слоях погребенных синезеленых водорослей, кислая вода периодически смешивается с озерной водой. Это происходит во время сильных ветров, когда содержащиеся ее донные осадки взбалтываются до основания. Однако сильного подкисления озерной воды обычно не наблюдается, так как содержащиеся в ней гидрокарбонаты нейтрализуют кислую реакцию. В голубые озера они поступают чаще всего вместе с сульфатами: в воде ручьев, переносящих сульфаты, содержание гидрокарбонатного иона изменяется от 18.3 до 305.5 мг/л. В зависимости от местных условий в воде голубых озер оно изменяется от 4-6 до 10-20 мг/л, поэтому ее водородный показатель редко опускается ниже 5.0 и близок к таковому в черных озерах. В голубых озерах Тазовского п-ова, например, он изменяется от 4.6 до 6.2 (при средних значениях 5.3 по 18 пробам), а в черных озерах - от 4.6 до 6.6 (при средних значениях 5.4 по 20 пробам). В районе г. Ханты-Мансийска средние значения водородного показателя в голубых и черных озерах соответственно составляют 5.8 и 5.9. В бассейне р. Коротайха (Большеземельская тундра) они составляют в голубых озерах (по 15 пробам) 6.4, а в черных (по 16 пробам) - 6.1. И в голубых (по 32 пробам), и в черных (по 11 пробам) озерах Кольского п-ова средние значения водородного показателя воды одинаковые - 6.2.

При отсутствии или низком содержании гидрокарбонатов кислотность воды в голубых озерах резко возрастает и приближается к кислотности воды, заключенной в донных осадках. Возможно, такой механизм закисления воды имеет место в аномальных озерах Западной Европы и Северной Америки.

Бедность растительного и животного мира закисленных озер обычно объясняется губительным воздействием перенесенных по воздуху тяжелых металлов, особенно алюминия [Хорват, 1990]. Не отрицая в целом возможного вредного влияния тяжелых металлов, главной причиной гибели живых организмов в этих, как и в других аномальных озерах гумидной зоны автор считает сероводородное заражение.

Голубые озера находят отражение на аэро- и космоснимках, что позволяет быстро и уверенно картировать их. При достаточном опыте работы со снимками можно выделять озера с разной степенью проявления аномальных явлений, а сопоставление современных и старых (30-50-летней давности) снимков дает возможность определить тенденции в развитии создавших их процессов. Поэтому голубые озера могут быть использованы при решении ряда практических задач.

1. Поиски и картирование морских отложений в заболоченных и заозеренных районах распространения пресноводных осадков.

2. Поиски залежей нефти и газа. Как уже отмечалось, при выходе газа на дне озер часто образуются специфические формы микрорельефа - воронки взрыва диаметром от долей метра до 10-15 м. Они хорошо видны с воздуха через прозрачную воду голубых озер. Причиной взрывов, возможно, является гремучий газ, образующийся при смешении воздуха, находящегося в донных осадках зоны аэрации, с метаном, когда его содержание достигает 4%. Изотопный анализ гелия и, углерода показал, что в пробах газа, отобранных из воронок взрыва голубых озер разных районов, содержится метан, имеющий как глубинное, так и поверхностное происхождение. Появление глубинного метана в пробах связано с его миграцией из залежей на тех участках, где глиняная крышка нарушена процессами диапиризма [Кругликов и Кузин, 1973; Кузин, 1999]. Более широко в донных осадках голубых озер представлен поверхностный метан, образующийся из поступающего с берегов растительного детрита. Его выходы на поверхность также могут сопровождаться образованием воронок взрыва.

Дешифрование снимков позволило среди более чем 100 тыс. черных озер севера Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (без п-овов Ямал и Гыданский) закартировать около тысячи голубых озер. Сопоставление показало, что 58 % из них расположено над месторождениями нефти и газа, 20% - над выявленными, но не разбуренными локальными поднятиями, а 22 % - в слабо изученных сейсморазведкой и бурением районах. Приуроченность многих голубых озер к месторождениям обусловлена их связью со складчатостью нагнетания (выходами на поверхность соль-содержащих морских пород), которая в искаженном виде отражает плановое положение глубинных структур с содержащимися в них скоплениями углеводородов [Кузин, 1982]. Эти данные легли в основу разработанного автором дистанционного метода поисков залежей нефти и газа [Кузин, 1986].

3. Поиски месторождений сульфидных руд. Как отмечалось выше, в областях распространения кристаллических пород источниками серы для голубых озер являются сульфиды. В породе они обычно находятся в виде небольших включений и только в редких случаях образуют рудные тела. Наши исследования показали, что в озерах аномалии, обусловленные как рассеянными сульфидами, так и рудными телами, практически идентичны. Различия так незначительны, что выявить их на снимках очень трудно. Однако эти трудности преодолимы и применение «метода голубых озер» с целью поиска рудных месторождений, особенно в районах с сильной заболоченностью и заозеренностью, может дать положительный результат. Об этом свидетельствует наш опыт. Перед тем как заключить договор по опробованию этого метода на Кольском п-ове, руководство поисково-съёмочной экспедиции предложило автору по снимкам найти законсервированное месторождение на берегу озера в районе распространения девственных болот и лесов. Автор нашел это озеро среди многочисленных черных озер и указал участки расположения рудных тел.

4. Решение экологических задач. Самой важной из них является снижение вредного влияния аномальных явлений на растительный и животный мир озер. Как уже отмечалось, аномалии возникают на тех озерах, где органические вещества и сульфаты содержатся в количествах, достаточных для нормальной жизнедеятельности синезеленых водорослей. Чтобы не допустить появления таких аномалий, нужно сократить поступление в озера одного из указанных компонентов. Так как высокое содержание органических веществ в

поверхностных водах является характерной особенностью областей гумидного климата, для большей части этой территории усилия должны быть направлены на изоляцию вод, приносящих в озера сульфаты. Однако аномальные озера Западной Европы и Северной Америки характеризуются более мощным поступлением серосодержащих веществ, которые, возможно, имеют два источника - из местных пород и из принесенных издалека по воздуху техногенных выбросов. Если подтвердится наше предположение о подкисленных озерах этих регионов как о разновидности описываемых голубых озер, то наряду с применяемой сейчас нейтрализацией воды путем добавления в нее извести можно будет использовать другой способ борьбы с негативными явлениями. Чтобы сохранить наиболее ценные из распространенных здесь озер, надо отвести от них водотоки, вносящие большое количество органических веществ, и тем самым лишить сообщества сине-зеленых водорослей условий для их нормального существования.

Установленное автором изменение химического состава и цвета воды в озерах, связанное с жизнедеятельностью синезеленых водорослей, - явление планетарное. Оно характерно для озер, обогащенных органическими и серосодержащими веществами. Наиболее часто это явление наблюдается в областях гумидного климата, поверхностные воды которых обогащены органикой.

Список литературы

1. Геологический словарь. М.: Недра, 1978.
2. *Заварзин Г.А.* Бактерии и состав атмосферы. М.: Наука, 1984.
3. *Кругликов Н.М., Кузин И.Л.* Выходы глубинного газа на Уренгойском месторождении. Тр. ЗапСибНИГНИ. 1973. Вып. 73.
4. *Кузин И.Л., Матвеев А.Ф.* Породы верхнего мела в обнажениях Нижнего Приобья. Тр. ЗапСибНИГНИ. 1973. Вып. 73.
5. *Кузин И.Л.* Новейшая тектоника Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Деп. ВИНТИ. Л., 1982.
6. *Кузин И.Л.* Способ геохимического поиска залежей нефти и газа. Авторское свидетельство на изобретение № 1277040. 1986.
7. *Кузин И.Л.* [О приоритете в изучении поверхностных газопроявлений в Западной Сибири](#) // Геология и геофизика. 1990. № 9.
8. *Кузин И.Л.* Масштабы эмиссии природных газов в Западной Сибири // Изв. РГО. 1999. Т. 131. Вып. 5.
9. *Лесненко В.К.* Мир озер. М.: Просвещение, 1989.
10. Природа Ямала / Под ред. Л.Н. Добринского. Екатеринбург: Наука, 1995.
11. *Хорват Л.* Кислотный дождь. М.: Стройиздат, 1990.

Санкт-Петербург

Поступило в редакцию
14 октября 2000 г.

Ссылка на статью:



Кузин И.Л. Голубые озера областей гумидного климата // Известия русского географического общества. 2001. Том 133. Выпуск 3, с. 44-57.