

СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ КАМЧАТКИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ МОРЕЙ

**Доклады
XV международной
научной конференции,
18–19 ноября 2014 г.**

**Conservation of biodiversity of Kamchatka
and coastal waters**

Proceedings of XV international scientific conference
Petropavlovsk-Kamchatsky, 18–19 November 2014



**СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ
КАМЧАТКИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ МОРЕЙ**

Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : Доклады XV международной научной конференции, посвященной 80-летию со дня основания Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. – Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2015. – 136 с. : ил.

ISBN 978-5-9610-0254-6

Сборник включает отдельные доклады состоявшейся 18–19 ноября 2014 г. в Петропавловске-Камчатском XV международной научной конференции по проблемам сохранения биоразнообразия Камчатки и прилегающих к ней морских акваторий. Рассматривается история изучения и современное биоразнообразие отдельных групп флоры и фауны полуострова и прикамчатских вод. Обсуждаются различные аспекты сохранения биоразнообразия в условиях возрастающего антропогенного воздействия.

УДК 57 (265.53)
ББК 28.688

Редакционная коллегия:

В. Ф. Бугаев, д.б.н., А. М. Токранов, д.б.н. (отв. редактор), О. А. Чернягина

Перевод на английский язык Е. М. Ненашевой

Издано по решению Ученого Совета КФ ТИГ ДВО РАН

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ НАЛЕДЕОБРАЗОВАНИЯ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАМЧАТСКОГО КРАЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО БИОРАЗНООБРАЗИЯ

В. Е. Кириченко

*Камчатский филиал Тихоокеанского института географии (КФ ТИГ) ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский*

В работе показана возможность проведения пространственной оценки процессов наледеобразования в северной части Камчатского края с использованием данных дистанционного зондирования среднего разрешения. Подробно описана методика проведенных исследований на базе изучения обширного архива бесплатно распространяемых снимков «Landsat ETM» за 1999–2012 гг. Приводятся статистические и площадные оценки основных параметров наледей изученной территории, полученные с привлечением современных возможностей ГИС-технологий. Конечные результаты будут задействованы в создании модели потенциального биоразнообразия территории.

RESEARCHING OF THE NALED PROCESSES IN THE NORTHERN PART OF KAMCHATKA FOR DETERMINATING OF THE POTENTIAL BIODIVERSITY

V. Ye. Kirichenko

Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute (KB PGI) FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky

The paper shows the possibility of spatial assessment of the naled processes in the northern part of the Kamchatka Krai using medium resolution remote sensing data. Described in detail the research methodology based on the study of public Landsat Global Archive data during the period 1999–2012 years. Provides statistical and spatial estimation of the main parameters of the study area with using modern possibilities of GIS technology. The final results will be involved in creating of potential biodiversity model for Kamchatka's area.

В основу данной работы положены исследования, проведенные в северной части Камчатского края выше широты 60 градусов в рамках государственного контракта по объекту «Оценка состояния подземных вод северной части Камчатского края и создание гидрогеологической карты масштаба 1 : 500 000». Основная задача исследований, поставленная перед ООО «Аква» (заказчик – Федеральное управление по недропользованию по Камчатскому краю «Камчатнедра»), заключалась в изучении и оценке состояния недр в части ресурсов и запасов подземных вод, а также комплексной оценки участков развития и особенностей распространения мерзлотных процессов в различающихся геокриологических зонах. Опираясь на материалы, собранные в процессе этой работы, появилась возможность расширить пределы интерпретации полученного набора данных. Особый интерес представляет возможность последующего использования уже имеющихся материалов для дешифрирования режимов тепла и увлажнения в относительно слабоизученной части Камчатского края, что позволит получить информацию о потенциальном биоразнообразии (Зимин, 2009; Афонин, 2011). К сожалению, вопросы оценки потенциального разнообразия практически не разработаны среди русскоязычного сегмента исследователей. Для множества природоохранных проектов в регионах мира созданы карты потенциального биоразнообразия (Biodiversity Potential Map), а также рассчитывается индекс информационного потенциала биоразнообразия (Biodiversity Informatics Potential Index), часто используемые при расчетах экосистемных услуг и планов развития территорий (Kapustka et al., 2004; Ariño, 2011; Schlesinger et al., 2012; Modeling...).

Так, одним из ключевых факторов, определяющим потенциальное биоразнообразие территории, является экосистемное разнообразие. Экосистема – биологическая система, состоящая из сообщества живых организмов (**биоценоз**), среды их обитания (**биотоп**), системы связей, осуществляющей обмен веществом и энергией между ними (Одум, 1975). В основу проведенных исследований положена возможность дистанционного выделения разнообразия биотопов. Многочисленные вариации физических свойств биотопов являются тем самым фундаментом, на базе которого формируется весь комплекс потенциальных местообитаний территории. К примеру, годовые режимы температур и увлажнения (в том числе и осадков) влияют на структуру и характеристики экосистем, которые, в свою очередь, также могут в достаточно значительной мере изменять физические характеристики среды (Жизнь..., 1974). Известно множество фактов, указывающих, что в наземных экосистемах скорость ветра, влажность, температура и почвенные характеристики могут быть обусловлены влиянием обитающих там растений и в минимальной мере животных (Вернадский, 1967). В связи с наличием этих взаимодополняющих процессов становится возможным рассмотрение сложившейся на поверхности территории ситуации, как

их результирующее воздействие. Используя такой подход, появляется возможность оценить экосистемное разнообразие (вплоть до местообитаний), как функцию распределения гидротермического режима поверхности территории. Обратный подход уже достаточно хорошо известен в мировой практике, как моделирование пространственного распределения видов с использованием климатических данных на основе ГИС-технологий – программные продукты DIVA-GIS, MaxEnt и ArcGIS (Guisan, 2006; Афонин, 2011). Необходимо отметить, что эти методики успешно применяются в местностях с положительной среднегодовой температурой.

Мы столкнулись с задачей произвести подобную оценку региональных гидротермических условий в относительно слабоизученной местности с отрицательной среднегодовой температурой воздуха, развитием многолетнемерзлых пород и связанных с этим процессов на территории материковой части Камчатского края. Предварительно необходимо отметить, что местообитания с потенциально возможным высоким уровнем биоразнообразия прежде всего мы ожидаем в местах отсутствия или слабого распространения многолетнемерзлых пород, а также на участках с наличием постоянного увлажнения грунтовыми водами с круглогодичной положительной температурой почв. В природных условиях это участки развития наледей и различные связанные с ними «таликовые» зоны (Михайлов, 2005, 2010).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для поиска и оценки масштабов распространения мерзлотных явлений в последние годы все большее значение приобретает использование данных дистанционного зондирования земной поверхности из космоса. Эти высокоэффективные дистанционные методы позволяют обеспечить достаточно высокую оперативность и точность при исследованиях ледяного покрова (табл. 1) (Виноградов, 1984; Кроненберг, 1988).

На сегодняшний день в пределах околоземного космического пространства существует группировка из более чем 30-ти искусственных спутников Земли среднего и высокого разрешения. Для целей дешифрирования процессов наледообразования нами была проведена оценка технических характеристик отдельных спутников на предмет удовлетворения их следующим условиям:

- свободная доступность и бесплатность;
- разрешение не менее 30 м в видимом оптическом диапазоне (продиктовано масштабом исследований – минимальный размер видимых объектов должен составлять 50 м);
- наличие достаточно большого объема разнопериодных съемок (не менее 10 лет).

Исходя из заданных граничных условий отбора, необходимым критериям удовлетворяют всего лишь два типа космических снимков – «ASTER» и «Landsat ETM+».

Таблица 1. Использование аэрокосмических средств для определения гидрологических характеристик ледяного покрова (современное состояние в России)

Характеристика	Способ определения	Оценка точности
ЛЕДОВАЯ обстановка на реках и озерах	Аэровизуальное наблюдение и картографирование с самолёта и спутника	1–10 м
ТОЛЩИНА льда на реках и озерах	Радиолокационная (импульсная и частотная) аэро-ледомерная съёмка с вертолётa или самолётa	± 10 см
НАЛЕДИ подземных вод в зоне многолетней мерзлоты	Дешифрирование наледей с определением площади длины и ширины по аэро- и космоснимкам среднего и высокого разрешения	5–10 %
КОНТУРЫ ледяных образований на больших озёрах	Картографирование по спутниковым снимкам малого, среднего разрешения и высокого разрешения	1–10 м
СПЛОЧЕННОСТЬ ледяных полей на больших озёрах	Дешифрирование по спутниковым снимкам среднего и высокого разрешения	2–3 балла
СТЕПЕНЬ покрытия льдом и ледовитость больших озёр	Расчёт по соотношению площадей на картосхемах, построенных по авиаразведкам и спутниковым снимкам	8 %

ХАРАКТЕРНЫЕ СРОКИ ледового режима больших озёр	Анализ ряда последовательных картосхем за сезон и многолетний период	2–3 суток
ТИПОВЫЕ схемы ледовой обстановки на больших озёрах	Анализ ряда картосхем за многолетний период	2–3 суток
КАРТОСХЕМА ледовой обстановки на большом озере	Воспроизведение путем имитационного моделирования по данным предшествующих съёмкам с учётом гидрометеорологической обстановки в последующий период	2–3 суток
СРОКИ очищения от льда группировок малых озёр и рек	Анализ ряда последовательных съёмков за сезон	1–2 суток

Причем космические снимки «ASTER», имея более высокое разрешение 15 м, располагают намного менее наполненным архивом и достаточно сложной процедурой получения, что позволяет их рекомендовать исключительно в качестве дополнительного источника данных. На основании вышеизложенного остается выбрать в качестве основного источника исходных материалов для дешифрирования архив снимков «Landsat ETM» (1999–2012 гг.). Отбор производился через сеть интернет, из открытого архива, расположенного на портале доступа к бесплатно распространяемым в целях изучения земной поверхности космическим снимкам «Landsat» – USGS Global Visualization Viewer (<http://glovis.usgs.gov>). На основании предварительной оценки наличия имеющихся в архиве космических снимков «Landsat» с облачностью $\leq 20\%$ нами был отмечен факт существования в среднем 30–70-кратной повторяемости данных для всей территории изучаемого района с общим количеством 480 единиц хранения (рис. 1, табл. 2).

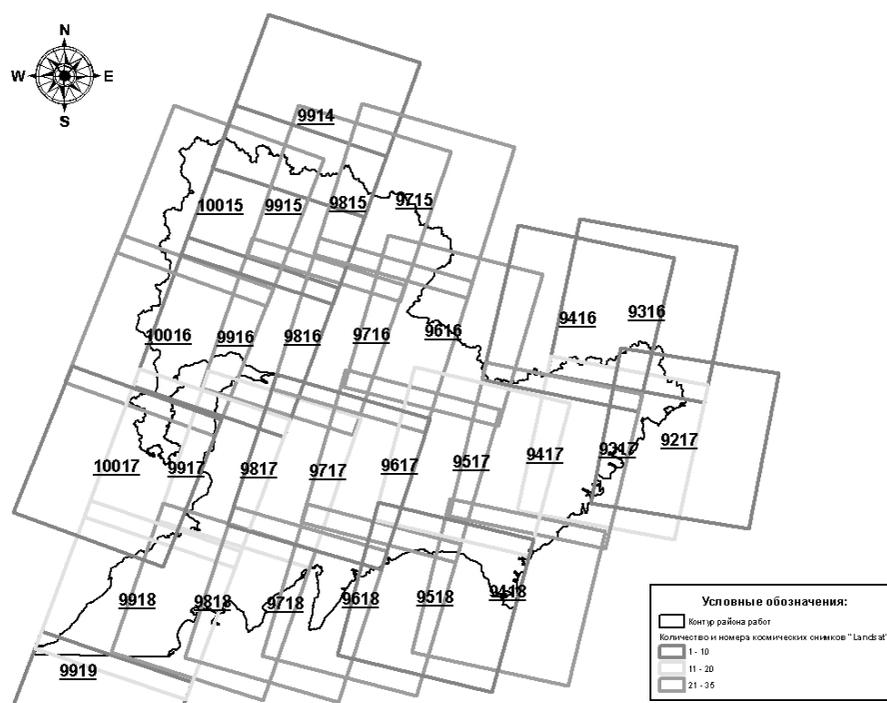


Рис. 1. Схема расположения архивных космических снимков «Landsat»

Таблица 2. Наличие кондиционных космических снимков «Landsat» (облачность $\leq 20\%$), отобранных для последующего дешифрирования

Ряд / Строка	100	99	98	97	96	95	94	93	92	Итого:
14		1								1
15	24	9	25	30						88
16	29	2	31	29	35		1	9		136

Продолжение таблицы 2

17	1	17	13	1	30	17	25	17	5	126
18		17	24	24	29	1	32			127
19		2								2
Итого:	54	48	93	84	94	18	58	26	5	480

Суммарный размер отобранных и обработанных в процессе работ данных составил более 7 гигабайт, который после процедуры разархивирования, предварительной подготовки и компоновки данных достиг объема более 36 гигабайт.

Исходя из поставленной задачи исследования наледей, нам необходимо было определиться с сезонностью отбираемых для анализа космических снимков. Как отмечают исследователи процессов наледообразования, их сопровождает достаточно четко выраженная стадийность развития (Ершов, 1989, 1990). Характерными являются следующие стадии и соответствующие им периоды наблюдений:

1. возникновение наледей (октябрь – ноябрь);
2. окончательное формирование и завершение развития наледей временных поверхностных водотоков и надмерзлотных вод (декабрь – январь);
3. интенсивный рост (январь – февраль);
4. максимальное развитие (март – апрель);
5. разрушение большинства наледей (апрель – май);
6. окончательное разрушение наледей (июнь – июль).

Нами была проведена оценка наличия данных космических съемок для каждой стадии наледообразования (табл. 3).

Таблица 3. Наличие кондиционных космических снимков «Landsat», соответствующих разным стадиям наледообразования

№	Стадия наледообразования	Периоды наблюдений	Оценка наличия данных
1.	Возникновения наледей	октябрь – ноябрь	30
2.	Окончательное формирование и завершение развития наледей временных поверхностных водотоков и надмерзлотных вод	декабрь – январь	1
3.	Интенсивный рост	январь – февраль	9
4.	Максимальное развитие	март – апрель	138
5.	Разрушение большинства наледей	апрель – май	76
6.	Окончательное разрушение наледей	июнь – июль	226
Итого:			480

Подводя итог этапу отбора и подготовки материалов ДДЗ, необходимо отметить их достаточно малое наличие на периоды октябрь–февраль – теоретические стадии возникновения, формирования и интенсивного роста. Однако на основании проведенных работ по дешифрированию процессов наледообразования в пределах изученной территории можно с уверенностью отметить начальное растягивание, последующее смещение и некоторое сжатие сроков различных стадий наледообразования. Таким образом, обнаруженное явление позволяет утверждать, что отобранные для обработки материалы ДДЗ достаточно полно отражают все необходимые для оценки стадии наледообразования на период 1999–2012 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Работы по визуальному дешифрированию выполняли по стандартной методике (Богомолов, 1976). Минимальный размер дешифрируемых объектов составил 60 м², что было продиктовано, скорее, не требованиями исследований, а возможностью их визуальной идентификации. Конечные размеры отдешифрированных объектов отбирались по максимальным за все периоды наблюдений размерам. Всего на исследуемой территории нами отдешифрированы около 14 000 наледей. Далее, на основе полученных

данных, с использованием инструментов ГИС-обработки математического аппарата современного программного продукта фирмы ESRI – ArcGIS было получено расчетное гридированное покрытие плотности распространения наледей на всю площадь района исследований (цветная вкладка, рис. 1). Сравнивая полученные данные с материалами первичной оценки процессов наледообразования, которая была произведена еще в 60–70-х гг. 20-го века (Гидрогеология, 1974), можно отметить, что по этой оценке территория рассматривалась как район распространения малых – средних наледей с наледностью от 0.3 до 2.0 (рис. 3, табл. 4). Нами это подтверждается лишь частично в плане оценки общей наледности территории от 0.2 до 2.2 (табл. 4). Также в результате исследований отмечается расширение почти в 2 раза площадей развития процессов наледообразования (рис. 2) и изменения статуса территории на район распространения больших–средних наледей (табл. 6, рис. 6, 7).

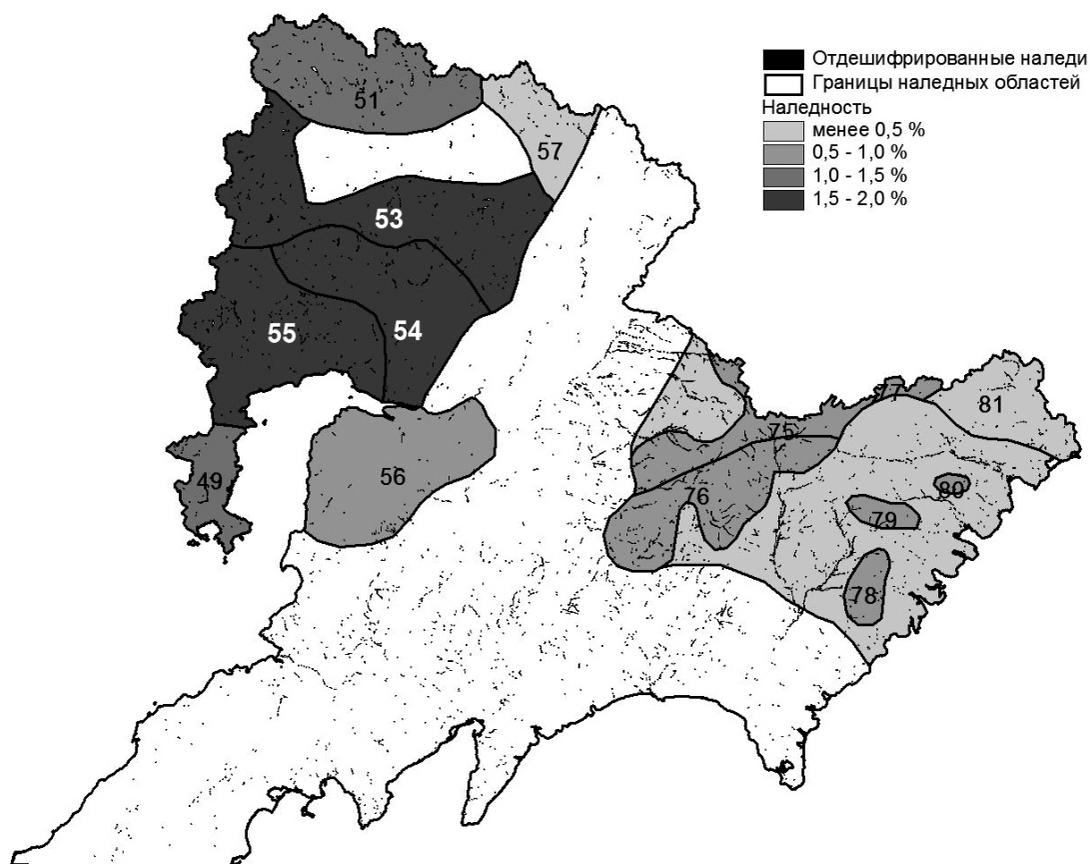


Рис. 2. Схема расположения наледных областей по материалам обследований 1960–1970-х гг., комбинированная с участками отдешифрированных наледей 1999–2012 гг.

Таблица 4. Сравнение характеристик расчетных наледных областей за разные периоды наблюдений

№	Название наледных областей	Площадь наледей, га	Площадь района, га	Наледность, %	
				1999–2012	1960–1970
1	Без названия	1068.5	689422.9	0.15	-
2	Без названия	43392.2	10217855.6	0.42	-
3	Без названия	6837.1	313742.3	2.18	-
4	Без названия	23635.5	2099276.0	1.13	-
49	Верховья рек Колымак-Авекова	1334.9	280132.5	0.48	0.35
51	Левый приток р. Пенжина	7059.0	891906.0	0.79	0.90
53	Правый приток р. Пенжина	6608.5	1307564.1	0.51	1.11

Продолжение таблицы 4

54	Бассейн р. Оклан	4006.7	918319.6	0.44	1.97
55	Окланское плато	6210.6	1049093.7	0.59	1.03
56	Без названия	2010.0	951085.5	0.21	-
57	Бассейн р. Мургаль	1271.6	364949.4	0.35	0.36
75	Верховье правого притока р. Великой	4839.9	390882.7	1.24	0.35
76	Верховье р. Эничайваям	8134.9	669367.9	1.22	0.28
77	Верховье р. Хатырка	96.8	49824.1	0.19	0.42
78	Левый приток р. Ачайваям	545.6	122449.0	0.45	0.65
79	Хребет Ватына	383.8	83940.1	0.46	0.61
80	Верховье р. Вальваям	98.7	26417.0	0.37	1.11
81	Майиопильгинский	1750.9	426489.0	0.41	0.38
	Итого/средние:	119285.1	20852717.4	0.64	0.74

Далее полученная выборка была подвергнута стандартной статистической обработке, получены следующие результаты и классификации (табл. 5, 6, рис. 3, 4):

Таблица 5. Результаты стандартной статистической обработки выборки площадей дешифрированных наледей

N	Количество наледей: 13929	R	Диапазон: 17 690 099 м ²
\hat{a}	Сумма: 1 194 736 007 м ²	D	Дисперсия: 161 082 886 772
$X_{\text{ср}}$	Среднее значение: 85 773 м ²	s	Стандартное отклонение: 401 351
$X_{\text{макс}}$	Максимум: 17 690 155 м ²	A	Ассиметрия: 22
$X_{\text{мин}}$	Минимум: 56 м ²	M	Медиана: 15931

Таблица 6. Классификация наледей района исследований по размерам

Наименование	Площадь, м ²	Количество	%
Очень малые	<100	22	0.2
Малые	100–1000	405	2.9
Средние	1000–10000	4837	34.7
Большие	10 000–100 000	6663	47.8
Очень большие	100 000–1 000 000	1819	13.1
Гигантские	> 1 000 000	183	1.3
Итого:		13929	100

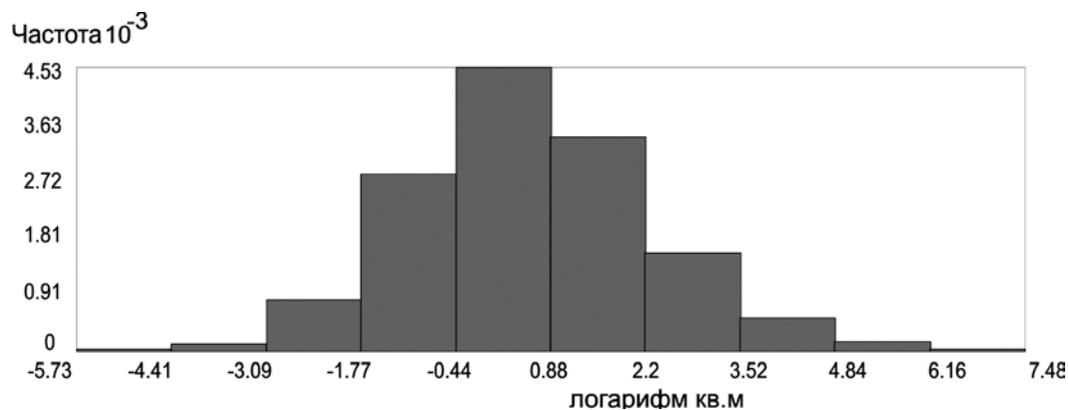


Рис. 3. Площади наледей

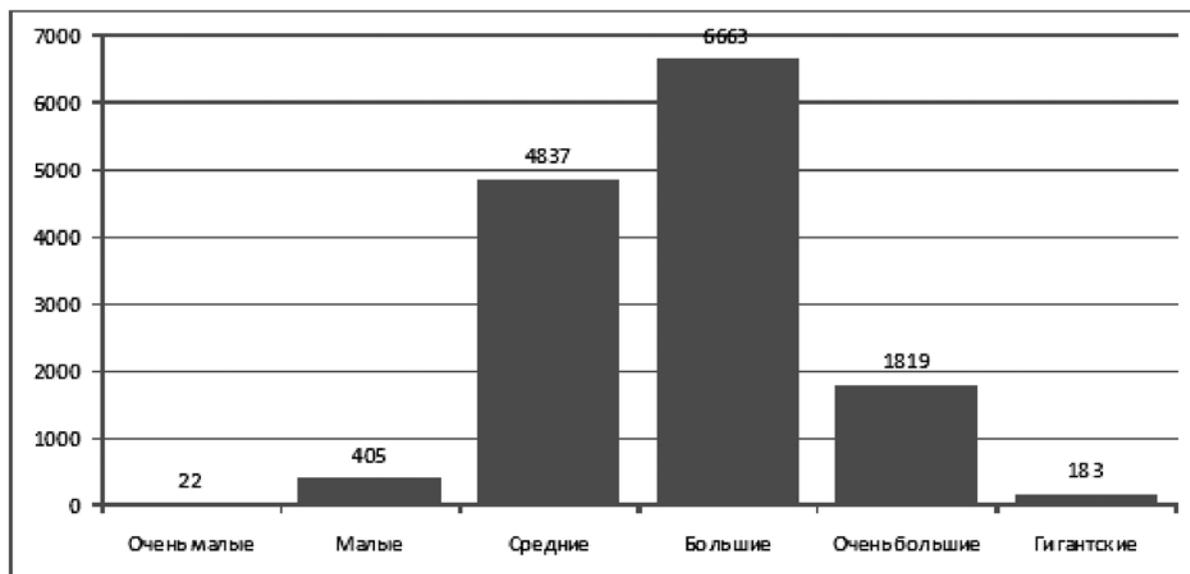


Рис. 4. Гистограмма количества и размеров наледей, в тыс. кв. м

Анализ данных статистической обработки указывает на наличие в расчетной выборке логнормального распределения площадей, что характеризует естественный стабильный, математически однородный, физический процесс. Комплексный географо-математический анализ процессов наледообразования на основе материалов дешифрирования позволяет выделить целый ряд определенных закономерностей, выявленных в результате исследований:

1. Отмечено повсеместное начальное растягивание, последующее смещение и некоторое сжатие сроков различных стадий наледообразования:

- a. возникновение наледей (октябрь – декабрь);
- b. окончательное формирование и завершение развития наледей временных поверхностных водотоков и надмерзлотных вод (декабрь – февраль);
- c. интенсивный рост (февраль – март);
- d. максимальное развитие (март – апрель);
- e. разрушение большинства наледей (май – июнь);
- f. окончательное разрушение наледей (июнь – июль).

Четко прослеживается региональная зональность. Смещение стадийности наблюдается от бассейна р. Пенжины на юго-восток к побережью Берингова моря. Сдвиг наступления 5-й и 6-й стадий наледообразования может достигать 40–60 дней на отдельных участках Олюторского хребта;

2. Практически все наледи, имеющие протяженность более 1 км, приурочены к площадям распространения современных четвертичных отложений. При этом протяженность наледи находится в прямой зависимости от мощности и площади распространения вмещающих её четвертичных отложений. Так около 30 % от общего количества наледей имеют суммарную площадь более 60 % от общего количества;

3. Максимальное распространение наледообразования отмечается в глубоко врезанных, протяженных, четко прослеживаемых, большей частью троговых долинах, приуроченных к крупным горным массивам – верхние части бассейна р. Пенжины и речные долины, обрамляющие массив г. Ледяной;

4. Участки минимальной плотности при достаточно большой встречаемости наледей отмечены в бассейнах рек Укэлаят и Опука, в юго-восточных отрогах хребтов Олюторский и Пылгинский, отрогах хребтов Анана, Ильпын и Срединно-Камчатский, а также вдоль побережья Маметчинского залива;

5. Наледи, расположенные на участках с уклонами, составляющие около 8 % от общего количества, имеют суммарную площадь почти 5 %;

6. Небольшие участки откосных и водораздельных наледей в основном приурочены к отрогам Срединного Камчатского хребта;

7. В пределах отрогов Срединного Камчатского хребта отмечено практически полное отсутствие наледей, приуроченных к пологим участкам территории;

8. Объединяя три последних тезиса, можно утверждать, что в целом для северных отрогов Срединного хребта явление долинного наледообразования не характерно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Успешное использование бесплатно распространяемого и постоянно пополняемого разнопериодного архива космических снимков «Landsat ETM» (1999–2012 гг.) для целей дешифрирования процессов наледообразования позволяет осуществлять многолетний мониторинг за ходом этого природного явления. Сравнение современных данных с результатами исследований полувековой давности показывает достаточно хорошую сходимость и возможность их использования для оценки влияния климатических колебаний на гидротермический режим материковой части Камчатского края.

Полученные на этом этапе исследований результаты предполагается в дальнейшем использовать как основу при создании модели потенциального биоразнообразия с учетом процессов теплообмена с деятельной поверхностью и поглощением солнечной радиации в пределах исследуемой территории.

ЛИТЕРАТУРА

- Афонин А. Н., Ли Ю. С. 2011. Эколого-географический подход на базе географических информационных технологий в изучении экологии и распространения биологических объектов // *BioGIS Journal*. № 1.
- Богомолов Л. А. 1976. Дешифрирование аэроснимков. – М. : Недра. – 145 с.
- Вернадский В. И. 1967. Биосфера. – М. : Мысль. – 367 с.
- Виноградов Б. В. 1984. Аэрокосмический мониторинг экосистем. – М. : Наука. – 320 с.
- Гидрогеология СССР. Том 26. Северо-Восток СССР. 1974. / Под ред. Толстихина О. Н. – М. : Недра. – С. 81–90.
- Ершов Э. Д. 1989. Геокриология СССР / Под ред. Э. Д. Ершова. Т. IV. Восточная Сибирь и Дальний Восток. – М. : Недра. – 514 с.
- Ершов Э. Д. 1990. Общая геокриология. – М. : Недра. – 559 с.
- Зимин М. В. 2009. Разработка методики картографирования средообразующих функций бореальных лесов Европейской России // Дисс. ... канд. географ. наук. – М. – 247 с.
- Жизнь растений: в 6-ти томах. 1974. / Под ред. А. Л. Тахтаджяна, гл. ред. чл.-кор. АН СССР, проф. А. А. Федоров. – М. : Просвещение. Т. 1. – С. 58–87.
- Кроненберг П. 1988. Дистанционное изучение Земли. Основы и методы дистанционных исследований в геологии. – М. : Мир. – 343 с.
- Михайлов В. М. 2005. Пойменные талики Северо-Востока России // Дисс. ... докт. географ. наук: 25.00.08. – Якутск, РГБ ОД, 71:06–11/8. – 364 с.
- Михайлов В. М., 2010. Разнообразие таликов речных долин и их систематизация // *Криосфера Земли*. Т. XIV. № 3. – С. 43–51.
- Одум Ю. 1975. Основы экологии. – М. : Мир. – 741 с.
- Ariño A. H. 2011. The Biodiversity Informatics Potential Index. *BMC Bioinformatics* 2011 12 (Suppl 15):S4.
- Guisan A., Broennimann O., Engler R., Vust M., Yoccoz N. G., Lehman A., Zimmermann N. E. 2006. Using niche-based models to improve the sampling of rare species // *Conservation Biol.* Vol. 20. – P. 501–511.
- Huang, Shengli, Paul M. Rich, Robert Crabtree, Christopher Potter, Pinde Fu. 2008. Modeling Near-Surface Air Temperature from Solar Radiation and Lapse Rate: Application over Complex Terrain in Yellowstone National Park, USA // *Physical Geography*. Vol. 29. № 2. – P. 158–178.
- Kapustka L. A., Galbraith H., Luxon M., Yocum J. M., Adams W. J. 2004. Predicting Biodiversity Potential Using a Modified Layers of Habitat Model / *Landscape Ecology and Wildlife Habitat Evaluation: Critical Information for Ecological Risk Assessment, Land-use Management Activities, and Biodiversity Enhancement*, STP 1458, ASTM Int., 2004. – P. 107–128.
- Modeling potential faunistic biodiversity with a spatially explicit expert system – www.wsl.ch/land/products/biomod/welcome.html: последняя дата обращения 17.05 2015 г.
- Schlesinger M. D., Feldmann A. L., Young S. M. 2012. Biodiversity and ecological potential of Plum Island, New York. New York Natural Heritage Program, Albany, New York. – 63 p.

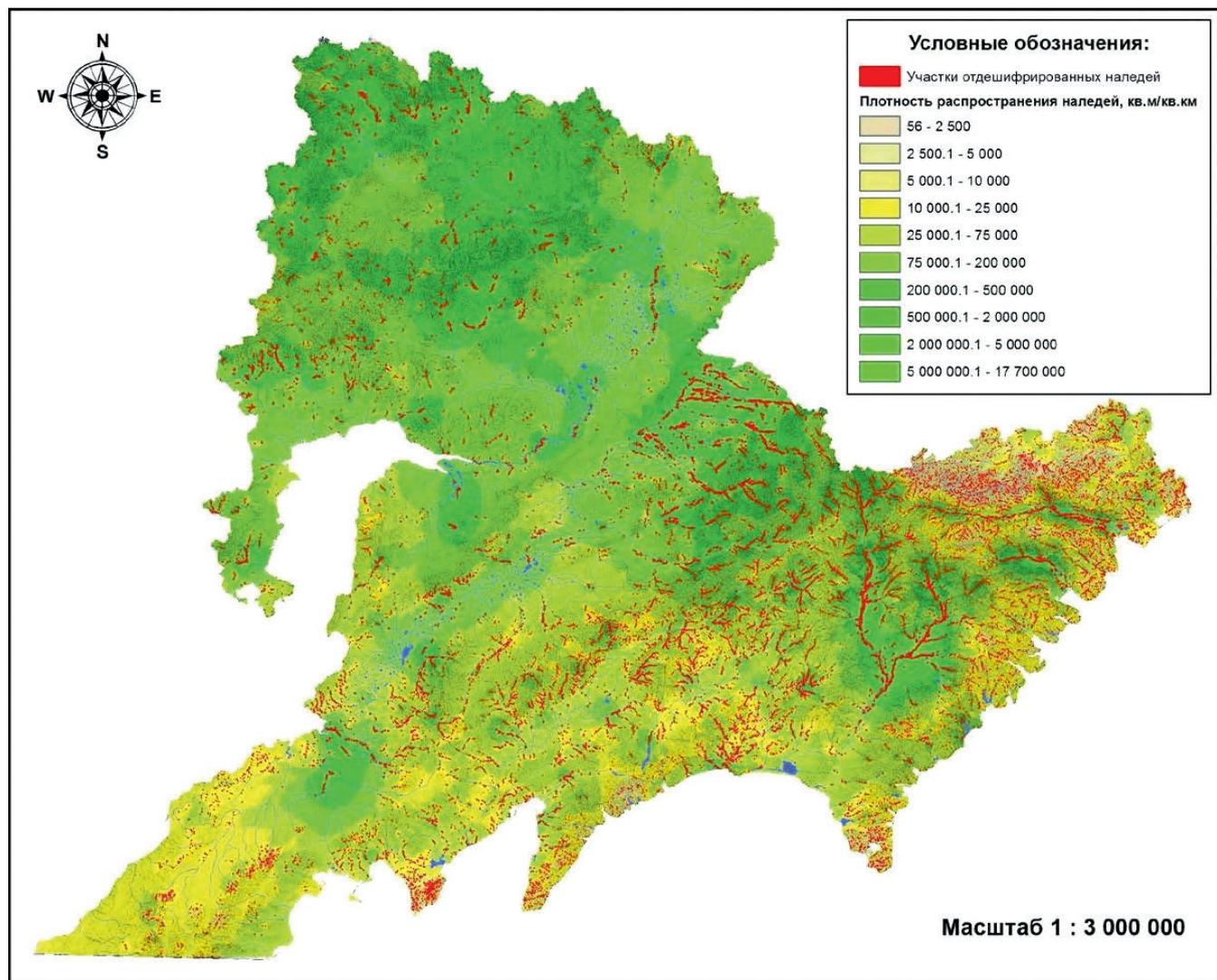


Рис. 1. Карта-схема плотности распространения наледей и участков их расположения в северной части Камчатского края, составленная на основе дешифрирования данных космических съемок со спутника «Landsat» (1999–2012 гг.)