

УДК 504.05

Применение ГИС технологий для оценки чувствительности побережья Кольского залива к разливам нефти

П.С. Ващенко, О.П. Калинин

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН

Аннотация. В статье описывается один из возможных подходов к сбору информации для определения индекса экологической чувствительности (ESI) береговой линии Кольского залива к разливам нефти. Приведены результаты практической реализации предлагаемого подхода. Также описан механизм обработки и систематизации полученной информации (фотоснимков) и ее интеграции в ГИС. На основании полученных результатов выявлены наиболее чувствительные, с точки зрения потенциальных разливов нефти, участки береговой линии. Данная работа может оказать существенную помощь при подготовке карт районов приоритетной защиты в планах ЛРН, а также непосредственно при проведении операций по реагированию на аварийные разливы нефти и очистке территорий от нефтяного загрязнения.

Abstract. The paper describes the approach to gathering information to determine the environmental sensitivity index (ESI) of the Kola Bay coastline to oil spill. The results of practical implementation of the proposed approach have been represented. The mechanism of processing and systematization of information (photos) and its further integration into GIS have been also described. Basing on the received results the most sensitive, in terms of potential oil spills, plots of shoreline have been revealed. This work may provide substantial assistance in preparation maps of priority protection areas for oil spill response plans, as well as directly in oil spill response operations and during oil spill cleanup operations.

Ключевые слова: уязвимость берегов, разливы нефти, ГИС технологии, ESI, Кольский залив, карты для планов ЛРН
Key words: shoreline vulnerability, oil spills, GIS, ESI, the Kola Bay, maps for oil spill response plan

1. Введение

По показателям концентрации и масштабам транспортной и промышленной деятельности в Арктическом регионе можно выделить Кольский залив как участок побережья, не имеющий аналогов в российской и зарубежной Арктике (*Кольский...*, 1997). Это важнейший транспортный узел – база рыболовного, атомного, военно-морского флотов, место сосредоточения судоремонтных предприятий. Кроме того, количество проектов, реализуемых и планируемых в Кольском заливе, так или иначе связанных с нефтегазовой отраслью, велико и продолжает расти.

Вместе с тем, выполнение любых операций с нефтью в арктических водах сложнее, чем в морях, расположенных южнее. Это связано и с ледовой обстановкой, которая замедляет восстановление загрязненных экосистем, и с коротким световым днём в зимний период, который затрудняет проведение работ, повышая аварийные риски, а также с низкой скоростью растворения нефти в холодных водах, и, соответственно, более длительным вредным воздействием на окружающую среду.

Тема безопасности при добыче, транспортировке и перевалке углеводородов выходит на первый план в связи с резко возросшими экологическими рисками в результате этой деятельности. В число мероприятий по охране окружающей среды при таком воздействии входит обязательная разработка планов по ликвидации разлива нефти (план ЛРН). В соответствии с Постановлением правительства РФ (*О неотложных...*, 2000), а также международными рекомендациями (*Sensitivity...*, 1996; *Guidance...*, 2010) составной частью любого плана ЛРН является выделение районов приоритетной защиты, в том числе на основе карт чувствительности (*Калинка, Духно*, 2008; *Калинка, Иванов*, 2009). Как правило, подобного рода карты статичны и относительно быстро устаревают в связи с динамичностью объектов прибрежно-морской зоны. Так как их обновление является достаточно трудоемким и дорогостоящим процессом, очевидным становится преимущество электронных карт чувствительности, выполняемых на основе GIS (*Блиновская*, 2004).

Как правило, при разливе нефтепродуктов в море прибрежная и береговая зоны наиболее подвержены нефтяному загрязнению (*Шавыкин и др.*, 2008). При этом тип берега, его геоморфологические характеристики являются основополагающими при определении чувствительности побережий к нефтяному загрязнению (*NOAA*, 1997).

В этой связи актуально создание целостной картины ранжирования побережий Кольского залива по степени их чувствительности к воздействию нефти. Применение такой классификации побережий

позволит определить наиболее ранимые или более устойчивые к загрязнению участки и впоследствии облегчит процесс выбора приоритетов при проведении операций по ликвидации загрязнения.

Целью настоящей работы являлось формирование на основе фотоснимков интерактивной карты и базы данных чувствительности береговой линии (по системе индексов ESI) Кольского залива к разливам нефти, с возможностью интеграции данных в GIS системы для обеспечения информацией при принятии решений в случае потенциальных разливов нефти в Кольском заливе.

На данном этапе оценки чувствительности берегов основным из рассматриваемых параметров, составляющих индекс ESI, являлся тип побережья. Этот параметр можно оценить при помощи фотосъемки берегов.

2. Подходы к оценке чувствительности берегов к нефтяному загрязнению

Для оценки степени негативного воздействия нефтепродуктов на береговую зону в международной практике применяется индекс ESI (Environmental Sensitivity Index) (*Jacqueline et al.*, 1995). Данный индекс характеризует интегральную восприимчивость побережья к нефтяному загрязнению при разливах нефти, топлива и других нефтепродуктов. Система индексов ESI впервые была предложена американскими специалистами в 1976 г. (*NOAA*, 1997). Индекс ESI – индекс экологической чувствительности – это базовая интегральная оценка восприимчивости побережья к нефтяному загрязнению. В основе ранжирования лежит качественная и количественная характеристика побережья, отражающая связь между строением, структурой берега и физическими процессами, происходящими при попадании нефти на берег (*Gundlach, Hayes*, 1978).

Данная система индексов позволяет разбить типы берегов по категориям на шкале от 1 до 10 (табл.). В основе деления лежат базовые принципы, суть которых в том, что чувствительность к нефти возрастает по мере увеличения защищенности берега от воздействия волн, проникновения нефти в подстилающий слой почвы, времени естественного удержания нефти на берегу и биологической продуктивности береговых организмов. Однако цифры на шкале не представляют собой фактической чувствительности, выраженной количественно, например, ESI 5 не означает пятикратного увеличения по сравнению с ESI 1. Индекс ESI является удобным способом суммирования информации, но он передает только часть картины, т.к. не берет в расчет использование берега дикой природой или людьми. Например, открытый скалистый берег, классифицированный как ESI 1 (низкая чувствительность) в состоянии поддерживать колонию морских птиц, что может дать высокую чувствительность, по крайней мере, во время периода размножения. Песчаный берег, классифицированный как ESI 3 (относительно низкая чувствительность), в определенные времена года может представлять ценность для туризма или же служить местом для откладывания яиц черепахами. Существует множество региональных отличий, например, индекс чувствительности, определяющий шесть категорий и используемый в Атласе береговой уязвимости Южной Африки. Система UNEP, используемая в регионе Восточной Африки, классифицирует десять типов берегов, и особое внимание уделяется экологической ценности, а также геоморфологии и степени волнового воздействия.

Таблица. Чувствительность берегов (в порядке ее возрастания) к разливам нефти и нефтепродуктов (*Guidance...*, 2010)

ESI	Тип берега
1A	Открытые скалистые берега
1B	Техногенные берега с инженерными сооружениями
1C	Открытые скалистые обрывы с гравийно-щебнистым основанием
2A	Открытые размываемые волноприбойные платформы, в коренных породах или плотных глинистых отложениях
2B	Открытые крутые откосы и склоны на глинистых отложениях
3A	Пляжи, сложенные мелко- и среднезернистым песком
3B	Уступы и крутые склоны в песчаных отложениях
4	Пляжи, сложенные крупнозернистым песком
5	Пляжи, сложенные смешанным песчано-гравийным материалом
6A	Гравийные пляжи (с мелким гравием и галькой)
6B	Каменные наброски и гравийные пляжи (с булыжниками и валунами)
7	Открытые приливно-отливные отмели (большие песчаные участки, часто затопляемые при высоких приливах)
8A	Защищенные уступы и защищенные скалистые берега
8B	Защищенные инженерные сооружения

8C	Защищенные отсыпи
8D	Защищенные скалисто-валунные берега
8E	Торфяные берега
9A	Защищенные приливно-отливные отмели
9B	Отмели, заросшие растительностью
9C	Гипергалинные приливные отмели
10A	Марши в пределах соленых и солоноватых акваторий
10B	Низменные заболоченные и заросшие растительностью (биогенные) берега (пресноводные марши)
10C	Болота
10D	Мангровые заросли (прибрежная древесно-кустарниковая растительность)
10E	Затопляемые низменные тундры

3. Адаптация подхода к использованию в пределах Кольского залива

Система индексов ESI достаточно многогранна, учитывает ранжирование берегов озер, рек, эстуарных водоемов и охватывает биоценозы от тундровых до экваториальных. Как это описано выше, предполагает выделение 10 индексов чувствительности, практически в каждом из которых возможно наличие двух-трех подтипов (табл.) (NOAA, 1997). В настоящей работе использовалась адаптированная к местным условиям система индексов ESI для эстуарных водоемов, к которым относится Кольский залив.

Параметрами, определяющими величину индекса чувствительности, послужили:

- геоморфологическая характеристика побережья;
- ветро-волновая нагруженность побережья;
- климатические показатели;
- условия и длительность естественного сохранения нефти;
- степень проникновения нефти по вертикали и вглубь пород, слагающих берег;
- возможность естественного захоронения нефти и перемещения грунта;
- условия естественной биодеградации нефти;
- техническая сложность уборки нефти с береговой черты.

Используя сочетание перечисленных параметров, каждому участку побережья присваивается базовый индекс чувствительности (ESI) к нефтяному загрязнению, который варьирует от 1 до 10. Индексу 10 соответствуют самые чувствительные участки береговой зоны:

- индекс 1: искусственные конструкции и портовые сооружения;
- индекс 2: скально-глыбовые развалы, выходы трещиноватых пород;
- индекс 3: мелкопесчаные пляжи;
- индекс 4: крупнопесчаные пляжи;
- индекс 5: песчано-галечные пляжи;
- индекс 6: гравийные и щебнистые пляжи; каменная осыпь;
- индекс 7: осыхающие отмели;
- индекс 8: плоские гравийно-песчаные пляжи с крупными валами водорослей и трав;
- индекс 9: защищенный осыхающий берег;
- индекс 10: растающие, заболоченные земли.

На основе принятых корректировок международной классификации ESI было произведено районирование береговой зоны Кольского залива и построена карта чувствительности берегов к воздействию нефти согласно алгоритму, описанному ниже.

4. Исходные данные и алгоритм их получения

В августе 2008 г. сотрудниками лаборатории инженерной экологии (Шавыкин, Ващенко) была осуществлена судовая экспедиция по Кольскому заливу на катере "Нептун-2", некоторые результаты картирования по материалам экспедиции были представлены ранее (Калинка и др., 2008). В ходе данной экспедиции было получено порядка 500 фотоснимков береговой линии Кольского залива (пример фотоснимков представлен на рис. 1). Фотосъемкой было охвачено 128 км береговой линии на всей протяженности Кольского залива за исключением закрытых губ, используемых Министерством обороны РФ. С целью уточнения полученных результатов, а также для определения типа берегов в ранее не охваченных фотосъемкой участках, была проведена аналогичная работа в марте 2009 г. (участники – Ващенко, Шавыкин). В ходе фотосъемки, проведенной в 2009 г., было получено около 700 снимков береговой линии (два из них представлены на рис. 1). Фотоснимки, полученные в марте, позволяли

сформировать представление о состоянии береговой линии в зимний период, поскольку в данное время, на определенных участках, акватория, примыкающая к берегам, все еще может быть покрыта льдом.



Рис. 1. Пример фотографий, полученных в ходе экспедиций: слева – фото из экспедиции 2008 г., справа – 2009 г.

Съемка береговой линии в обоих случаях производилась по единой схеме. В ходе экспедиции велась как фотосъемка берегов, так и фиксирование положения точек съемки при помощи GPS-приемника. Время на фотокамере и GPS-приемнике было синхронизировано, это позволяло получить координаты точек съемки, путем сопоставления временных меток снимков и протокола GPS. Выполнялась фотосъемка того берега, вдоль которого осуществлялось движение. На одном из участков маршрута, была осуществлена попытка съемки обоих берегов с одной точки (берег, вдоль которого следует судно, так и противоположный берег), однако поскольку при последующей обработке возникли сложности с обработкой снимков, подобный подход к съемке был отклонен. Съемка осуществлялась как в направлении, перпендикулярном к берегу, так и вдоль направления движения. Снимки, выполненные в направлении, перпендикулярном берегу, служили для определения положения конкретных объектов (например, искусственных конструкций и портовых сооружений, окруженных песчано-галечными пляжами) путем проецирования координат съемки на береговую линию на карте. Снимки, выполненные вдоль направления движения, использовались для подтверждения единообразия типа береговой линии между двумя снимками, выполненными перпендикулярно направлению движения. Съемка производилась при визуальном обнаружении изменения характера береговой линии.

5. Структура базы данных чувствительности берегов Кольского залива к разливам нефти

На основе анализа полученных фотоснимков была сформирована база данных чувствительности берегов Кольского залива к разливам нефти (рис. 2).

ID	Дата	Время, MSK	Время, GMT	Водный час	N	E	Модель камеры	Тип Береговой линии	Расположение файла	Примечания
28	07.08.2008	8:31:50	5:31:50 -4		68,94767	33,02228	DSC-F828		1 Photo\Судовые\DSC08652.JPG	корабли
29	07.08.2008	8:32:18	5:32:18 -4		68,94867	33,02213	DSC-F828		1 Photo\Судовые\DSC08653.JPG	корабли
30	07.08.2008	8:33:46	5:33:46 -4		68,95105	33,02153	DSC-F828		7 Photo\Судовые\DSC08654.JPG	причалы, корабли,
31	07.08.2008	8:34:34	5:34:34 -4		68,95240	33,02170	DSC-F828		1 Photo\Судовые\DSC08655.JPG	док
32	07.08.2008	8:36:05	5:36:05 -3		68,95502	33,02337	DSC-F828		1 Photo\Судовые\DSC08656.JPG	док
33	07.08.2008	8:39:00	5:39:00 -3		68,95930	33,02782	DSC-F828		1 Photo\Судовые\DSC08657.JPG	корабли
34	07.08.2008	8:39:58	5:39:58 -3		68,96090	33,02940	DSC-F828		7 Photo\Судовые\DSC08658.JPG	причалы, отвесный склон
35	07.08.2008	8:41:15	5:41:15 -3		68,96293	33,03143	DSC-F828		1 Photo\Судовые\DSC08659.JPG	порт
36	07.08.2008	8:42:03	5:42:03 -3		68,96422	33,03280	DSC-F828		7 Photo\Судовые\DSC08660.JPG	песчано-галечные пляжи, впа
37	07.08.2008	8:42:25	5:42:25 -3		68,96498	33,03355	DSC-F828		1 Photo\Судовые\DSC08661.JPG	порт,
38	07.08.2008	8:44:26	5:44:26 -3		68,96803	33,03698	DSC-F828		7 Photo\Судовые\DSC08662.JPG	отвесный склон, абрам-пахта,
39	07.08.2008	8:48:02	5:48:02 -3		68,97410	33,04135	DSC-F828		1 Photo\Судовые\DSC08663.JPG	порт
40	07.08.2008	8:48:43	5:48:43 -3		68,97528	33,04185	DSC-F828		7 Photo\Судовые\DSC08664.JPG	промышленные постройки, жд
41	07.08.2008	8:50:38	5:50:38 -3		68,97865	33,04343	DSC-F828		1 Photo\Судовые\DSC08665.JPG	промышленные постройки, жд
42	07.08.2008	8:52:16	5:52:16 -3		68,98178	33,04502	DSC-F828		1 Photo\Судовые\DSC08666.JPG	порт
43	07.08.2008	8:52:55	5:52:55 -3		68,98272	33,04527	DSC-F828		1 Photo\Судовые\DSC08667.JPG	порт
44	07.08.2008	8:54:24	5:54:24 -3		68,98538	33,04588	DSC-F828		7 Photo\Судовые\DSC08668.JPG	пологий склон, хозяйственные
45	07.08.2008	8:56:20	5:56:20 -3		68,98848	33,04672	DSC-F828		1 Photo\Судовые\DSC08669.JPG	Апатит-терминал, промышлен

Рис. 2. Фрагмент таблицы базы данных чувствительности берегов Кольского залива к разливам нефти

В структуре базы данных присутствуют следующие данные:

- 1) *Пространственные координаты точки съемки*

Данные необходимы для построения карт чувствительности береговой линии средствами GIS.

- 2) *Дата произведения съемки*

Поскольку геоморфологическая характеристика береговой линии весьма изменчива как в результате естественных процессов, так и в результате деятельности человека, то необходимо иметь представление об актуальности данных. Данные о дате съемки позволяют отслеживать динамику геоморфологических характеристик береговой линии при накоплении большого массива информации.

3) *Время выполнения снимка*

В первую очередь время необходимо для привязки снимков к пространственным координатам, а также позволяет определить "водный час", соответствующий каждому конкретному снимку.

4) *Водный час*

Позволяет судить, в какую фазу приливно-отливного цикла был сделан снимок. В первую очередь эти сведения необходимы для корректного выявления осыхающих отмелей.

5) *Индекс чувствительности берега (по ESI)*

Значение, полученное на основе анализа фотоснимков и сопоставления запечатленного на снимке участка конкретному значению индекса ESI по шкале от 1 до 10 (где 1 – минимально, а 10 – максимально чувствительные участки). Используется как основной параметр для отображения на карте чувствительности берегов.

6) *Расстояние от точки съемки до берега*

Позволяет спроецировать данные о расположении объектов, запечатленных на снимке, на береговую линию.

7) *Техническая характеристика камеры*

Содержит сведения об изготовителе и модели камеры для возможности последующего (при необходимости) уточнения технических параметров фотокамеры.

8) *Высота съемки*

Содержит данные о высоте съемки, которая может быть различной. Сведения пунктов 6-8 предполагается использовать для оценки протяженности береговой линии, запечатленной на снимке, что актуально, например, для оценки границ мелких включений на береговой линии (например, песчаная отмель посреди галечного пляжа).

9) *Адрес хранения файла на дисковом накопителе*

Позволяет открыть любой конкретный снимок.

6. Визуализация результатов

Разработанная интерактивная карта реализована в виде проекта на базе геоинформационной системы ArcGIS 9 компании ESRI. Данная платформа была выбрана как наиболее надежный и практичный инструмент в сфере работы с геоданными. Основными элементами проекта являются массив фотоснимков берегов Кольского залива, база данных, содержащая сведения о чувствительности берегов, и GIS проект, позволяющий отображать данные на карте и просматривать фотоснимки (рис. 3).

В структуру проекта входят: топографическая основа (использованы оцифрованные и привязанные топографические карты масштаба 1:25 000, ячеи 15007, 15006, 15005), береговая линия с присвоенными значениями индексов ESI, положение точек произведенных снимков, использованных для определения типа берегов. Дополнительно для указанного проекта, совместно с сотрудниками ЮИЦ, был разработан модуль на языке VBA (Visual Basic for Application), позволяющий по нажатию на соответствующую точку на карте открывать во всплывающем окне соответствующее ей изображение (фотоснимок берега), а также иметь возможность просматривать метаданные, относящиеся к конкретному снимку.

Разработанный модуль позволяет упростить процесс формирования карт чувствительности берегов, давая возможность одновременно отобразить снимок, сделанный в данной точке (рис. 3а и рис. 4) и положение точки съемки на карте (рис. 3б).

Окно просмотра фото-данных (рис. 3а и рис. 4) разделено на две части – область изображения (фотография) и область метаданных (сведения о снимке). Для удобства работы имеются инструменты масштабирования снимка, его печати и подсветки на карте положения точки, в которой произведен снимок. Использование разработанной базы данных и GIS проекта позволяют оперативно сформировать карты чувствительности берегов к разливам нефти, при получении дополнительных данных (в виде фотоснимков) о ранее не описанных районах.

Непосредственно сама карта-схема чувствительности берегов Кольского залива к разливам нефти, представленная в проекте, может пополняться дополнительными сведениями (например, данными о логистике, местах размещения технических средств ликвидации разливов нефти). Для удобства решения конкретных задач итоговая карта с данными о чувствительности берегов к разливам нефти (индексах ESI) может быть распечатана на любом удобном для использования формате (например, рис. 5).

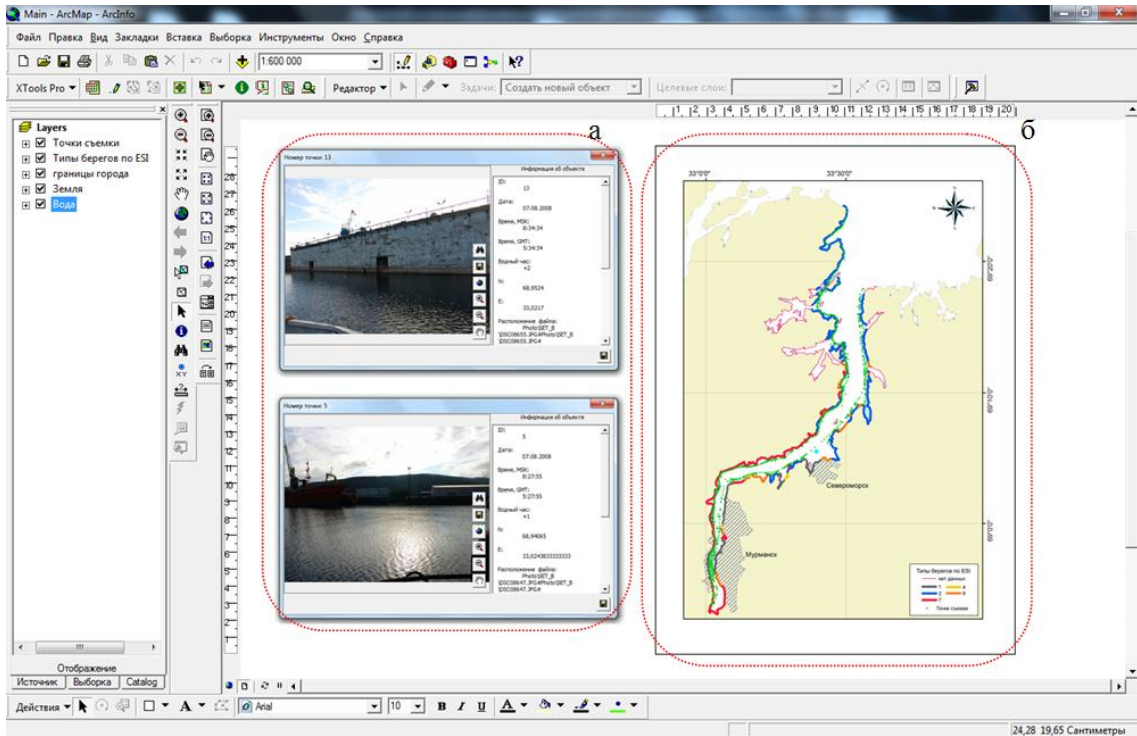


Рис. 3. Интерфейс интерактивной карты чувствительности берегов к разливам нефти.
 а – фотоснимки берегов, открытые при помощи модуля в отдельных окнах;
 б – положение точек съемки, отображенное на карте

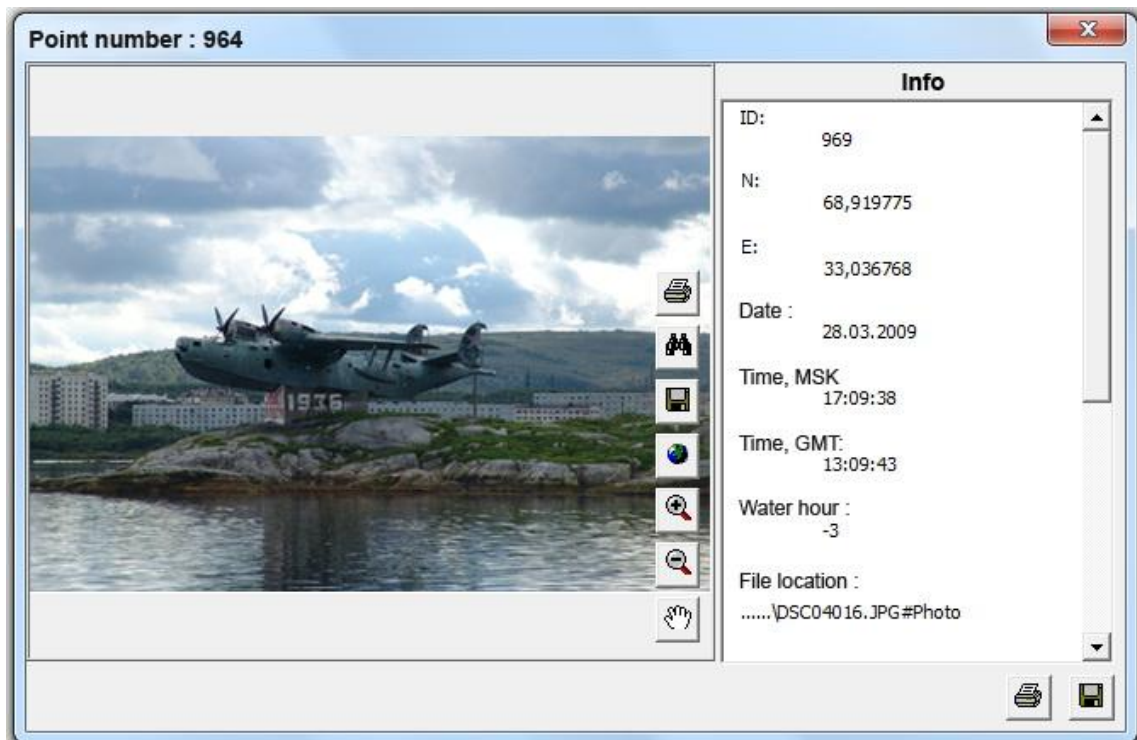


Рис. 4. Интерфейс модуля просмотра фото-данных интерактивной карты чувствительности берегов к разливам нефти

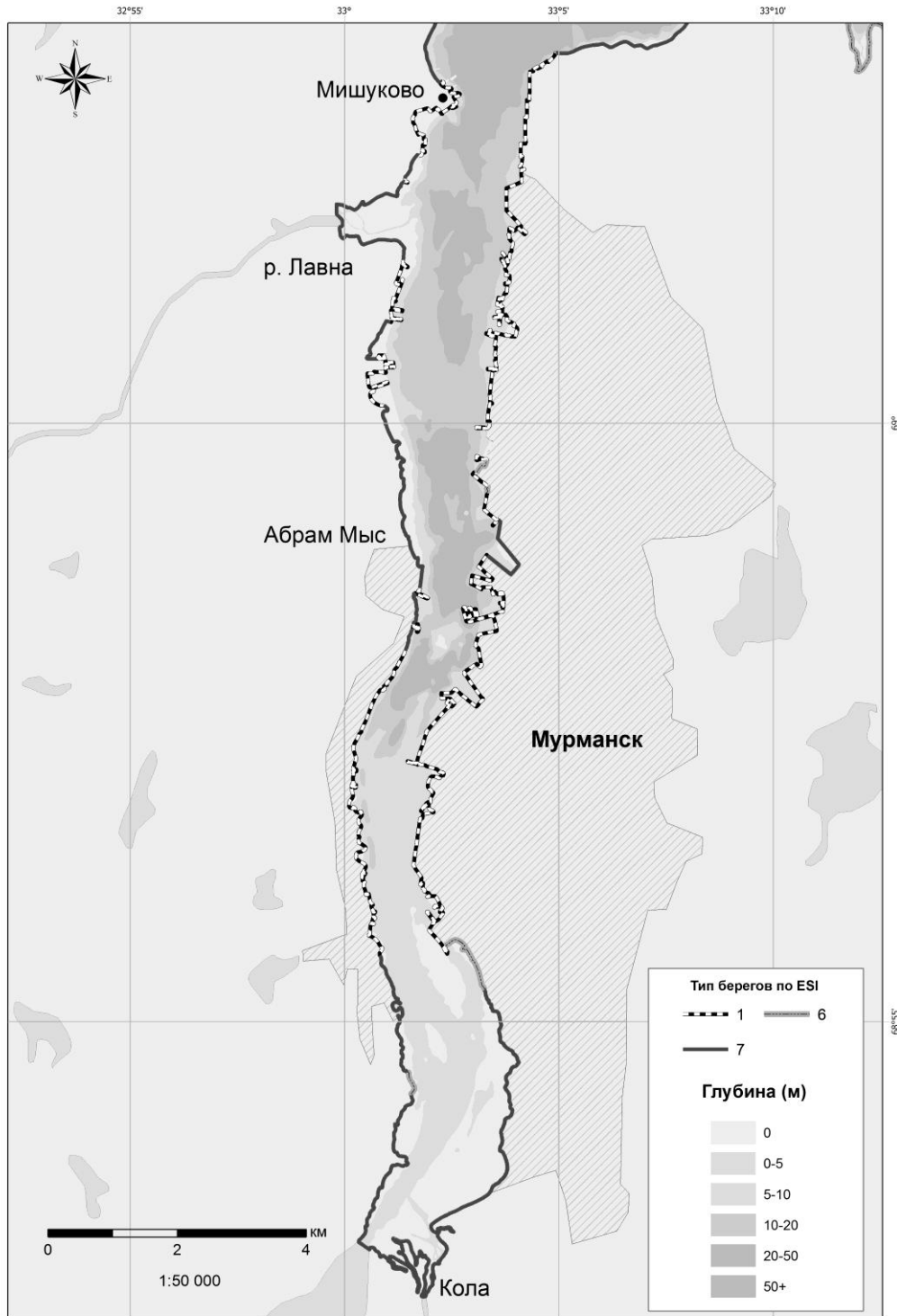


Рис. 5. Карта-схема чувствительности берегов южного колена Кольского залива к разливам нефти: 1-7 участки берегов, для которых определен индекс ESI; цифры – значение чувствительности берегов в индексах ESI

7. Карта чувствительности берегов Кольского залива к разливам нефти

Результаты, полученные в процессе работы, показывают, что в южном колене Кольского залива восточный его берег до м. Пинагорий по геоморфологическим характеристикам относится к индексу чувствительности 1. Это акватория порта, и при разливе нефти воздействие на берега будет минимальным. Западный берег Южного колена и далее на север до г. Питькова в среднем колене окаймлен осыхающей отмелью, относящейся к индексу чувствительности 7. Восточный берег среднего

колена до м. Мохнаткин также относится к индексу чувствительности 7 из-за наличия осыхающих отмелей, которые встречаются во вдающихся в берег участках вплоть до бухточки за м. Сальный. В районе г. Северморска находятся портовые сооружения, с индексом чувствительности для берега 1. На открытых побережьях от м. Мохнаткин до м. Чалмпушка распространены каменные осыпи (индекс чувствительности 6). Далее на север к м. Чирковый восточный берег залива на открытых участках имеет однотипную структуру и позволяет отнести его к индексу чувствительности, равному 2 по шкале ESI, лишь в некоторых бухточках наблюдаются каменные осыпи и склоны, полого спускающиеся к воде, покрытые растительностью. На обоих берегах северного колена преобладают выходы трещиноватых пород и скально-глыбовые развалы на открытых участках (индекс 2), в немногочисленных маленьких бухточках распространены каменные осыпи (индекс 6), а на западном берегу у м. Лас и за о. Большой Олений – еще и осыхающие отмели (индекс 7). За о. Седловатый на западном берегу имеется мелкопесчаный пляж с соответствующим ему индексом чувствительности 3 (рис. 5).

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что берега Кольского залива на большем своем протяжении (более чем 48 % длины береговой линии), имеют достаточно высокий по международной шкале ESI индекс чувствительности, равный 7. Берега с индексами 1 и 2 в сумме составляют около 45 %, оставшаяся наименьшая площадь берегов имеет индексы 3 и 6.

В дальнейшем необходимо дополнительно провести экспедиционные исследования, морские и береговые, с целью детального изучения типов берегов и губ Кольского залива для завершения работы по составлению полной карты чувствительности его берегов и акватории к разливам нефти. Такая работа должна иметь важное значение при использовании в планах ЛРН.

8. Заключение

Отработан и описан алгоритм проведения фотосъемки для оценки чувствительности берегов к разливам нефти. На основании фотоснимков берегов Кольского залива была сформирована база данных чувствительности берегов залива к разливам нефти. Разработан дополнительный модуль для ArcGIS, использование которого упрощает процесс формирования массива данных о типе берегов по фотоснимкам. Модуль дает возможность одновременно отобразить фотоснимки и положение точек, с которых производилась съемка, при этом имеется возможность вносить через атрибутивную таблицу сведения о типе берега непосредственно в базу данных. Разработан GIS проект, позволяющий создавать карты чувствительности берегов Кольского залива к разливам нефти. На основе GIS проекта построена интерактивная карта чувствительности берегов Кольского залива к разливам нефти.

Аналогичные карты чувствительности береговой зоны необходимо сделать для всего побережья Мурманна от горла Белого моря до норвежской границы. Это особо актуально в связи с возрастающими транспортными потоками, в том числе перевозками нефтепродуктов в будущем.

Литература

- Gundlach E.R., Hayes M.O.** Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts. *Marine Technology Society Journal*, v. 12, N 4, p. 18-27, 1978.
- Jacqueline M., Halls J., Zengel S.** Environmental sensitivity index guidelines. *Seattle, Washington, NOAA*, 1995. NOAA. Environmental sensitivity index guidelines. Version 2.0 NOAA Technical Memorandum NOS ORCA 115. *Seattle, Hazardous Materials Response and Assessment Division, National Oceanic and Atmospheric Administration*, 79 p., 1997.
- Sensitivity mapping for oil spill response. *IMO/IPIECA Oil Spill Report Series*, v. 1, 25 p., 1996.
- Guidance on sensitivity mapping for oil spill response. Technical group of the MEPC ON OPRC-HNS, 11th session, Agenda item 3. Progress report. *London, IPIECA*, v. 1, 28 p., 2010.
- Блиновская Я.Ю.** Принципы создания информационной системы "Карты чувствительности прибрежно-морских зон к загрязнению нефтью". *Вестник ДВО РАН*, № 4, с. 63-73, 2004.
- Калинка О.П., Духно Г.Н.** Рекомендации по созданию карт чувствительности Баренцева моря для планов ликвидации аварийных разливов нефти. *Мат. XXVI конф. молодых ученых ММБИ. Мурманск, ММБИ*, с. 67-74, 2008.
- Калинка О.П., Иванов С.А.** Анализ судовой съемки и данных дистанционного зондирования берегов Кольского залива. *Мат. XXVII конф. молодых ученых ММБИ. Мурманск, ММБИ*, с. 75-82, 2009.
- Калинка О.П., Шавыкин А.А., Ваченко П.С.** Оценка чувствительности берегов Кольского залива к нефтяному загрязнению. *Нефть и газ арктического шельфа – 2008. Мурманск, ММБИ*, с. 168-178, 2008.
- Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты. *Коллектив авторов. Аналиты, КНЦ РАН*, 265 с., 1997.
- О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. Постановление Правительства РФ № 613 от 21.08.2000.
- Шавыкин А.А., Калинка О.П., Сапрыгин В.В., Зырянов С.В.** Оценка интегральной уязвимости Баренцева моря к нефтяному загрязнению. *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*, № 3, с. 13-22, 2008.