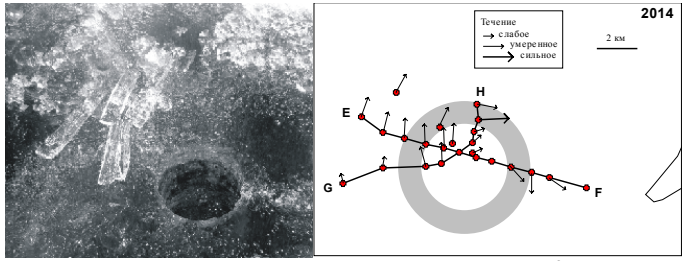


Рис. 5. Район кольца у м. Нижнее Изголовье, 3-4 апреля 2014 г. Слева - кристаллы игольчатого льда с нижней части ледового покрова (длина кристаллов 10-12 см). Справа - сила и направление течений

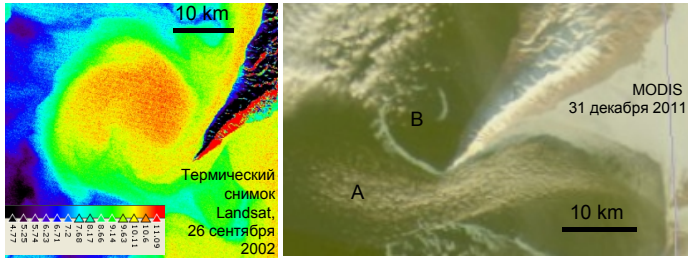


Рис. 6. У м. Нижнее Изголовье часто образуются антициклонические круговороты воды ещё до начала ледостава. Слева - тёплый вихрь. Справа - сильный ветер из Баргузинского залива выносит облака (A) и формирует вихрь, оконтуренный молодым льдом (B)

Рис. 7. 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.

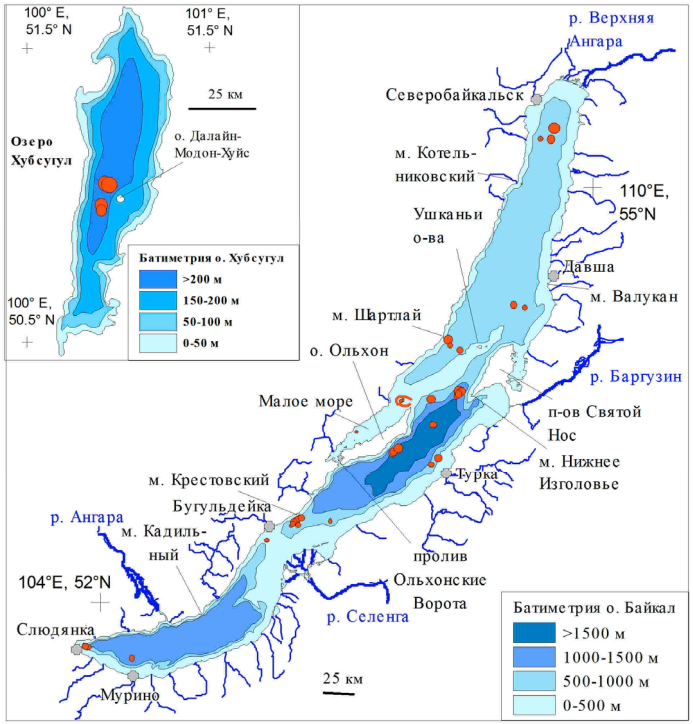


Рис. 8. Ледовые кольца (красные круги) на Байкале и Хубсугуле за 1973-2015

Как можно снизить риск попадания в кольцо?

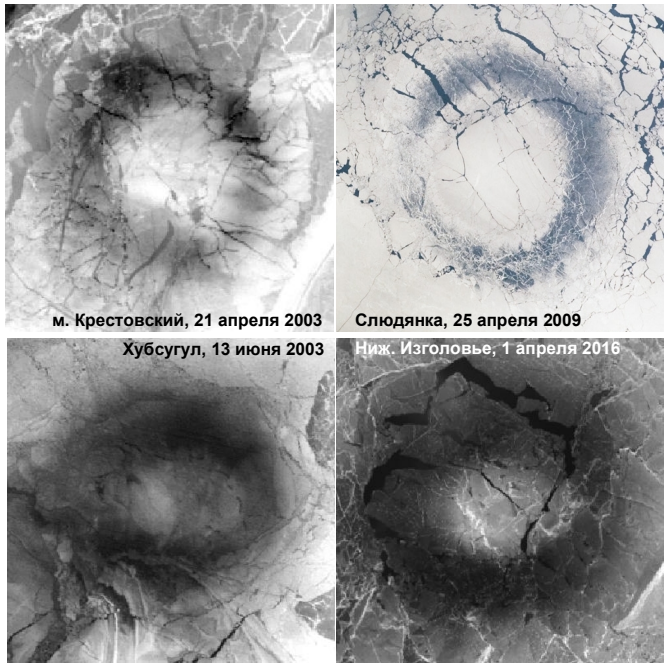
Если становые щели можно сравнительно легко обнаружить, то в районе кольца лёд выглядит как обычно, но его толщина намного меньше (Рис. 1). **Лучше избегать тех мест, где кольца обычно появляются (Рис. 8), даже если лёд в других районах прочный.** Важно своевременное оповещение, если кольца появились на спутниковых снимках. Предсказать появление колец возможно, если удастся обнаружить теплый вихрь в начале зимы, но это требует масштабных и детальных полевых наблюдений.

Хочу узнать больше. Хочу сообщить о новых ледовых кольцах, о странных ледовых явлениях.

Посетите наш сайт **www.icerings.org**. Также более подробную информацию вы можете найти в нашей статье Kouraev et al., 2016, *Limnology and Oceanography*, в свободном доступе на http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/lno.10268/pdf (английская версия) и www.icerings.org (русская и ангийская версии).

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 передрягу. УАЗ, застрявший в районе ледового кольца около м. Нижнее Изголовье, 18 марта 2016 г. © А. Бекетов.

www.icerings.org

Что такое ледовые кольца?

Эти тёмные кольца на льду с 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?

В существующих научных статьях и публикациях в интернете говорится о кольцах только на Байкале. На основе анализа спутниковых снимков для периода 1974-2015 гг. мы обнаружили 45 колец на Байкале (по сравнению с 13 ранее известными), а также, впервые, четыре кольца на соседнем озере Хубсугул в Монголии (Табл 1, Рис. 8). 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 снимках спутника Landsat, датированных ещё началом 1970-х гг.

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. 8), на Байкале они встречаются во многих местах.

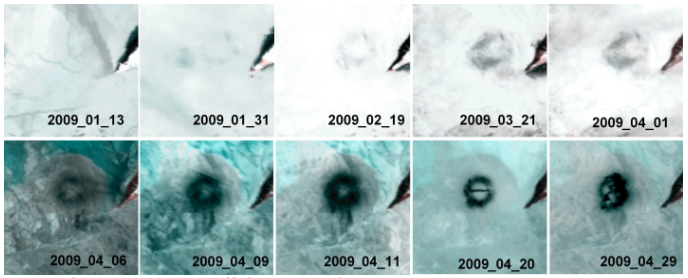


Рис. 3. Появление (31 января) и развитие ледового кольца в районе м. Нижнее Изголовье в 2009 г.

Отчего возникают кольца?

Существует 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 газогидратов. Однако обнаруженные нами кольца как на малых глубинах, так и в районах, где нет известных выходов газа, показывают, что гипотезы, связанные с выходом метана, 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 подо льдом существуют тёплые антициклонические (направленные по часовой стрелке) вихри. Они похожи на двояко-выпуклую линзу, вода от центра вихря (глубина 40-45 м) поднимается вверх и опускается вниз.

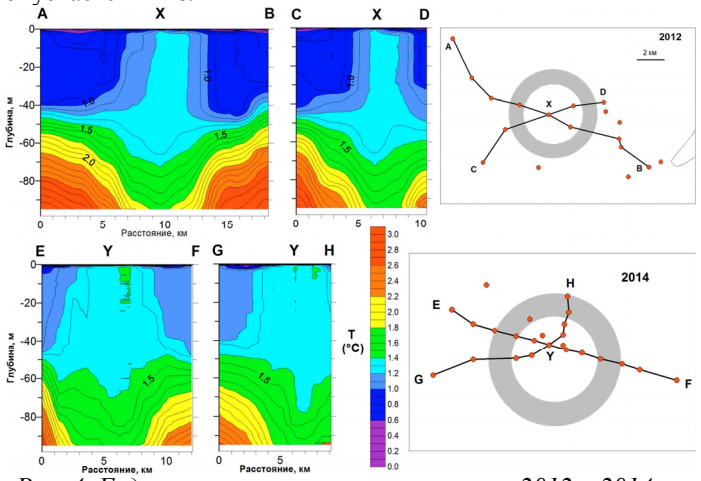


Рис. 4. Гидрологические измерения в апреле 2012 и 2014 гг. в районе колец у м. Нижнее Изголовье. Слева - вертикальные разрезы температуры воды (°C), справа - карта разрезов (кольца показаны серым цветом).

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. 5) 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.

Откуда берутся вихри?

Этот вопрос ещё требует дополнительного изучения. Среди возможных факторов - воздействие ветра до начала ледостава, сейши (колебания поверхности воды и льда под воздействием атмосферного давления), речной сток или взаимодействие прибрежного течения с береговой линией, как это наблюдается, например, около м. Нижнее Изголовье (Рис. 6). Неясно также, возникают эти вихри до появления льда или во время устойчивого ледостава. Мы продолжаем работать над этими вопросами.

Табл. 1. Перечень ледовых колец и их характеристики

Год (конец зимы)	Название	Диаметр, км	Долгота, ° с.ш.	Широта, ° в.д.	Первое обнаружение (мм.дд)	Последнее обнаружение	Длительность, дни	Глубина, м
1974	м. Шартлай	8.2	108.25	53.90	03/01	03/01		850
1974	м. Котельниковский	2.4	109.14	55.02	03/01	03/01		850
1975	м. Ниж. Изголовье	5.4	108.36	53.50	04/28	04/28		1550
1975	Хубсугул	5	100.40	50.97	05/19	05/20		>200
1977	м. Крестовский	5.6	106.42	52.55	05/06	05/06		1050
1985	м. Ниж. Изголовье	7	108.42	53.52	04/29	05/06		1450
1994	м. Ниж. Изголовье	6	108.38	53.51	04/10	04/16		1450
1999	м. Крестовский	6.4	106.42	52.60	04/18	04/18		900
2000	Слюдянка	5.6	103.83	51.68	04/27	04/27		750
2000	Северобайкальск	5.4	109.37	55.35	05/15	05/15		750
2001	м. Крестовский	4.4	106.34	52.55	04/21	05/10	(20)	850
2002	Мал. Море (север)	7.6	107.70	53.46	04/19	04/26	(8)	400
2002	Мал. Море (юг)	3.4	107.14	53.24	04/19	04/26	(8)	60
2002	Ольхон (восток)	7.6	107.58	53.09	04/26	04/26		1550
2003	м. Крестовский	5.2	106.45	52.60	04/03	04/28	26	950
2003	ок. м. Крестовский	4.4	106.81	52.58	04/17	05/08	22	950
2003	Хубсугул	5,8	100.42	51.04	06/13	06/13		>200
2004	м. Крестовский	6	106.42	52.59	04/21	05/02	12	900
2005	м. Крестовский	5.6	106.45	52.61	04/15	05/01	17	900
2005	Мал. Море (север)	4.6	107.68	53.46	05/01	05/13	13	370
2005	Ольхон (восток)	7	108.07	53.29	05/13	05/23	11	1550
2005	о-ва Ушканьи	6.4	108.40	53.83	05/21	05/23	3	650
2007	Мурино	6	104.40	51.60	04/11	04/24	14	1150
2007	м. Валукан	5.4	109.01	54.16	05/11	05/16	6	770
2008	Хубсугул	4,4	100.40	50.95	05/17	06/02	17	>200
2008	Турка	4.6	108.04	53.00	04/15	04/22	8	670
2008	м. Крестовский	5.4	106.39	52.59	04/10	04/23	14	850
2008	Слюдянка	4.4	103.81	51.69	04/16	04/30	15	650
2009	м. Ниж. Изголовье	6.6	108.37	53.53	02/01	05/03	92	1350
2009	Слюдянка	5.2	103.88	51.67	04/04	04/27	24	1050
2009	Мал. Море (север)	3.8	107.70	53.47	04/04	05/04	31	370
2009	Турка	7.6	108.13	53.05	04/09	04/29	21	500
2010	Северобайкальск С	7.6	109.55	55.42	01/31	04/27	87	750
2010	Северобайкальск Ю	6	109.50	55.34	01/02	05/07	126	750
2010	м. Крестовский	4.6	106.35	52.57	04/21	05/11	21	950
2010	Бугульдейка	4.8	106.04	52.45	04/21	05/16	26	450
2011	м. Ниж. Изголовье	8	108.38	53.53	04/15	05/02	18	1150
2011	Ольхон (восток)	8	107.64	53.12	04/13	04/26	14	1350
2011	м. Крестовский	6.2	106.36	52.57	03/31	04/27	28	850
2012	м. Ниж. Изголовье	6	108.39	53.52	04/06	04/28	23	1450
2012	Ольхон (восток)	7.6	107.59	53.09	04/06	04/21	16	1550
2012	м. Крестовский	6.8	106.37	52.58	04/06	04/21	16	850
2013	м. Крестовский	4.8	106.36	52.56	04/18	05/04	17	900
2013	Св. Нос - Ольхон	7.6	108.04	53.47	04/29	05/13	15	750
2013	м. Шартлай	5.4	108.27	53.85	05/07	05/19	13	850
2014	м. Крестовский	6	106.47	52.61	04/17	04/22	9	850
2014	м. Ниж. Изголовье	7	108.38	53.50	04/01	04/23	23	1450
2015	м. Валукан	5.6	109.18	54.13	05/08	05/10	3	650
2015	Хубсугул	6.2	100.45	51.03	05/20	05/29	(10)	>200

Большое спасибо А. Бекетову (Усть-Баргузин), Т. Тивиковой (Турка), С. Сушкееву (Тунка), Хурге и Бимбе (Ханх, Монголия) и всем, кто помогал в полевых и научных исследованиях, Исследование поддержано проектами ERA.NET RUS Plus S&T #226 “ERALECC”, CNES TOSCA “Lakes,” CNRS PICS “BaLaLaICA,” RFBR 13-05-91051, IDEX Transversalité InHERA.