

## 2.6. Научные исследования <sup>1)</sup>

В 2010 году Байкальским институтом природопользования СО РАН продолжен проект НДС (нормативы допустимого воздействия) по бассейнам рек средней и северной части озера Байкал. Произведен:

- анализ результатов мониторинга с целью определения перечня веществ, подлежащих учету в составе нормативов допустимого воздействия на водные объекты, путем сравнения с нормативами предельно-допустимых воздействий на уникальную экологическую систему озера Байкал;

- ранжирование загрязняющих веществ по степени опасности и значимости для экологической системы водного объекта, распространению в пределах водохозяйственного участка с последующим составлением перечня нормируемых веществ в соответствии с перечнем вредных веществ, в том числе веществ, относящихся к категориям особо опасных, высокоопасных, опасных и умеренно опасных для уникальной экологической системы озера Байкал;

- расчет НДС на водные объекты для привноса химических и взвешенных веществ в соответствии с принятыми нормативами предельно-допустимых воздействий на уникальную экологическую систему озера Байкал за характерные временные периоды (год, отдельные сезоны и т. д.).

*Доработан проект НДС и СКИОВО (схема комплексного использования и охраны водных объектов) по бассейну реки Селенга.*

В разрезе водохозяйственных участков определена антропогенная нагрузка на водные объекты бассейна реки Селенга и осуществлена оценка балансов загрязняющих веществ и микроорганизмов, поступающих в водные объекты со сточными водами или иным способом, использованы обосновывающие материалы нормативов допустимого воздействия на водные объекты.

Выявлены и сформулированы проблемы экологического состояния водных объектов на современном уровне и в перспективе.

Выявлены и сформулированы проблемы информационного, технологического, управленческого и иного характера.

*Разработан проект СКИОВО бассейнов рек средней и северной части оз. Байкал.* Осуществлены сбор, первичная обработка и анализ исходной информации, необходимой для выявления и анализа проблем управления водными ресурсами средней и северной части бассейна оз. Байкал. Сделано выделение (идентификация) конечного числа природных и искусственных водных объектов, для которых выполняются оценки антропогенных нагрузок и возможных ущербов от негативного воздействия вод. Определены нормативы предельно допустимых концентраций химических веществ по расчетным участкам, гарантирующих стабильность экологической системы водного объекта с заданной обеспеченностью, и/или удовлетворения требований приоритетных видов использования воды.

*Изучены параметры стока взвешенных частиц и его влияния на мутность воды в русле р. Селенга.* Проведены работы по взятию проб донных осадков в русле р. Селенги на предмет исследования количественного и качественного состояния бентоса в створах с фоновыми значениями и в районе проведения работ по изъятию гравийно-песчаного материала для анализа влияния взвешенных частиц на мутность воды и состояние кормовой базы рыбных ресурсов, который будет осуществлен в 2011 г.

---

<sup>1)</sup> Включены материалы, представленные в ответ на запрос Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, направленный руководителям Иркутского и Бурятского научных центров СО РАН и Читинского института природных ресурсов СО РАН.

Сведения о научных исследованиях, выполненных по госконтрактам с Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации в целях реализации его полномочий по охране озера Байкал, приведены в подразделе 2.2.

**Институт динамики систем и теории управления Сибирского отделения РАН** в 2010 году проводил научные исследования по решению проблем охраны окружающей среды и рационального природопользования по следующим проектам:

- программа РАН, проект № 20.10 «*Исследование разномасштабных гидрофизических процессов и их изменчивости как основных факторов тепло- и массопереноса в экосистеме озера Байкал*», ответственный исполнитель от ИДСТУ СО РАН д.т.н. А.Ю. Горнов;

- программа междисциплинарных интеграционных исследований СО РАН, проект № 121 «*Информационно-телекоммуникационные технологии и ресурсы междисциплинарных фундаментальных исследований геосистем и биоразнообразия Прибайкалья и Забайкалья, основанные на комплексировании тематических знаний и пространственных данных*», научный координатор чл.-корр. РАН И.В. Бычков;

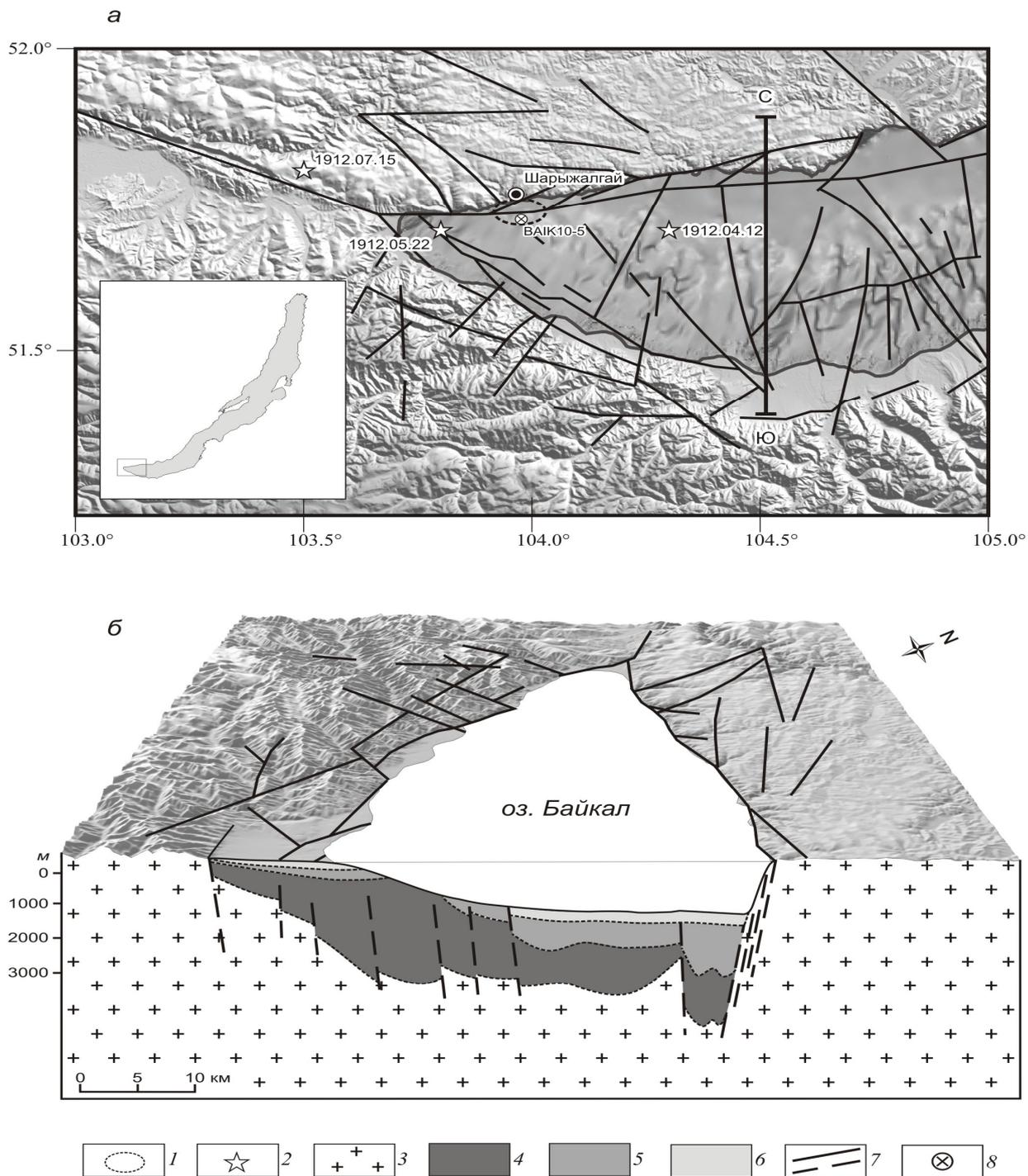
- проект РФФИ-Байкал 08-07-98005 «*Программные технологии логико-математического моделирования динамики лесных ресурсов Байкальского региона*», руководитель проекта к.т.н. Е.А. Черкашин.

**Институтом земной коры СО РАН** в 2010 г. получены следующие результаты по теме «*Экзогенные геологические процессы Прибайкалья: условия и факторы их развития*» (авт. А.В. Кадетова). Остров Ярки, расположенный в северной части Прибайкалья, отделяет Северо-Байкальский сор от озера. Кайнозойские и аллювиально-озерные отложения этого участка Прибайкалья представлены разнозернистыми песками. Разрез четвертичных отложений в бухте Сенога, наиболее близко расположенной от острова Ярки, представлен сверху светло-бурыми горизонтально слоистыми мелко- и тонкозернистыми песками (до 1,3 м) и желтовато-бурыми тонкозернистыми песками с тонкими прослойками алевролитов (до 0,45 м). Среди этих песков встречен маломощный (до 0,2 м) прослой слабосцементированных галечно-гравийно-песчаных отложений. Пески лежат на галечнике небольшой мощности (0,5 м) с желто-бурым песчано-гравийным заполнителем. На контакте с верхней песчаной пачкой отмечается прослой (0,2 м) иловатых глин. Подстиляется галечник серой иловатой глиной с тонкими линзами желто-бурых мелкозернистых песков (0,25 м), ниже лежат темно-бурые алевролиты, переслаивающиеся с черной глиной, содержащей большое количество мелких чешуек слюды. В нижней части разреза встречается многолетняя мерзлота. Речные и озерные отложения песчаного бара Ярки на протяжении многих лет являлись объектом золотой переработки, и к настоящему времени представляют собой своеобразный парагенезис речных, озерных и золотых песков.

По теме «*Следы землетрясения 1912 г. в донных осадках Южной котловины озера Байкал*» (авт. Е.Г. Вологина, М. Штурм, Я.Б. Радзиминович, С.С. Воробьева, А.А. Щетников) получены следующие результаты. Для поисков следов этого события зимой 2010 г. в районе исследования был отобран керн донных осадков на глубине 1300 м. В интервале 1-8,7 см колонки обнаружен однородный слой, возраст которого по данным  $^{210}\text{Pb}$  датирования не выходит за пределы 100 лет. Отложения этого слоя характеризуются низкими содержаниями  $\text{SiO}_{2\text{биог}}$  и в то же время повышенными концентрациями  $\text{C}_{\text{орг}}$  по сравнению с подстилающими осадками. Кроме того, в них отмечается значительное содержание наземных растительных остатков, пониженная численность створок планктонных диатомовых водорослей, повышенная доля бентосных и древних диатомей. Эти данные свидетельствуют о том, что рассматриваемый слой образовался в результате землетрясения 1912 года, а источником слагающего его материала в значительной степени являются береговая и мелководная зоны Байкала. Сильные землетрясения 1912 года, по всей вероятности, спровоцировали выброс больших объемов газа (вероятно, метана) в водную толщу озера Байкал и в атмосферу в районе станции Шарыжалгай Кругобайкальской железной дороги. Следы этих сейсмических событий обнаружены также в поверхностных донных отложениях Байкала. Особо следует отметить указание на массовую гибель водной фауны в результате выбросов газа в водную толщу. Очевидно, масштабная разгрузка газов может

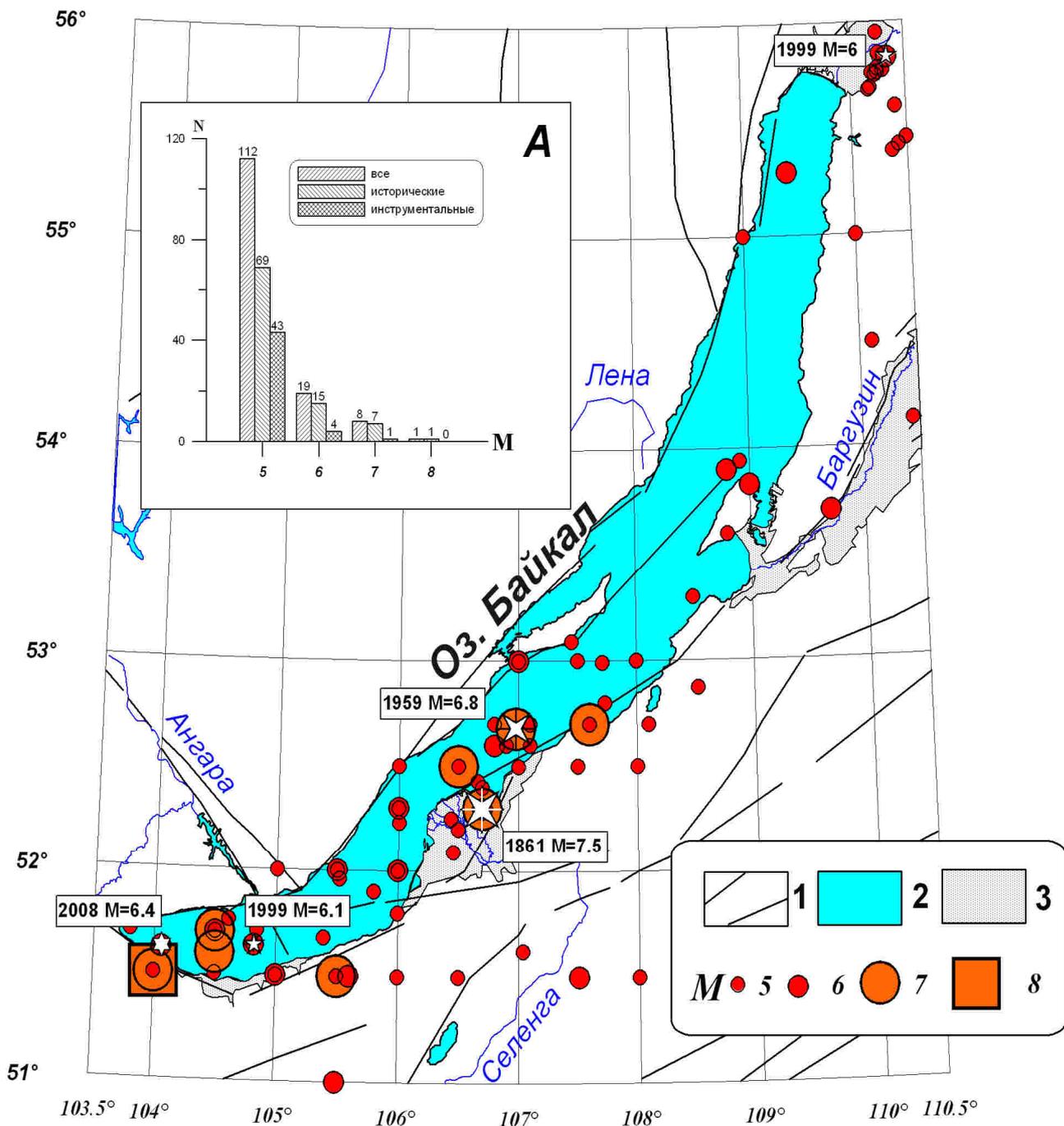
представлять значимую угрозу для экосистемы озера. Это обстоятельство заставляет с большим вниманием и осторожностью относиться к проектам прокладки газопроводов в пределах акватории озера. Утечка газа из трубопровода, спровоцированная сейсмическим событием или какими-либо иными факторами, может привести к тяжелым экологическим последствиям.

По теме «*О возможности цунами на озере Байкал*» (авт. А.В. Ключевский, В.М. Демьянович, А.А. Ключевская) получены следующие результаты. При Цаганском землетрясении в очаговой области произошло сбросовое смещение и ускоренное, но не мгновенное опускание земной поверхности, в результате которого в районе дельты р. Селенги был сформирован обширный залив Провал площадью свыше 200 км<sup>2</sup>. Землетрясение сопровождалось серией сильных форшоков и многочисленных афтершоков, а интенсивность сотрясений в г. Иркутске достигала 7-8 баллов. Возможно, что постепенное опускание земной поверхности было вызвано длительным афтершоковым процессом. Отсутствие сильных разрушений и небольшое число жертв (3 человека и несколько тысяч скота) при Цаганском землетрясении и цунами связано со слабой заселенностью местности в это время. Вполне вероятно, что если землетрясение подобной магнитуды произойдет сейчас по аналогичному сценарию, например, в районе г. Байкальска (или другого крупного населенного пункта на берегу озера), то погружение под воду огромной территории приведет к многочисленным человеческим жертвам, разрушению социальной инфраструктуры, жилой недвижимости, зданий и очистных сооружений Байкальского целлюлозно-бумажного комбината, и тогда уникальной экосистеме озера Байкал может быть нанесен крупный ущерб. Поскольку под Байкальской впадиной частота реализации сильных землетрясений-сбросов высока, то погружение береговой части суши под воду возможно на всем побережье озера, однако подобный сценарий развития сейсмической катастрофы не учтен в документах ОСР-97 и не рассматривается службами спасения МЧС. Можно полагать, что вероятность проявления катастрофических последствий цунами более высока в районе дельты реки Селенги, поскольку там имеется залив Посольский сор, имеющий сходную с заливом Провал природу формирования.



**Рис. 2.6.1. Юго-западное окончание озера Байкал (а) и схематический геологический разрез по профилю С–Ю (б) (по материалам [Николаев и др., 1985]). Черным прямоугольником на врезке обозначена территория исследований. Батиметрические данные приведены по работе [De Batist et al., 2002a]**

Условные обозначения: 1 – район наблюдения «метанового извержения»; 2 – эпицентры землетрясений 1912 года на рассматриваемой территории по данным [Минчиковский, 1914; Новый каталог, 1977] (рядом со значком указана дата события); 3 – докайнозойский кристаллический фундамент; 4–6 – осадочное выполнение впадины Южного Байкала: миоцен–нижний-средний плиоцен (4), верхний, частично средний плиоцен (5), плейстоцен (6); 7 – разломы по данным [Лунина и др., 2010; Николаев и др., 1985]; 8 – точка отбора керна БАИК10-5.



**Рис. 2.6.2. Карта эпицентров байкальских землетрясений с магнитудой  $M \geq 5$  за инструментально-исторический период (1724-2011 гг.)**

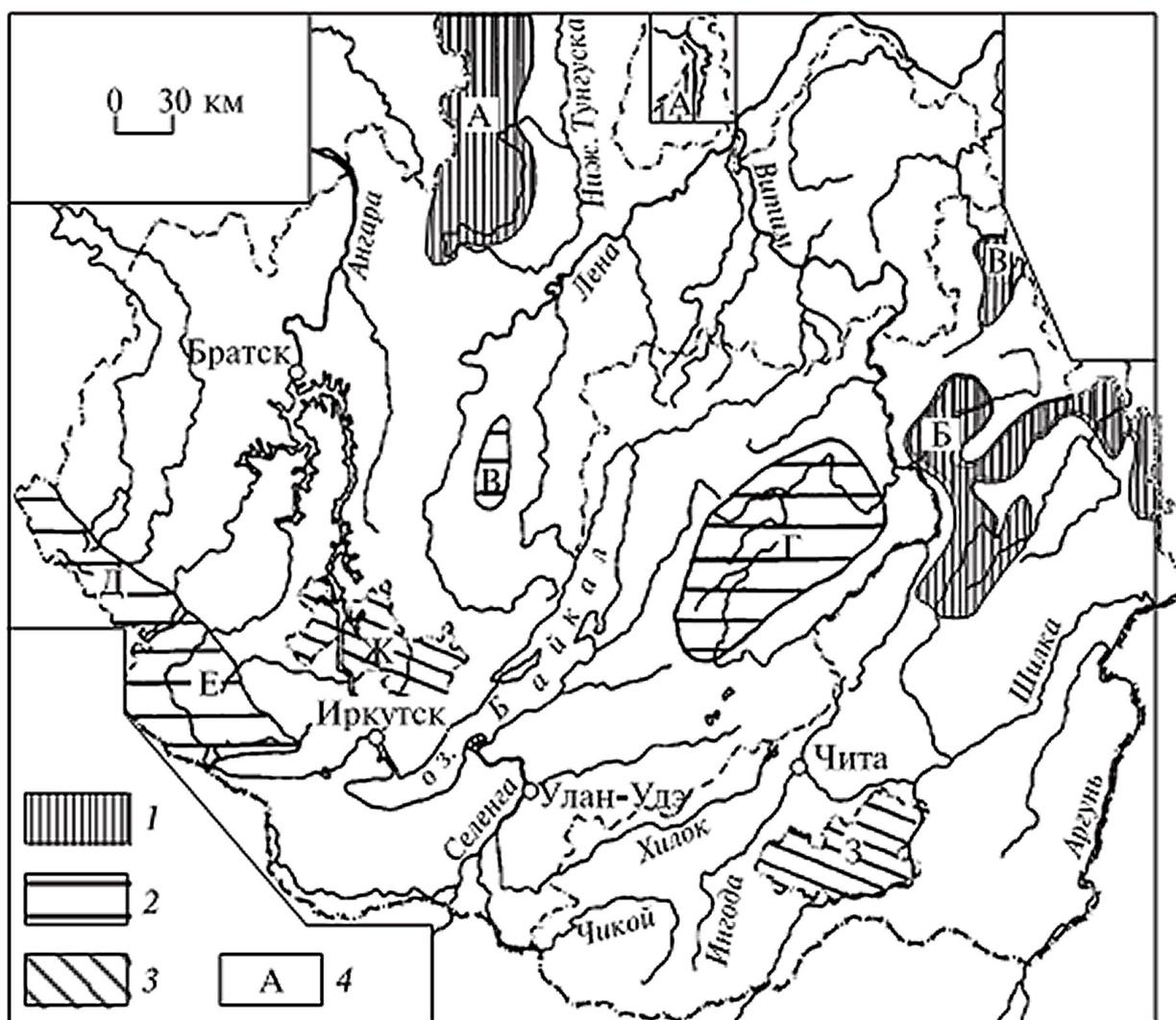
1 – основные разломы, 2 – озеро Байкал, 3 – впадины.

Эпицентр и магнитуда землетрясения соответствуют кружку и цифре в легенде. Эпицентр Большого Южно-Байкальского землетрясения 1742 г. ( $M=7.7$ ) выделен квадратом. Эпицентр Цаганского землетрясения отмечен кружком со звездочкой и подписью [1861  $M=7.5$ ]. Эпицентры землетрясений инструментального периода с  $M \geq 6$  выделены кружками со звездочками и подписями: Средне-Байкальское – [1959  $M=6.8$ ], Южно-Байкальское – [1999  $M=6.1$ ], Кичерское – [1999  $M=6$ ], Култукское – [2008  $M=6.4$ ].

На вставке А приведены гистограммы распределения по магнитуде байкальских землетрясений с  $M \geq 5$  за инструментально-исторический (1724–2011 гг.), исторический (1724–1949 гг.) и инструментальный (1950–2011 гг.) периоды.

Институтом географии им. В.Б. Сочавы СО РАН в 2010 году получены следующие основные результаты научных исследований.

Определены исторические и современные типы использования возобновляемых ресурсов. Разработана географическая концепция выделения территорий традиционного природопользования (ТТП), основанная на принципах непротиворечивости смежных типов природопользования и системного природно-хозяйственного зонирования территории низовых административных районов (рис. 2.6.3). На примере эвенкийского этноса установлены характерные взаимосвязи природно-ресурсного потенциала районов («кормящего ландшафта») с укладом жизни коренных малочисленных народов Сибири и особенностями их систем хозяйствования и расселения.

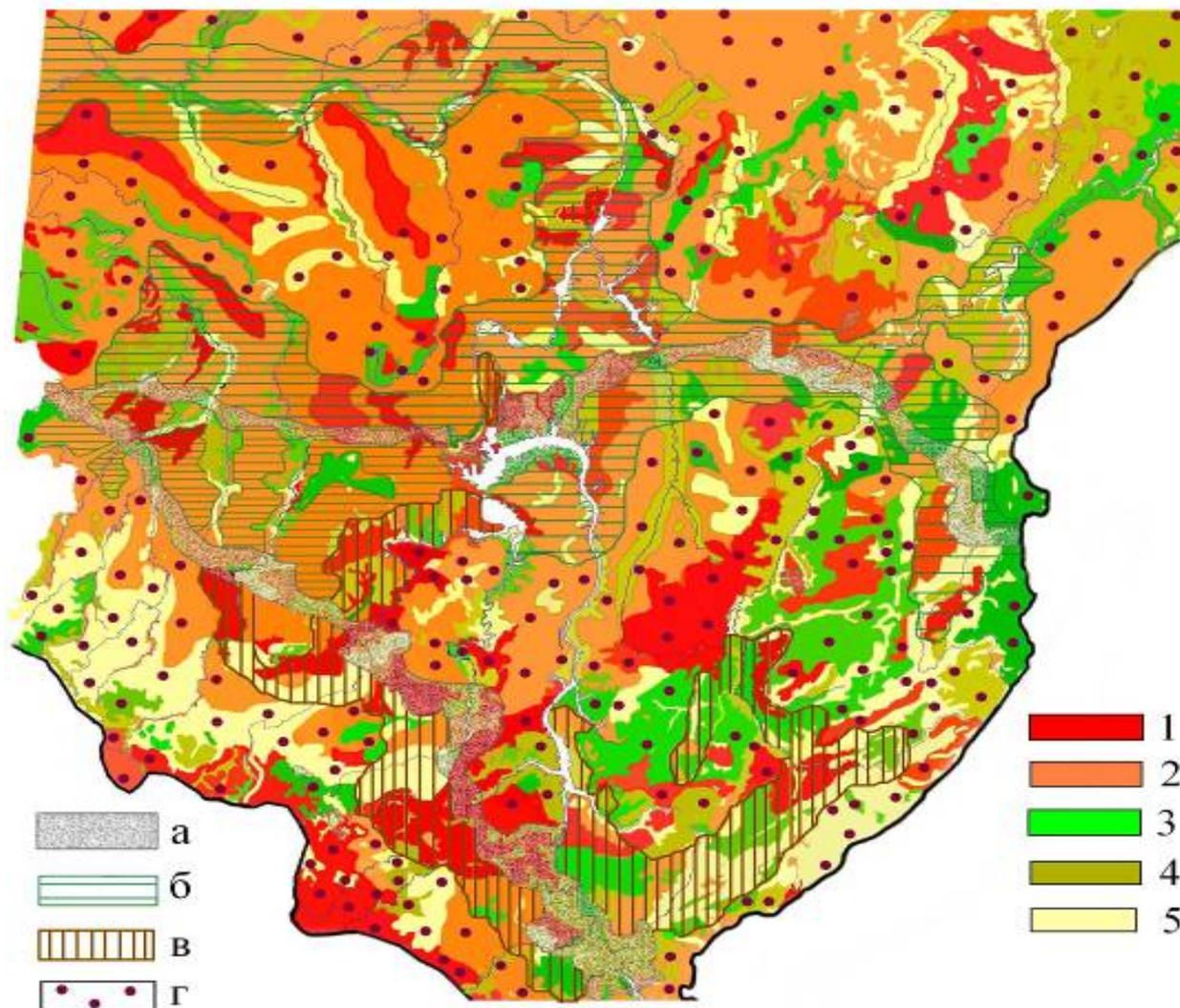


**Рис. 2.6.3. Выделенные (обоснованные) и предлагаемые территории традиционного природопользования (ТТП) Байкальского региона**

Вид и местоположение: 1 - выделенные ТТП: А - Катангский район Иркутской области, Б - северные районы Забайкальского края; 2 - предлагаемые ТТП: В - в верхней части бассейна р. Ханды для эвенков, Д - в верхней части р. Уды для тофов, Е - в верхней части бассейна р. Оки для сойотов; 3 — национальные бурятские автономные округа, в которых предлагается выделять участки сохранившихся территорий традиционного природопользования, культовые места, этнические поселения и т.д. (Ж - Усть-Ордынский бурятский автономный национальный округ, З - Агинский бурятский автономный национальный округ); 4 — индексы местоположения выделенных и предлагаемых ТТП.

Разработана система методов дистанционного исследования и разномасштабного картографирования пространственно-временной организации геосистем как единства

территориальных структур разного масштабного уровня, которые находятся на различных стадиях динамического и эволюционного преобразования. Для регионов Восточной Сибири составлены оригинальные разномасштабные карты геосистем и их производных вариантов, позволяющие оценивать интегральные свойства устойчивости (рис. 2.6.4), динамичности, самоорганизации и направления преобразования геосистем для решения задач прогнозного картографирования.



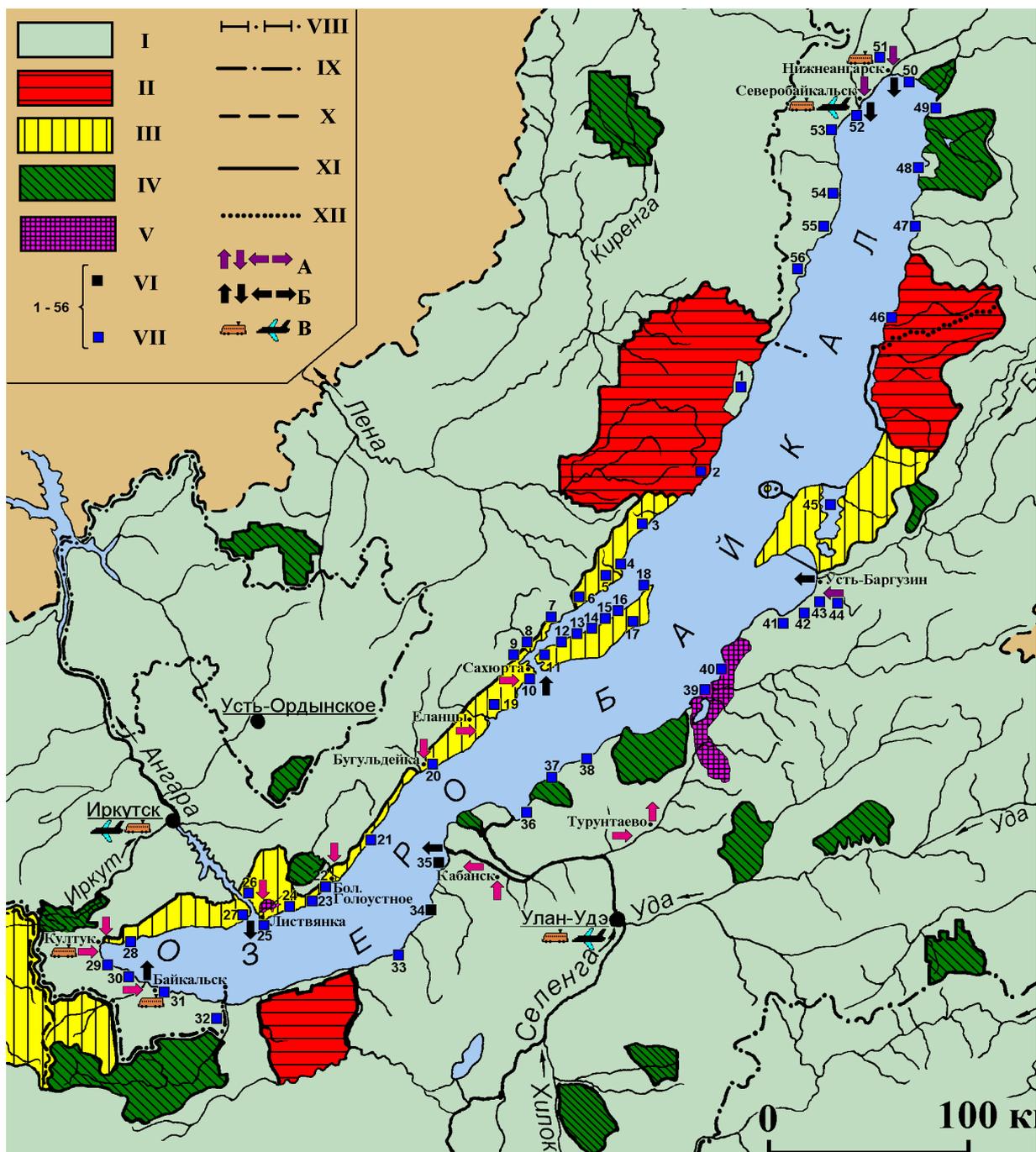
**Рис. 2.6.4. Устойчивость и экологическая нарушенность геосистем юга Средней Сибири**

Формы нарушенности: а – техногенная; б – лесохозяйственная; в – сельскохозяйственная; г – лесохозяйственная локализованная.

Категории устойчивости: 1 – очень высокая; 2 – высокая; 3 – средняя; 4 – низкая; 5 – очень низкая.

Обоснован и развит новый подход к территориальной дифференциации рекреации на Байкальской природной территории (БПТ), учитывающий сложившуюся систему рекреационных территорий и планируемых природных парков, допускающий разделение мест постоянного и временного пребывания посетителей, обеспечивающий технологичный доступ посетителей на природные территории и Объект всемирного природного наследия «Озеро Байкал». Впервые дана системная оценка эффективности сохранения экосистем Байкальского региона в общей структуре территориальной охраны природы БПТ, решающая научную проблему обоснования природоохранного статуса с использованием нового интегрального подхода, расширяющего возможности традиционных – бассейнового и административного. Выполнены научные эколого-экономические обоснования для

организации новых ОПТ или повышения эффективности некоторых ОПТ Байкальского региона. Выделены 56 рекреационных территорий в центральной экологической зоне БПТ, перспективных для развития экотуризма (рис. 2.6.5).



**Рис. 2.6.5. Рекреационные территории центральной экологической зоны БПТ (объекта всемирного природного наследия «Озеро Байкал»)**

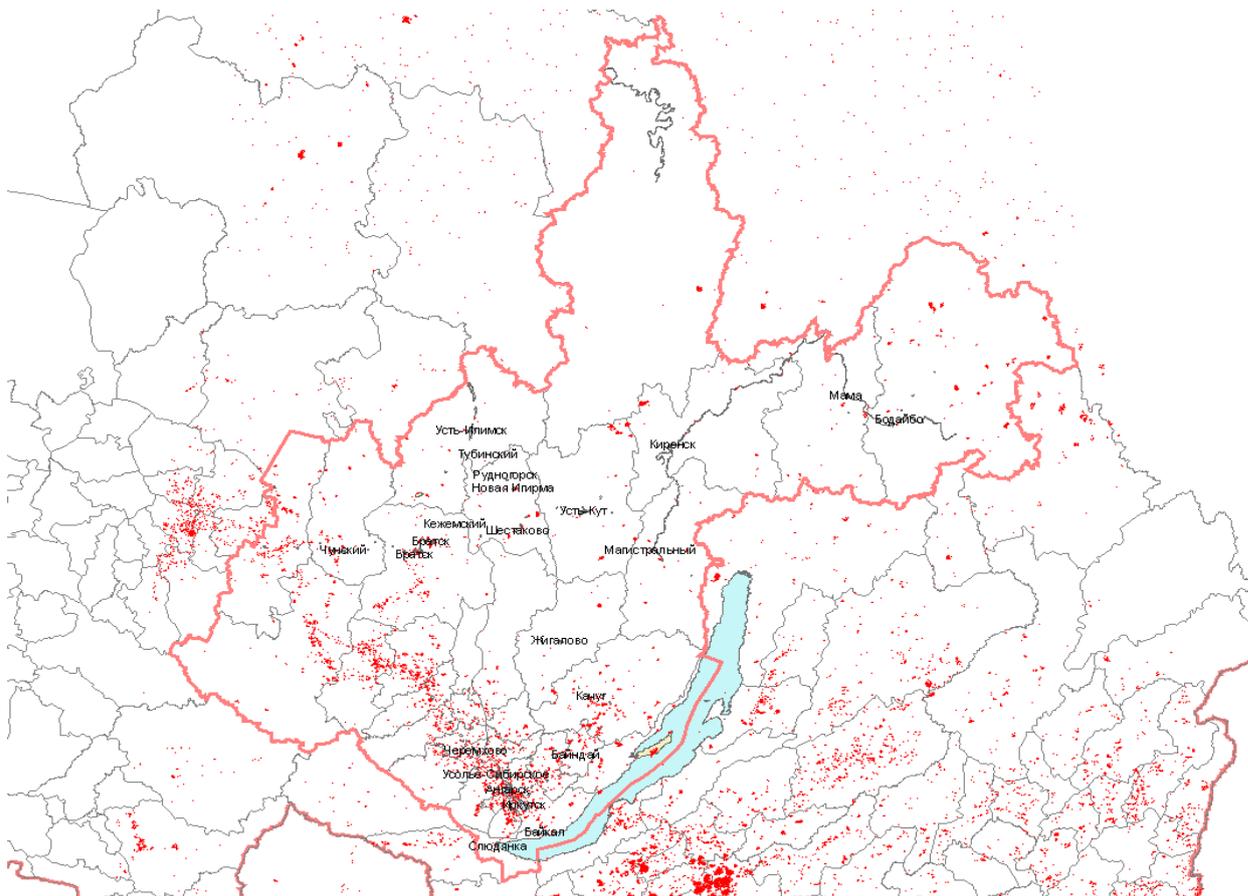
- I – БПТ
- II – заповедники
- III – национальные парки
- IV – заказники
- V – особые экономические зоны туристско-рекреационного типа
- VI - действующие рекреационные местности
- VII - планируемые рекреационные территории

- Границы:**
- VIII – государственная
  - IX – субъектов РФ
  - X – БПТ
  - XI – ООПТ
  - XII – биосферного полигона заповедника «Баргузинский»
- А** – сухопутные въезды в ЦЭЗ БПТ,  
**Б** – водные входы на Байкал,  
**В** – ж/д и авиатерминалы



блюдений данные о зарегистрированных пожарах записывались в базу данных на основе СУБД Postgree. А также результаты наблюдений представлены в виде текстового файла и в виде покрытия геоинформационной системы (ГИС) в формате SHAPE, полигонного и точечного типов

Пожароопасный период 2010 года может быть охарактеризован, в среднем, как сезон с малой пожарной опасностью лесов. Сложившееся благоприятные погодные условия для развития пожаров в весенний период на юге озера Байкала вызвали массовые возгорания в апреле 2010 года, но похолодание и выпавшие значительные осадки в мае и начале лета стабилизировали и ликвидировали распространение пожаров.



**Рис. 2.6.7. Очаги пожаров в 2010 году**

Всего за весь сезон наблюдений на территории Иркутской области спутниковыми методами было зафиксировано порядка **2420 пожаров**.

В 2010 году также велись работы по модернизации системы спутникового мониторинга гидрофизических характеристик акватории оз. Байкал на основе данных радиометра AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer). Для обработки спутниковых снимков были использованы средства программного комплекса «Sputnik», разработанного Институтом космических исследований РАН и предназначенного для проведения обработки данных различных систем дистанционного зондирования.

В рамках спутникового мониторинга в течение всего навигационного периода 2010 г. производилась оценка одной из важнейших характеристик состояния экосистемы озера – температуры поверхности воды.

Для картографирования температуры поверхности воды оз. Байкал были разработаны региональные алгоритмы использования многоканальной информации радиометра AVHRR, основанные на совместном использовании данных видимого, ближнего и теплового ИК диапазонов для оценки температуры поверхности воды в дневное время суток, и

применении нелинейных двухканальных региональных алгоритмов - в ночное время суток. Кроме этого предложено применение различных наборов регрессионных коэффициентов в различное время года: июне - июле; августе - сентябре; октябре - декабре. Данные алгоритмы в течение всего навигационного периода позволяют определять температуру поверхности воды в оз. Байкал с ошибкой порядка 0,4 °С.

Приведенная на рис. 2.6.8 серия тематических карт за 2010 г., получена путем дешифрирования спутниковых снимков по разработанным методикам. На серии карт представлено распределение температуры поверхности воды оз. Байкал в 2010 г. По картам распределения температуры поверхности воды можно отчетливо различить локализацию термобара, положение термоактивной и термопассивной зон и оценить их динамику (рис. 2.6.8А и 2.6.8Б), определить дислокацию и размеры вихревых образований, достигающих около 20 – 25 км в поперечнике (рис. 2.6.8Б, 2.6.8В, 2.6.8Г), а также устанавливать наличие зоны прибрежного апвеллинга, которые на приведённой серии карт особенно ярко проявляются в августе у западного берега в Северном Байкале (рис. 2.6.8В).

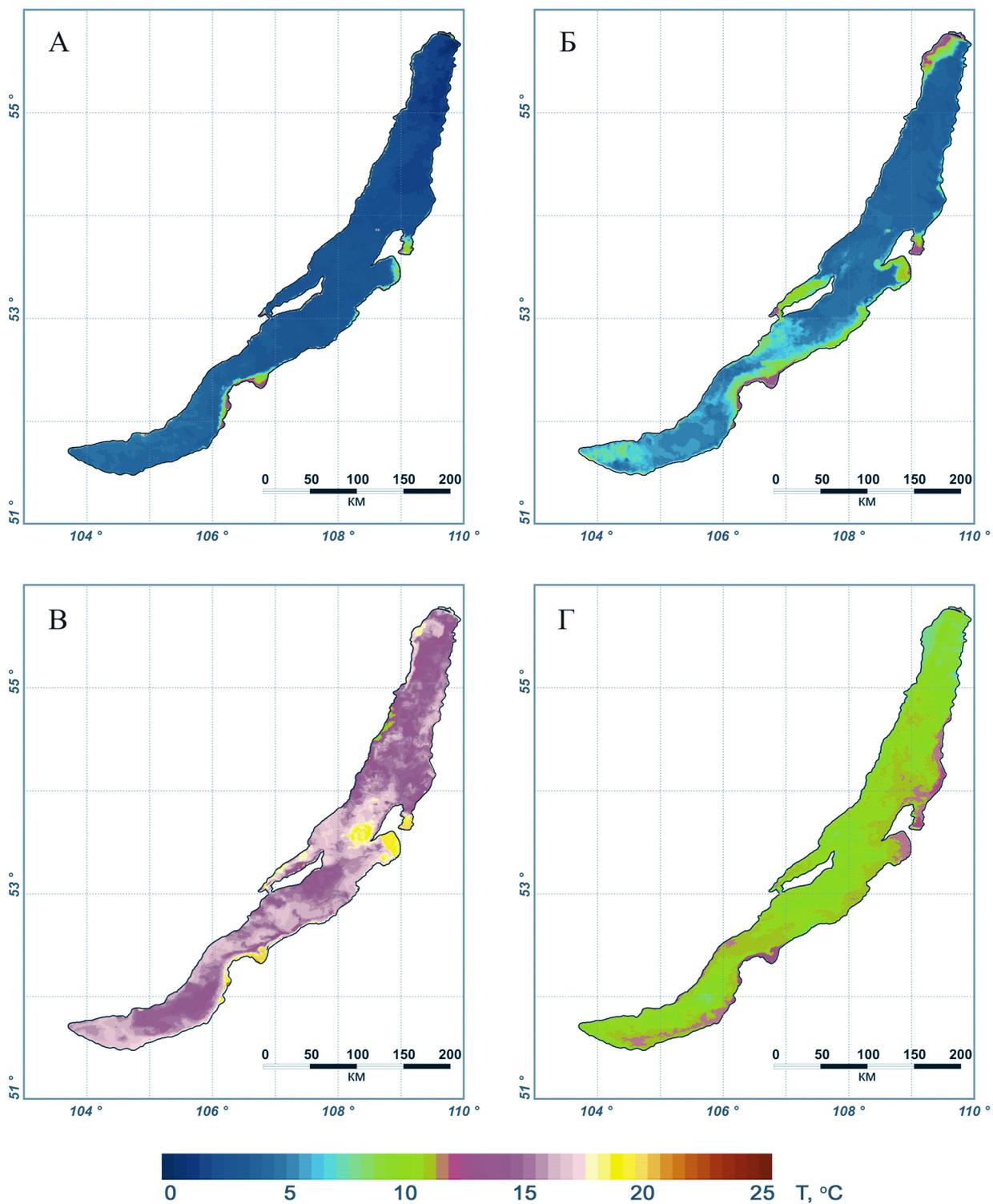
Также изучалась возможность применения картографической информации о распределении температуры поверхности для картографирования и последующего анализа полей других физических характеристик оз. Байкал в течение навигационного периода: карт распределения температуры воздуха на высоте 2 м; карт распределения величины элементов теплового баланса; карт течений на поверхности и т.д.

Кроме этого в 2010 г. осуществляется мониторинг ряда параметров ледяного покрова оз. Байкал. Картографирование состояния ледяного покрова имеют научное и практическое значение. Серии карт ледовой обстановки необходимы для изучения изменений регионального и глобального климата. Для картографического отображения и анализа ледовой обстановки в период становления льда на оз. Байкал применяется региональная методика использования многоканальной информации прибора AVHRR, основанная на том, что альbedo и яркостная температура в разной степени чувствительны к присутствию облачности или заснеженности, и одновременный учет этих параметров позволяет снижать влияние помех от полупрозрачной или субпиксельной облачности или заснеженности. Ошибка определения толщины льда возрастает с увеличением толщины и изменяется от 4 см для тонкого озерного льда до 24 см для очень толстого озерного льда, что во многом может быть объяснено недоучетом влияния заснеженности с увеличением толщины.

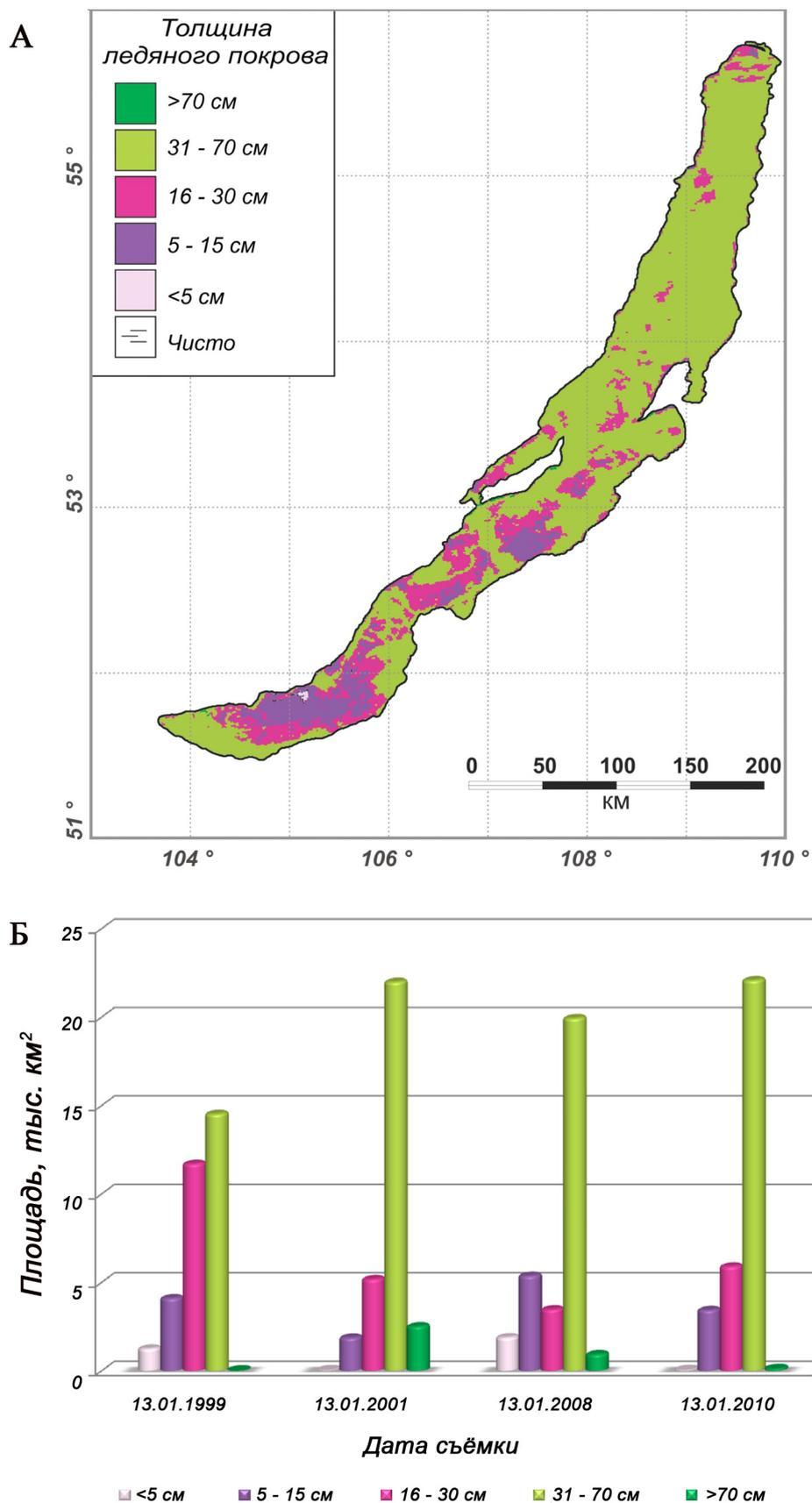
По приведённому картографическому изображению (рис. 2.6.9А) можно оценить наглядность карт ледовой обстановки, получаемых путем обработки спутниковых данных по предложенной методике. На карте отображена ледовая обстановка на оз. Байкал по состоянию на 13 января в 2010 г. и наблюдается нарушение широтной зональности в распределении льда различных градаций толщины на отдельных участках водоема, которое характерно для Байкала в период становления льда и может объясняться не только характерным распределением глубин и местными метеорологическими условиями, но и сложной динамикой вод. Помимо этого наблюдается значительная межгодовая изменчивость в протекании процессов ледообразования на озере, которая проявляется как в различном процентном соотношении льда различных градаций в разные годы (рис. 2.6.9Б), так и в совершенно различной картине его пространственного распределения.

В весенний период 2010 г. сотрудниками по данным видимого и ИК диапазонов с применением порогового метода также проводилось определение степени разрушенности снежно-ледяного покрова в каждом пикселе изображения на части акватории озера, свободной от облачности.

Применение полученных региональных алгоритмов оценки толщины льда и температуры поверхности воды в озере позволяет снизить ошибку определения этих характеристик до теоретически достижимого предела регрессионных алгоритмов. Применение новых технологий компьютерной обработки данных дистанционного спутникового зондирования позволяет формировать и постоянно дополнять базу пространственной информации об озере.



**Рис. 2.6.8.** Карты распределения температуры воды в пределах акватории оз. Байкал в первой декаде июня (А), июля (Б), августа (В), сентября (Г) 2010 г.



**Рис. 2.6.9.** Карта ледовой обстановки оз. Байкал по состоянию на 13.01.2010 г. (А) и соотношение площадей, занимаемых льдами различных градаций, полученное на основании анализа гистограмм спутниковых изображений ледовой обстановки на оз. Байкал по разновременным картам (Б)