

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 551.345

ИЗУЧЕНИЕ ОЗЕРНОСТИ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Г. В. Ананьева

*Институт криосферы Земли СО РАН, 625000, Тюмень, а/я 1230, Россия*

Для территории севера Западной Сибири и Таймыра составлена электронная карта озерности. Она отражает неоднородность пространственного распределения озер и позволяет количественно оценить площади сквозных подозерных таликов в зоне сплошного распространения мерзлых толщ. На участках скопления крупных озер доля таликов составляет 25 % и более. Подсчитана встречаемость озер разного размера и суммарная площадь, занимаемая ими.

*Криолитозона, озерность, подозерные талики, электронная карта*

STUDY OF THE DISTRIBUTION OF LAKES IN RUSSIAN ARCTIC WITH THE USE OF GIS-TECHNOLOGIES

G. V. Ananjeva

*Earth Cryosphere Institute SB RAS, 625000, Tyumen, 1230, Russia*

The electronic map of lakes is made for the north of West Siberia and Taimyr peninsula. It shows heterogeneity of distribution of lakes and allows quantitative estimation of the area of taliks in the zone of continuous permafrost. On sites of accumulation of large lakes the taliks share is 25 % and more. The number of lakes of different sizes and the total area occupied by them are calculated.

*Cryolithozone, area of lakes, taliks under lake, electronic map*

ВВЕДЕНИЕ

Для северных территорий России характерно большое количество озер. Это обусловлено специфическими природно-климатическими условиями: равнинностью рельефа, суровым климатом, преобладанием осадков над испарением и, как следствие, избыточным увлажнением, повсеместным развитием многолетнемерзлых пород (ММП), залегающих с поверхности.

Крупные озера, обладая значительными запасами тепла, способствуют образованию под их днищем подозерных таликов, относящихся к классу гидрогенных [Геокриология..., 1989; Фотиев, 1978]. Озера являются своеобразными прорубями в толще ММП, и по ним осуществляется связь различных водоносных горизонтов между собой.

Обращает на себя внимание весьма неравномерное распространение озер в плане. Для отображения этой площадной неоднородности служит показатель озерности. *Озерностью* называ-

ется отношение суммарной площади озер к площади какой-то территории, выраженное в процентах.

Сведения об особенностях площадного распространения озер представляют большой практический интерес при хозяйственном освоении северных территорий, поскольку озера являются возможным источником водоснабжения. Сквозные и несквозные подозерные талики осложняют условия строительства и эксплуатации сооружений; по ним же возможно и проникновение загрязняющих веществ в подземные воды.

ОПЫТ СОСТАВЛЕНИЯ КАРТ ОЗЕРНОСТИ

Ранее, когда было необходимо охарактеризовать озерность различных природно-территориальных комплексов (ландшафтных районов, ландшафтов, урочищ и пр.), для подсчета озерности участков чаще всего использовали контуры ландшафтной карты. При этом пользовались

планиметрами и палетками. Карты озерности составлялись для отдельных территорий, где проводилась инженерно-геокриологическая съемка в масштабе 1 : 100 000, 1 : 200 000, или для целых регионов Российской Арктики в более мелком масштабе при составлении научно-технических отчетов.

Более правильно, на наш взгляд, производить подсчет озерности внутри элементарных квадратов определенной площади. Н. П. Белецкой этим методом составлена картограмма озерности Западной Сибири [*Рельеф...*, 1988]. Но эта картограмма имеет два недостатка. Во-первых, площадь элементарных квадратов уменьшается с юга на север от 328 до 141 км<sup>2</sup> в соответствии с уменьшением градусной сетки. Это дает разную точность вычисления озерности. На юге точность меньше, на севере больше. Во-вторых, совершенно необоснованно на картограмме не выделяются квадраты с озерностью более 4 %, хотя таких участков в данном регионе достаточно много. В результате информативность карты оказалась невелика.

Очень детальная карта озерности Ямала была составлена В. Т. Трофимовым и Н. Н. Пискуновым [*Полуостров Ямал*, 1975]. Здесь подсчет проводился по рабочим квадратам с площадью около 50 км<sup>2</sup>. Но окончательная карта выполнена в изолиниях, что не совсем верно отражает существующую картину распределения озер в плане. Чаще всего на местности происходит не постепенное и пошаговое, а резкое изменение величины озерности.

Значительно меньше материалов накоплено об озерности территорий Тазовского п-ова и Гыдана. Кроме картограммы Н. П. Белецкой, на эту территорию существуют обзорные схемы озерности в комплекте с другими картами ландшафтного районирования [*Карта природных комплексов*, 1991]. Еще менее изученным является огромный регион Таймыра. Это можно объяснить тем, что работы по подсчету озерности всегда являлись очень трудоемкими и объемными и, как правило, оставались за рамками необходимых исследований при проведении инженерно-геокриологического картирования и съемки. При введении в практику картографирования компьютерных ГИС-технологий процедура подсчета озерности значительно упростилась и в то же время стала более точной и детальной.

#### МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТЫ ОЗЕРНОСТИ

Электронная карта озерности севера Западной Сибири и Таймыра была составлена нами в программном пакете GEODRAW/GEOGRAPH. В качестве бумажной основы использовалась то-

пографическая карта СССР масштаба 1 : 1 000 000 (1953 г.). Для отображения пространственной неоднородности озерности использовался метод элементарных квадратов.

На первом этапе была скомпонована отсканированная исходная топографическая карта, наложенная своей географической градусной сеткой на сетку в проекции Гаусса—Крюгера. Был создан единый растровый слой, каждая точка или объект на котором имели уже конкретную географическую привязку. С ним можно было проводить определенные манипуляции: изменять качество изображения, увеличивать или уменьшать масштаб, определять расстояния. Но растровый слой не позволял идентифицировать и воспроизводить отдельные его элементы — реки, озера, горизонталы и пр. Для этого были необходимы векторные слои.

Создание векторного слоя — это рисование любого компонента или контура, отображенного на топокарте, с помощью набора инструментов. Векторный слой позволяет в дальнейшем автоматически вести любые расчеты и измерения в данных графических программах, а также накладывать друг на друга любые другие векторные слои. На них каждая точка имеет свои координаты, каждая дуга — свои координаты и длину, каждый полигон — свои координаты, периметр и площадь. Любой объект или группу объектов можно выделить, скопировать, передвинуть или поместить в другой векторный слой. Преимущество векторного слоя также состоит в том, что все объекты на нем взаимосвязаны и имеют конкретную географическую привязку, причем могут постоянно дополняться.

Для создания карты озерности в первую очередь нам требовалось создать слой „Озера“, т. е. обрисовать береговую линию каждого из них. Общее количество озер составило более 24 тысяч, из них порядка 6500 на Ямале, 1200 на Тазовском п-ове, около 8000 на Гыдане и 9000 на Таймыре.

Каждому озеру в памяти компьютера автоматически присваивается свой внутренний идентификатор, т. е. порядковый номер. Затем, также автоматически, создается таблица, в которой зафиксированы идентификаторы, координаты всех объектов. При желании или необходимости эта таблица дополняется таблицами с любыми сведениями о конкретном озере, имеющем идентификатор — его название, уровень, на котором расположено, абсолютная отметка уреза воды; если есть сведения, то и глубина озера, температура воды и окружающих пород, состав донных осадков, гидрохимический состав и минерализация воды. Все эти показатели составят атрибутивную базу данных для озер Российской

Арктики, на основе которой можно осуществлять построения карт не только озерности, но и минерализации или гидрохимического состава озерных вод и прочее.

Затем был создан векторный слой „Сетка“ с квадратами площадью 400 км<sup>2</sup> (20 × 20 км). Краевые участки, ограниченные береговой линией, имели произвольную площадь. Каждый квадрат был также пронумерован и занесен в таблицу. Для территории севера Западной Сибири и Таймыра их общее количество оказалось равным 2147. С помощью программы PARADOX производился подсчет суммарной площади озер внутри каждого квадрата, а затем и подсчет озерности по известной формуле. Если озеро попадало на линии сетки, то оно делилось на части и относилось к двум квадратам. Таким образом, каждому квадрату было присвоено определенное значение озерности, привязанное к точке в его центре.

Используя программный пакет GEOGRAPH можно быстро и оперативно составлять карты озерности по имеющимся значениям в элемен-

тарных квадратах, группируя любые произвольные интервалы этого параметра. В настоящей работе мы предлагаем, как один из возможных вариантов, карту озерности севера Западной Сибири и Таймыра (рис. 1).

ГИС-технологии позволяют производить подсчет и строить соответствующие карты озерности не только по сетке элементарных квадратов, но и для любых контуров и территорий с помощью специальной логической операции программы GEOGRAPH наложения слоев (оверлей). При этом используется уже построенный векторный слой озер; кроме этого дополнительный составляется необходимый тематический слой — природных зон или подзон, геоморфологических уровней, площадей месторождений и т. п.

### ОЗЕРНОСТЬ ПОЛУОСТРОВОВ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Составленная нами карта позволила оценить озерность обширных территорий Российской Арктики. Наиболее неоднородным по пока-

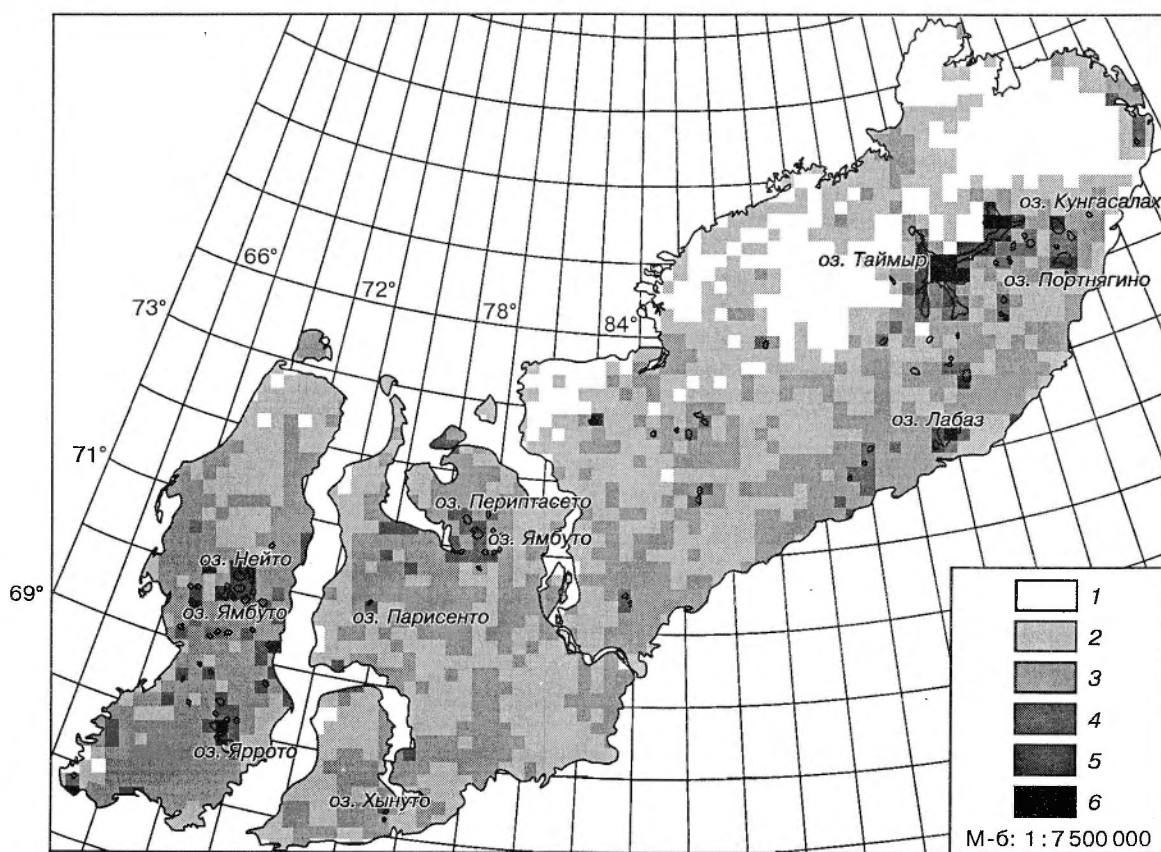


Рис. 1. Карта озерности севера Западной Сибири и Таймыра.

1 — озера отсутствуют; 2 — озерность ≤ 2 %; 3 — озерность > 2, но ≤ 10 %; 4 — озерность > 10, но ≤ 25 %; 5 — озерность > 25, но ≤ 50 %; 6 — озерность > 50 %.

зателю озерности является п-ов Ямал. Здесь выявлены как территории, полностью лишенные озер, расположенные на наиболее возвышенных, расчлененных логами и ручьями поверхностях, так и значительные территории с озерностью более 25 и даже 50 %, приуроченные к участкам скопления наиболее крупных озер Ямала — группы озер Нейто, Ямбуто, Яррото и др.

Наименьшая озерность характерна для северной водораздельной части Ямала. Здесь она колеблется в пределах 0—2 %. Более заозеренными на севере Ямала являются только поймы рек и низкие морские террасы (2—5 %, а устьевые части пойм до 10 %). Южнее 71° с.ш. озерность менее 2 % встречается значительно реже. Чаще всего на Центральном и Южном Ямале наблюдаются территории с показателем озерности 2—5 %.

Восточное побережье Ямала между 71 и 69° с.ш. имеет озерность преимущественно 5—10, а нередко и до 25 %. Интенсивно заозеренными (до 25 % и более) оказались территории в центральной части Южного Ямала.

Более однородную и несколько меньшую озерность имеют Тазовский п-ов и Гыдан. Здесь на фоне общей незначительной озерности (0—2 %) выделяются обширные территории, тяготеющие к Тазовской, Гыданской и Юрацкой губам и единичные участки в центральных, слабо дренированных частях Тазовского п-ова и Гыдана с озерностью до 10 %, а изредка более.

В пределах п-ова Таймыр четко прослеживается крупный горный массив Бырранга, расположенный в северной половине полуострова и практически лишенный озер (озерность не превышает 2 %); южнее его, а также вдоль морского побережья — обширные ледниковые и водноледниковые равнины и низкие морские и озерно-аллювиальные террасы с многочисленными озерами. Здесь озерность часто достигает 10 %, а на участках развития крупных озер, таких как Лабаз, Портнягино, Кунгасалах и др. повышается до 25—50 %. Наибольшая озерность на п-ове Тай-

мыр наблюдается в районе озера Таймыр. Ввиду его большой площади и сложной конфигурации береговой линии, озеро частично или почти полностью захватывает более 30 элементарных квадратов, в пределах которых озерность достигает 50 % и более.

Используя созданный векторный слой озер, в пакете GEOGRAPH можно легко произвести подсчет встречаемости озер разной площади. Расчеты целесообразно проводить не в процентах, а в абсолютном количестве озер. Благодаря этому при использовании карт более крупного масштаба на этих диаграммах увеличится только количество малых озер. В правой части диаграммы количество озер останется неизменным (рис. 2).

Но даже при исходном масштабе карты получилось, что для всех регионов характерно преобладание озер площадью до 0,3 км<sup>2</sup>. Затем с увеличением площади озера идет резкое уменьшение их встречаемости. Но если подсчитать суммарную площадь озер разного размера, то оказывается, что огромное количество очень маленьких озер не дает ощутимого увеличения озерности территории (рис. 3). Она в основном определяется озерами площадью 1—3 км<sup>2</sup> и более редкими, но крупными озерами с площадью водного зеркала до 50 км<sup>2</sup> и более. Как правило, в местах расположения крупных озер наблюдается повышенное значение озерности, что хорошо видно на составленной нами карте.

Количественные характеристики озер отдельно по каждому полуострову для исследованного региона сведены в таблицу. Из таблицы видно, что по результатам Н. П. Белецкой, полученным при анализе крупномасштабных топографических карт, количество озер на 100 км<sup>2</sup> на всех полуостровах в 4—5 раз превышает наши данные. Несомненно, это объясняется большей детальностью исходных крупномасштабных карт, что позволило произвести подсчет огромного количества маленьких озер. По данным

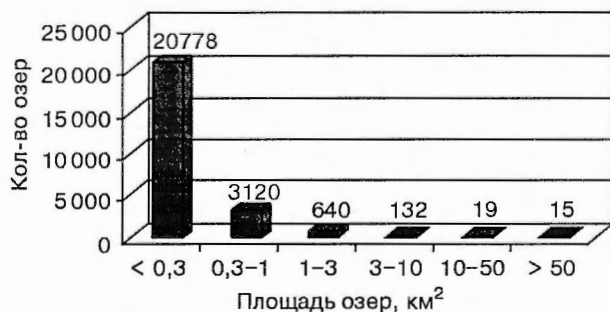


Рис. 2. Встречаемость озер разной площади на севере Западной Сибири и Таймыре.

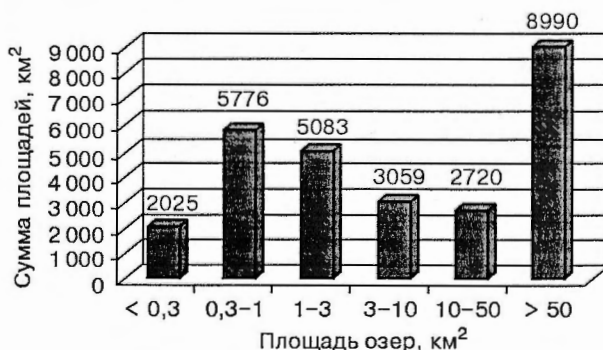


Рис. 3. Суммарная площадь озер на севере Западной Сибири и Таймыре.

Характеристика озер полуостровов Российской Арктики

Название п-ова	Площадь п-ова, км <sup>2</sup> озерность, %	Кол-во озер на 100 км <sup>2</sup>	Кол-во и общая площадь озер, км <sup>2</sup>	Площадь водного зеркала, км <sup>2</sup>					
				<0,3	0,3—1,0	1,0—3,0	3,0—10	10—50	>50
				Кол-во озер (в числителе), суммарная площадь озер, км <sup>2</sup> (в знаменателе)					
Ямал	130000	28*	6581	2055	3397	900	168	47	14
	5,4	5	7069,0	478,5	1643,7	1488,4	810,1	1018,0	1630,3
Гыдан	155000	22*	7637	4356	2315	802	143	16	5
	3,1	5	4836,8	892,0	1177,6	1294,7	681,3	281,1	510,1
Тазовский	35000	19*	1198	431	591	157	19	4	нет
	2,3	4	787,5	98,4	290,9	236,9	82,5	78,8	
Таймыр	440000	—	9293	2337	5307	1262	307	65	15
	3,4	3	14807,1	531,1	2487,8	2080,0	1526,1	1322,1	6860,0

Примечание. Использованы авторские данные, полученные по топокарте м-ба 1 : 1 000 000; \* — данные Н. П. Белецкой, полученные по крупномасштабным топокартам.

Н. П. Белецкой наибольшая средняя плотность озер (28 озер на 100 км<sup>2</sup>) характерна для п-ова Ямал; на Гыдане и Тазовском п-ове она постепенно уменьшается. Эта закономерность хорошо прослеживается и на мелкомасштабной карте. По своим данным мы смогли оценить среднюю озерность полуостровов, которая также уменьшается от Ямала к Тазовскому п-ову. П-ов Таймыр имеет наименьшую плотность озер, но за счет уникального оз. Таймыр, имеющего площадь 4630 км<sup>2</sup>, средняя озерность составляет 3,4 %. Без учета оз. Таймыр озерность составит только 2,3 %.

Используя карту озерности можно также количественно оценить пространственную неоднородность участков развития подозерных таликов. Как известно, для формирования подозерного талика в криолитозоне необходим целый ряд условий, и, в первую очередь, определенный размер озера в плане. В зоне тундры под маленькими и мелкими озерами залегают многолетнемерзлые породы или наблюдаются несквозные талики. Формирование сквозного талика возможно лишь под озерами с площадью более 0,3 км<sup>2</sup> (т. е. когда диаметр озера превышает удвоенную мощность мерзлой толщи в данном районе) при условии, что глубина озера больше толщины льда [Общее мерзлотоведение, 1978; Чеховский, Шаманова, 1976 и др.]. Предыдущие исследования показали, что для полуостровов Российской Арктики характерны преобладающие глубины 2—4 м, что больше толщины льда на озерах [Ананьева, 1998; Pavlov, 1995]. Из этого следует, что составленная нами карта озерности отражает и характер распространения подозерных таликов. Причем, как было показано ранее, озера площадью менее 0,3 км<sup>2</sup> с развитыми под ними несквозными таликами практически не влияют на величину озерности. Следовательно,

показатель озерности — это фактически доля возможных сквозных подозерных таликов в зоне сплошного распространения ММП. В соответствии с данной картой площадь сквозных подозерных таликов на отдельных участках составляет 25 и более, а не менее 5 % повсеместно, как считалось ранее [Геокриология..., 1989].

### ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ОЗЕРНОСТИ ПО ПЛОЩАДИ

Мы попытались проследить закономерности изменения по площади показателя озерности, взяв наиболее изученный регион Западной Сибири. С использованием ГИС-технологий эта процедура заметно упрощается. Сначала создается необходимая тематическая карта в электронном варианте в проекции Гаусса—Крюгера. Затем она путем наложения легко совмещается с исходной картой озерности, что позволяет проводить их сравнение.

Во-первых, мы провели качественное сопоставление расчлененности рельефа и озерности. Была использована схематическая карта овражности севера Западно-Сибирской плиты Б. Ф. Косова и Г. С. Константиновой [Геокриология..., 1989]. На первый взгляд кажется совершенно очевидным, что расчлененные территории должны быть слабо заозерены. Но оказалось, что сильноовражные участки нередко попадают на квадраты с озерностью более 10 и даже 25 %. Это можно объяснить тем, что многие озера являются местным базисом эрозии, так как расположены в глубоких котловинах, и их берега подвергаются интенсивному эрозионному размыву. В то же время озерность безовражных территорий, к которым относятся поймы рек и низкие морские террасы, может варьировать от 0 до 25 %, т. е. взаимосвязь этих двух показателей не является однозначной.

Далее, существует мнение, что озерность уменьшается от молодых геоморфологических уровней к более древним [Полуостров Ямал, 1975, Природные..., 1972; Ямало-Гыданская..., 1977]. Взяв геоморфологическую карту Западной Сибири [Геоморфологическая..., 1972], и создав ее электронную копию, мы наложили ее на карту озерности. Несомненно, озерность современных террас (поймы и лайды) оказывается больше, чем на морских равнинах. Но в то же время в пределах одного уровня наблюдаются квадраты с различной озерностью. Возможно, это связано с генерализацией при составлении мелкомасштабной геоморфологической карты. Но чаще всего и в природе в пределах одного ландшафта четко прослеживаются разные местности (как озерные, так и лишённые озер) в зависимости от направления и активности проявления новейших и современных тектонических движений земной коры.

Ранее отмечалось влияние новейшей тектоники на распределение и морфологию озер [Ласточкин, 1969]. А. Н. Ласточкин установил общую связь между озерностью и характером тектонических движений. На примере Пур-Надымского междуречья он показал, что наименьшие значения показателя озерности приурочены к сводам положительных структур, а наибольшие — к впадинам и прогибам.

Нам удалось провести пока только предварительную корреляцию озерности с новейшей и современной тектоникой для всего севера Западной Сибири, используя имеющиеся тектонические карты [Карта новейшей тектоники..., 1967; Биджиев и др., 1989]. Оказалось, что зоны повышенной озерности приурочены к меридиональным или широтным прогибам, с которыми связаны отдельные участки Обской, Тазовской и Гыданской губ, а также долины многих крупных рек — Юрибея, Мордыахи, Хадуттэ и др. Кроме того, карта основных линияментов севера Западной Сибири [Воронов и др., 1968] свидетельствует о большом количестве тектонических разломов диагонального простирания. Прослеживается также явная диагональная ориентировка и в расположении целых групп озер на составленной нами карте.

Участки скопления крупных озер и соответственно повышенной озерности приурочены к зонам пересечения региональных тектонических разломов. В таких зонах, очевидно, наблюдается увеличенный тепловой поток из недр Земли, который встречается с тепловым потоком из озера, что в конечном итоге способствует активному протаиванию мерзлых толщ и образованию крупных термокарстовых озер. Очевидно, что существует тесная связь озерности и новейших

тектонических движений земной коры, и этот вопрос требует в дальнейшем специального рассмотрения.

Высказывалось предположение, что увеличение озерности наблюдается на участках развития сильнольдистых горизонтов пород [Ананьева, Украинцева, 1996]. Пока только для п-ова Гыдан нами построена цифровая карта криогенетических типов пород и льдистости 10-метровой толщи. В качестве основы использовалась опубликованная карта криогенетических типов пород [Инженерно-геологические..., 1986]. Действительно оказалось, что максимальная озерность наблюдается на участках развития сильнольдистых эпи- или синкриогенных пород. Кроме того, везде на участках повышенной озерности наблюдаются выходы пластовых льдов, или залегают мощные жильные льды.

## ВЫВОДЫ

Составив векторный слой озер, мы получили необходимую основу, которую можно использовать для получения количественной характеристики как самих озер, так и озерности любых территорий.

Карта озерности позволила выделить на севере Западной Сибири и Таймыре обширные зоны с озерностью до 25 % и более, что не отмечалось ранее. Это позволит, на наш взгляд, уточнить карту распространения мерзлых толщ и их прерывистости за счет подоцерных таликов на севере криолитозоны, где, как ранее считалось, гидрогенные талики занимают не более 5 % площади.

Озерность территории не зависит от овражной расчлененности рельефа. Не удалось проследить и четкой зависимости показателя озерности территории от возраста геоморфологического уровня. Озерность повсеместно увеличивается на участках развития крупных озер. Такие участки, скорее всего, тектонически обусловлены.

Повышение показателя озерности характерно также для районов развития сильнольдистых мерзлых толщ и особенно для участков распространения пластовых льдов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, гранты № 05-98-64540, 05-97-64518.

## Литература

- Ананьева Г. В. Морфологические особенности термокарстовых озер Западного Ямала и их индикационное значение // Биогеография. М., 1998, вып. 7, с. 39—46.  
 Ананьева Г. В., Украинцева Н. Г. Особенности распространения подоцерных таликов на территории Бованенковского месторождения // Мат-лы I всерос. конф. геокриологов. 3—6 июня 1996 г. Т. 1. М., Изд-во МГУ, 1996, с. 80—92.  
 Биджиев Р. А., Авдалович С. А., Ляпина Г. Г. и др. Тектоника севера Сибири по аэрокосмическим данным в связи с

## ИЗУЧЕНИЕ ОЗЕРНОСТИ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

- нефтегазоносностью // Космоаэрогеологические исследования нефтегазоносных районов. Л., ВСЕГЕИ, 1989, с. 31—39.
- Воронов П. С., Ласточкин А. Н., Рейнин И. В., Якушев В. И. Закономерности ориентировки линиаметов и их наиболее вероятный генезис // Тр. ААНИИ, 1968, т. 285, с. 51—66.
- Геокриология СССР. Западная Сибирь / Под ред. Э. Д. Ершова. М., Недра, 1989, 454 с.
- Геоморфологическая карта Западно-Сибирской равнины, масштаб 1:1 500 000 / Гл. ред. И. П. Варламов. Новосибирск, 1972.
- Инженерно-геологические условия Гыданского полуострова / Под ред. В. Т. Трофимова. М., Изд-во МГУ, 1986, 212 с.
- Карта новейшей тектоники Западно-Сибирской равнины. М-б 1:2 500 000 / Гл. ред. И. П. Варламов. СНИИГГиМС, 1967.
- Карта природных комплексов севера Западной Сибири / Ред. Е. С. Мельников, Н. Г. Москаленко. М-б 1:1 000 000. М., ВСЕГИНГЕО, 1991.
- Ласточкин А. М. Роль неотектоники в распределении и морфологии озер севера Западно-Сибирской равнины // Изв. АН СССР, сер. геогр., 1969, № 5, с. 79—86.
- Общее мерзлотоведение (геокриология) / Под ред. В. А. Кудрявцева. М., Изд-во МГУ, 1978, 464 с.
- Полуостров Ямал (инженерно-геологический очерк) / Под ред. В. Т. Трофимова. М., Изд-во МГУ, 1975, 276 с.
- Природные условия освоения Тазовского нефтегазоносного района. М., Наука, 1972, 231 с.
- Рельеф Западно-Сибирской равнины / А. А. Мизеров, Н. П. Белецкая и др. Новосибирск, Наука, 1988, 192 с.
- Фотиев С. М. Гидротермические особенности криогенной области СССР. М., Наука, 1978, с. 236.
- Чеховский А. Л., Шаманова И. И. Формирование таликов под термокарстовыми озерами Западной Сибири // Тр. ПНИИИС, 1976, вып. 49, с. 64—85.
- Ямало-Гыданская область. (Физико-географическая характеристика). Л., Гидрометеоздат, 1977, с. 309.
- Pavlov A. V. Regularities in Thermal Regime of Lakes in Permafrost Areas // Russian Geocryological Research. Vol. 1. М., 1995, p. 26—32.

Поступила в редакцию  
9 июня 1999 г.