

Рис. 8. Район кольца у м. Нижнее Изголовье, 3-4 апреля 2014 г. Слева - кристаллы игольчатого льда с нижней части ледового покрова (длина кристаллов 10-12 см). Справа - сила и направление течений

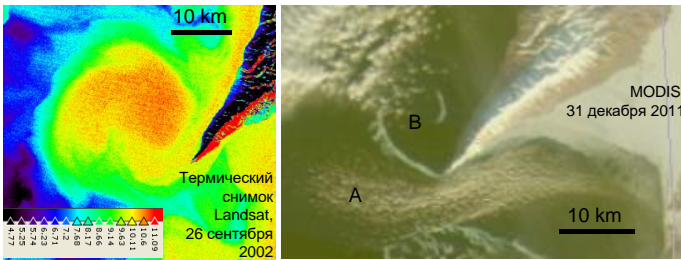


Рис. 9. У м. Нижнее Изголовье часто образуются антициклонические круговороты воды ещё до начала ледостава. Слева - тёплый вихрь. Справа - сильный ветер из Баргузинского залива выносит облака (А) и формирует вихрь, оконтуренный молодым льдом (В)



Рис. 10. А.Я. Сукнёв и пёс Буран проводят измерения характеристик воды подо льдом. Начиная с 2010 г. на Байкале и с 2014 г. на Хубсугуле мы проводим ежегодные полевые исследования на льду.

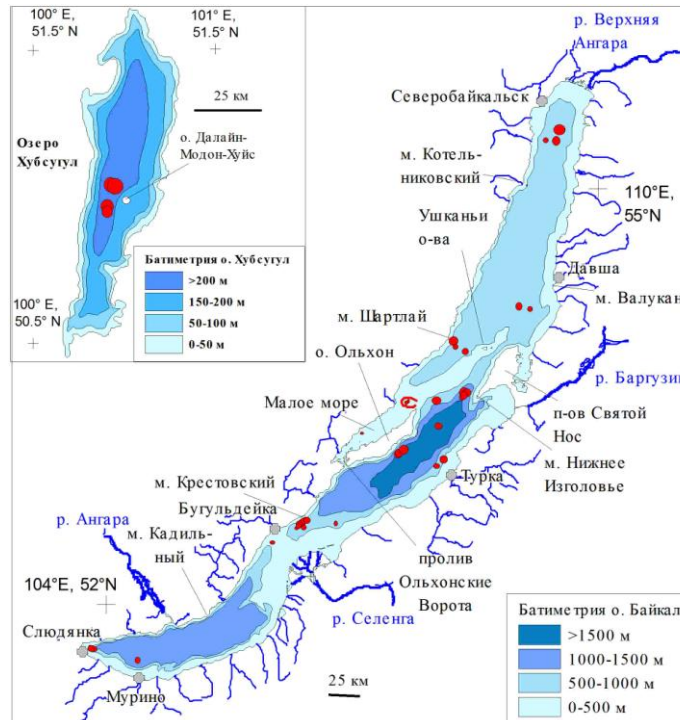


Рис. 11. Ледовые кольца (красные круги) на Байкале и Хубсугуле за

Как можно снизить риск попадания в кольцо?

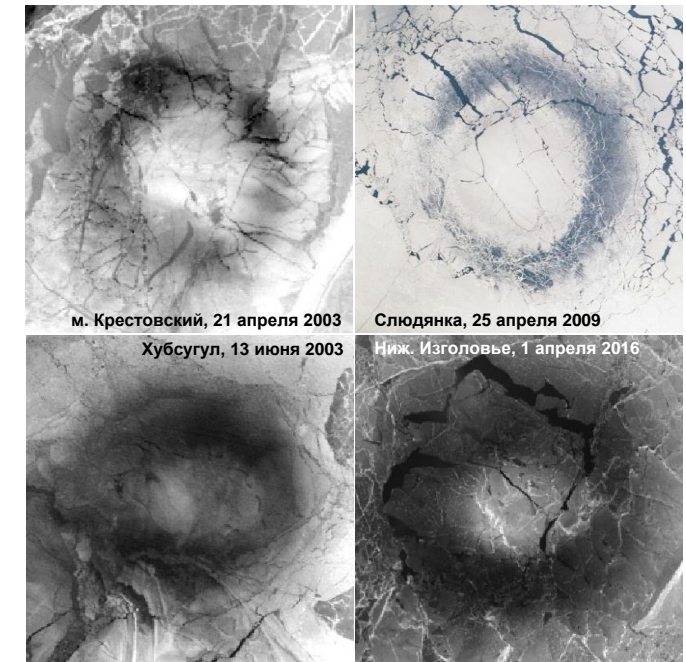
Если стантовые щели можно сравнительно легко обнаружить, то в районе кольца лёд выглядит как обычно, но его толщина намного меньше (Рис. 1). **Лучше избегать тех мест, где кольца обычно появляются (Рис. 11), даже если лёд в других районах прочный.** Важно своевременное оповещение, если кольца появились на спутниковых снимках. Предсказать появление колец возможно, если удастся обнаружить тёплый вихрь в начале зимы, но для этого требуются масштабные и детальные полевые наблюдения.

Хочу узнать больше.

Посетите наш сайт www.icerings.org. Также более подробную информацию вы можете найти в наших статьях Kouraev et al., *Limnology and Oceanography*, 2016, 2019, *The Cryosphere* 2021 в свободном доступе на www.icerings.org в разделе "Ресурсы".

Контакт: Алексей Кураев
kouraev@legos.obs-mip.fr

Рис. 1. Примеры ледовых колец для озёр Байкал и Хубсугул



ЛЕДОВЫЕ КОЛЬЦА БАЙКАЛА И ХУБСУГУЛА В ВОПРОСАХ, ОТВЕТАХ И КАРТИНКАХ



Рис. 2. Даже опытный водитель может попасть в передрыгу. УАЗ, застрявший в районе ледового кольца около м. Нижнее Изголовье, 18 марта 2016 г. © А. Бекетов.

www.icerings.org

Что такое ледовые кольца?

Это тёмные кольца на льду диаметром около 5-7 км и шириной кольца около 1 км (рис. 1). Лёд в центре и вне кольца более толстый и белый, в кольце тёмный и более тонкий. Они возникают достаточно непредсказуемо, в разных местах и в разные годы.

Как можно увидеть кольца?

Кольца слишком большие, чтобы увидеть их стоя на льду или на берегу. Зато их можно хорошо увидеть с высоты - с самолёта или (ещё лучше) со спутника.

Где встречаются кольца?

Ледовые кольца сначала были обнаружены на Байкале. На спутниковых снимках мы обнаружили более 70 колец (Рис. 11) - не только на Байкале, но и на озерах Хубсугул в Монголии (в 1975, 2003, 2008 и 2015 гг.) и Телецкое на Алтае (2010). Не исключено, что они существуют и в других озёрах, но ещё не обнаружены.

Это что-то новое?

С появлением в конце 2002 г. ежедневных снимков спутникового датчика MODIS (два изображения в день) их стало легче наблюдать. Но ледовые кольца - не новый феномен. Мы обнаружили кольца на спутниковых снимках датированных ещё 1969 годом.

Когда и где наблюдаются кольца?

Обычно они наблюдаются во второй половине апреля (Табл. 1, Рис. 3), но они наблюдались и раньше (31 января) и позже (26 мая). Чаще всего они появляются около мысов Крестовский и Нижнее Изголовье на Байкале, и у о. Далайн-Модон-Хуйс на Хубсугуле. Но, как показывает карта (Рис. 11), на Байкале они встречаются во многих местах.

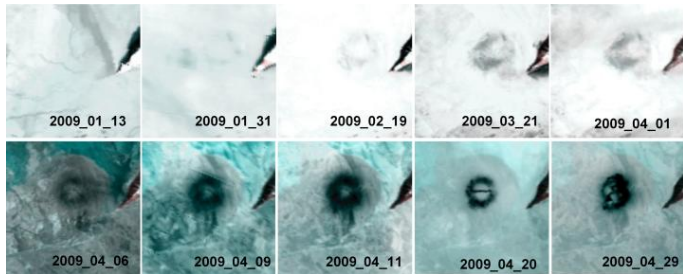


Рис. 3. Появление (31 января) и развитие ледового кольца в районе м. Нижнее Изголовье в 2009 г.

Отчего возникают кольца?

Изначально было много гипотез - от атмосферного воздействия и биологической активности в верхнем слое воды до НЛО и мистификаций (круги на полях и т.д.). Много гипотез связано с выходом метана из донных отложений и из газогидратов. Однако обнаруженные нами

кольца как на малых глубинах, так и в районах, где нет известных выходов газа, показывают, что такие гипотезы не могут однозначно объяснить появление колец.

Если это не метан, то что?

Наши полевые измерения показывают (Рис. 4), что до и во время появления колец под льдом существуют тёплые антициклонические (направленные по часовой стрелке) вихри. Они похожи на двояко-выпуклую линзу (как юла), вода от центра вихря (глубина 40-45 м) поднимается вверх и опускается вниз.

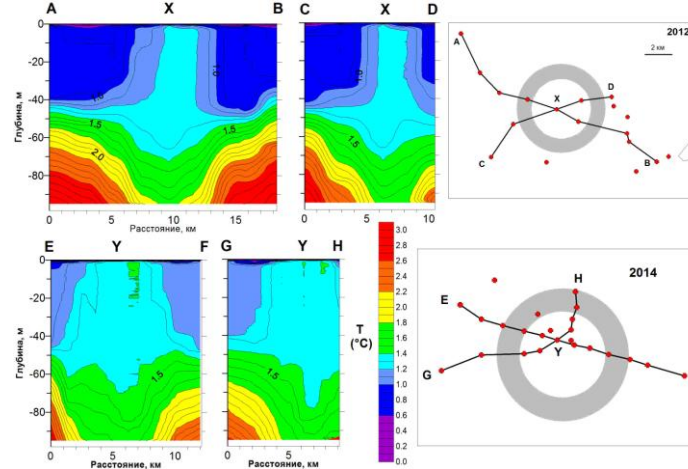


Рис. 4. Гидрологические измерения в апреле 2012 и 2014 гг. в районе колец у м. Нижнее Изголовье. Слева - вертикальные разрезы температуры воды (°C), справа - карта разрезов (кольца показаны серым цветом).

Как именно вихри приводят к появлению колец?

В центре вихря течения слабые, и, хотя там подо льдом есть более тёплая вода, лёд практически не тает. А вот на границе вихря течения сильные (Рис. 8) и более тёплая вода приводит к активному таянию льда. Сначала на нижней границе льда появляется игольчатый лёд, потом лёд разрушается, появляются пропарины, разводья и большие участки открытой воды. Ледовые кольца - внешнее проявление деятельности вихрей подо льдом. В 2016, 2018 и 2019 гг положение вихря во время экспедиционных работ позднее точно совпало с положением гигантских ледовых колец (Рис.5).

Откуда берутся вихри?

По спутниковым снимкам мы установили, что для Байкала в районе мыса Нижнее Изголовье (Рис. 9) вихри вызываются сочетанием сильных ветров, течения и специфической формы береговой линии. Вихри, которые создают ледовые кольца, возникают поздней осенью, ещё до появления льда. Для других мест возможны другие механизмы. Мы продолжаем работать над этими вопросами.

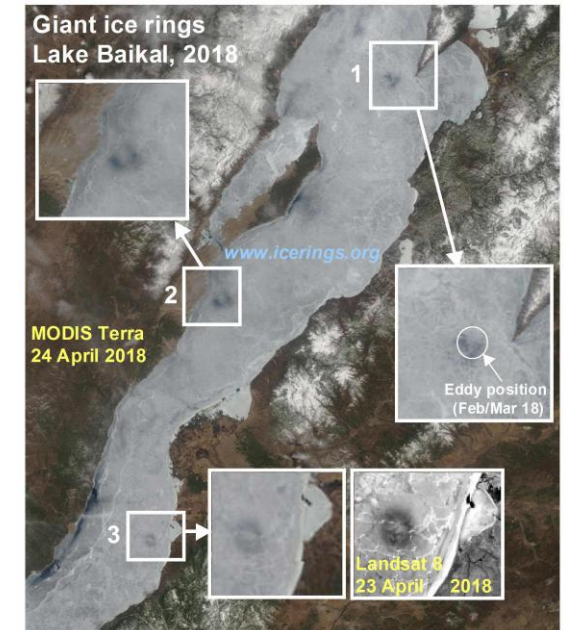


Рис. 5. Сразу три ледовых кольца появились на Байкале весной 2018 года. Для м. Нижнее Изголовье также указано положение вихря во время экспедиций в середине февраля и конце марта.



Рис. 6. Экспедиция на о. Хубсугул, 2014 г.



Рис. 7. Хубсугул, 2016 г.