




# **Дистанционные методы получения данных для построения карт чувствительности и уязвимости литорали от нефти**

**Павел Ващенко**

**Мурманский морской биологический институт  
Российской академии наук**



**Общая концепция карт  
экологической чувствительности  
ESI – Environmental Sensitivity Index**

# Карты ESI - Environmental Sensitivity Index

<p><b>Индекс 1</b>          1А. Открытый скалистый берег.          1В. Техногенный берег с инженерными сооружениями.          1С. Открытые скалистые обрывы с гравийно-щебнистым основанием</p>		<p><b>Индекс 6</b>          6А. Аккумулятивный берег с пляжем, сложенным гравийно-галечным материалом.          6В. Берег с каменной наброской и берег с валунно-галечной отмосткой</p>
<p><b>Индекс 2</b>          2А. Открытая волноприбойная платформа, в коренных породах или плотных глинистых отложениях.          2В. Открытые крутые откосы и склоны на глине.</p>		<p><b>Индекс 7</b>          Открытые приливно-отливные отмели (большие песчаные участки, часто затопляемые при высоких приливах).</p>
<p><b>Индекс 3</b>          3А. Аккумулятивный отмельный берег с пляжем, сложенным мелко-среднезернистым песком.          3В. Крутые откосы или крутые склоны в песке.</p>		<p><b>Индекс 8</b>          8А. Защищенный абразионный берег с уступом размыва, выработанным в плотных породах.          8В. Защищенные инженерные сооружения          8С. Защищенные тетраподы.          8D. Защищенные валунные наброски          8Е. Торфяные берега</p>
<p><b>Индекс 4</b>          Аккумулятивный берег с пляжем, сложенным крупнозернистым песком.</p>		<p><b>Индекс 9</b>          9А. Защищенные приливно-отливные отмели          9В. Отмели заросшие растительностью.          9С. Гипергалинные приливные отмели.</p>
<p><b>Индекс 5</b>          Аккумулятивный берег с пляжем, сложенным смешанным песчано-гравийным материалом.</p>		<p><b>Индекс 10</b>          10А Приливно-отливные отмели (марши) в пределах соленых и солоноватых акваторий          10В. Низменные заболоченные и заросшие растительностью (биогенные) берега (пресноводные марши).          10С. Болота.          10D. Мангровые заросли.          10Е. Затопленная расположенная низко тундра.</p>



# Рекомендации по уборке нефти для разных ESI



## ИСКУССТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ПОРТОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ

ESI = 1

### ОПИСАНИЕ

- Такие структуры представляют собой твердые, искусственные сооружения, такие как волноломы, причалы и портовые сооружения и др.;
- Большинство структур построены из бетона, дерева или металла;
- Нередко у таких структур при отливе, нет открытого субстрата;
- Они построены для защиты берега от эрозии волнами, при этом они подвержены воздействию относительно высокоэнергетических процессов;
- Наличие прикрепленных животных, и растений на таких структурах незначительно;
- Как правило, они представлены в высокоразвитых промышленных и портовых районах;

### ПРОГНОЗ ПОВЕДЕНИЯ НЕФТИ

- Нефть будет удерживаться у берега волнами, отраженными от твердой поверхности в открытых участках;
- Нефть легко прилипает к сухой, грубой поверхности, но при этом не удерживается мокрыми основаниями;
- Наиболее загрязненными будут участки, находящиеся на или выше уровня линии прилива;



### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕАГИРОВАНИЮ

- Очистка обычно не требуется;
- Распыление воды под высоким давлением может проводиться для:
  - Избавления от стойких масел в щелях
  - Улучшения эстетического вида
  - Предотвращения вымывания нефти

# **Работы ММБИ РАН по картам ESI**

# ESI для арктических морей



Искусственные конструкции и портовые сооружения



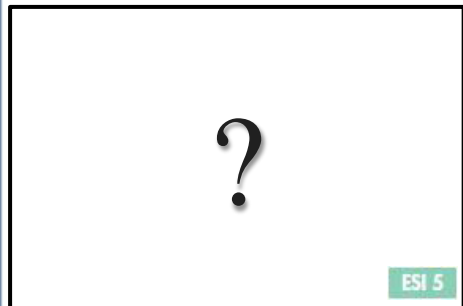
Скально-глыбовые развалы, выходы трещиноватых пород



Мелкопесчаные пляжи



Крупнопесчаные пляжи



Песчано-галечные пляжи



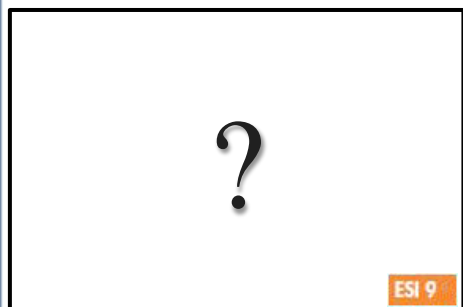
Гравийные и щебнистые пляжи; каменная осыпь



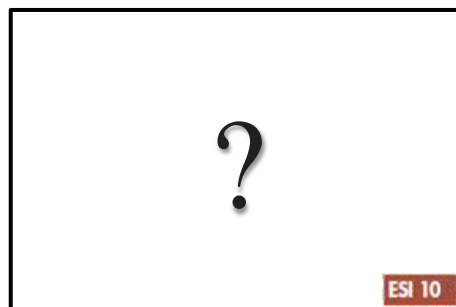
Осыхающие отмели



Плоские гравийно-песчаные пляжи с крупными валами водорослей и трав



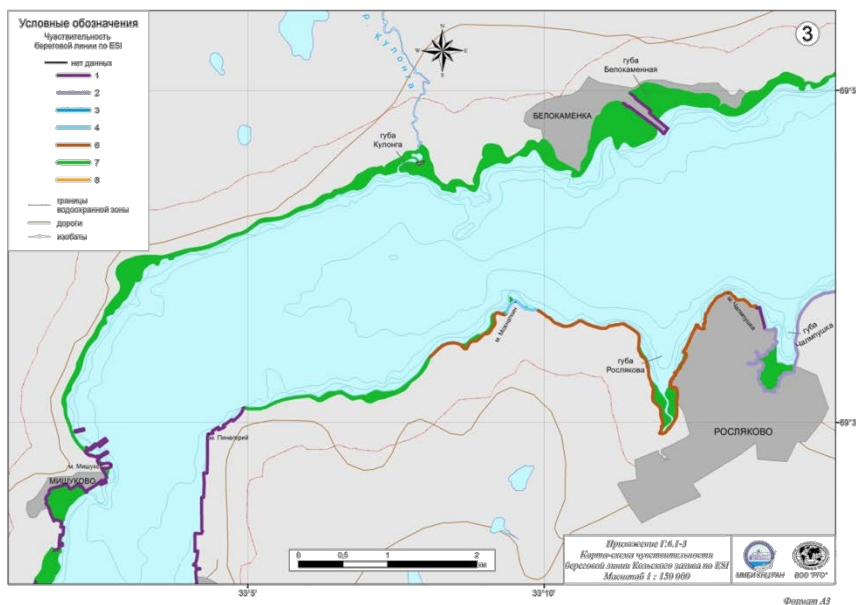
Защищенный осыхающий берег



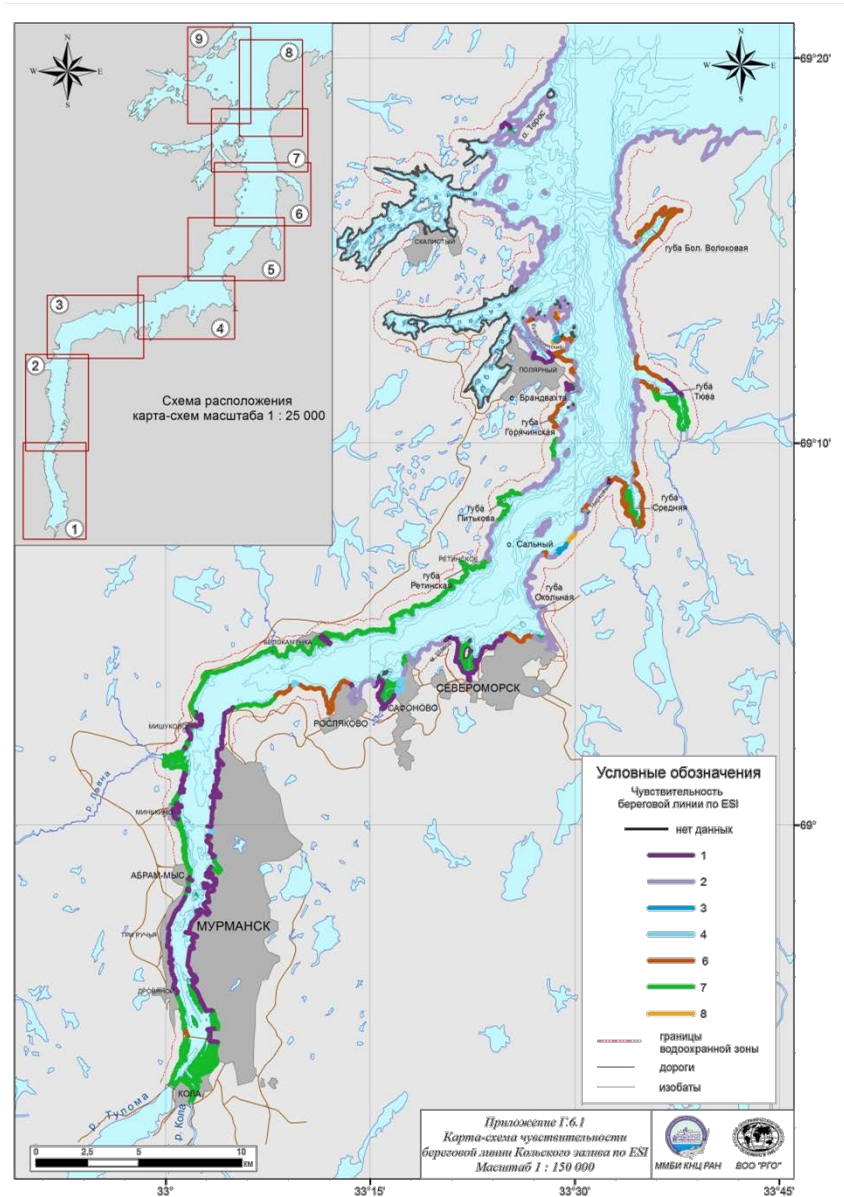
Зарастающие, заболоченные земли.

Ващенко П.С., Калинка О.П. Применение ГИС технологий для оценки чувствительности побережья Кольского залива к разливам нефти // Вестник МГТУ. 2013. Т. 16, № 3. С. 542–549.

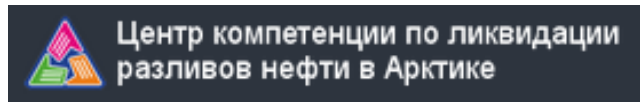
# Карты чувствительности побережья Кольского залива



Вашенко П.С. Экологическая чувствительность берегов Кольского залива // Кольский залив и нефть: биота, карты уязвимости, загрязнение / под ред. д-ра геогр. наук. А. А. Шавыкина; ММБИ КНЦ РАН. – СПб. : Реноме, 2018. – С. 365-384



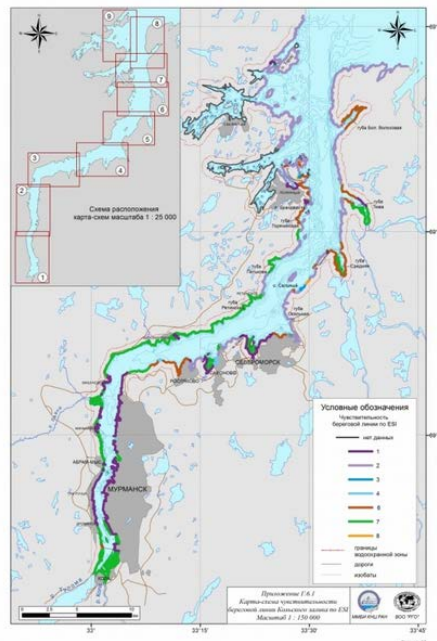
# Разработки ММБИ на сайте центра компетенции по ЛРН в Арктике



<http://www.osr-arctic.ru>

Авторы: А.А. Шавыкин, П.С. Ващенко, О.П. Калинка, А.Н. Карнатов  
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН. Лаборатория инженерной экологии

Для оценки степени негативного воздействия нефтепродуктов на береговую зону в международной практике применяется индекс ЕСИ (Environmental Sensitivity Index) [Jacquotte, 2002]. Данный индекс характеризует интегральную восприимчивость побережья к нефтяному загрязнению при разливах нефти, топлива и других нефтепродуктов. Система индексов ЕСИ впервые была предложена американскими специалистами в 1978 году [Gundlach, Hayes, 1978]. ЕСИ - индекс экологической чувствительности - это базовая интегральная оценка восприимчивости побережья к нефтяному загрязнению.



## Исследования прибрежной и береговой зоны северной части Кольского залива и разработка карт уязвимости всего залива от нефти

### ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА К РАЗЛИВАМ НЕФТИ ПО ИНДЕКСУ ЕСИ

А.А. Шавыкин, П.С. Ващенко, О.П. Калинка, А.Н. Карнатов  
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН. Лаборатория инженерной экологии

Для оценки степени негативного воздействия нефтепродуктов на береговую зону в международной практике применяется индекс ЕСИ (Environmental Sensitivity Index) [Jacquotte, 2002]. Данный индекс характеризует интегральную восприимчивость побережья к нефтяному загрязнению при разливах нефти, топлива и других нефтепродуктов. Система индексов ЕСИ впервые была предложена американскими специалистами в 1978 году [Gundlach, Hayes, 1978]. ЕСИ - индекс экологической чувствительности - это базовая интегральная оценка восприимчивости побережья к нефтяному загрязнению.

Данная система индексов позволяет разбить типы берегов по 10 категориям. В основе лежат базовые признаки, суть которых в том, что чувствительность к нефти возрастает по мере увеличения защищенности берега от воздействия суши, проявления естественного удержания нефти на берегу и биологической продуктивности береговых и прибрежных сообществ. Данные данные на сайте не предоставляют собой фактической чувствительности, выраженной количественно - например ЕСИ 5 не означает гарантированное увеличение по сравнению с ЕСИ 1.

Итоговая карта чувствительности береговой линии Кольского залива реализована на базе геоинформационной системы ArcGIS 10.1 компании ESRI. Основной информативный слой в проекте это - контур береговой линии с указанием типа берега по ЕСИ. В качестве топонимической основы использованы навигационные карты масштаба 1:25 000, административные номера - 15007, 15008, 15005 предоставленные в формате шифт с "step".

#### Классификация береговой линии для Кольского залива:

- ESI 1: Искусственные конструкции и портовые сооружения;
- ESI 2: Скальные-глыбовые развалы, выходы трещиноватых пород;
- ESI 3: Малополосные пляжи;
- ESI 4: Крупнополосные пляжи;
- ESI 5: Песчано-галечные пляжи;
- ESI 6: Гравийные и щебнистые пляжи; каменистая отмель;
- ESI 7: Скалистая отмель;
- ESI 8: Песчаные гравийно-песчаные пляжи с крупными валми водорослей и трав;
- ESI 9: Защищенный скалистый берег;
- ESI 10: Зарастающий, заболоченный земли.

Для использования в России в планах ЛРН карт типов береговой линии по индексу ЕСИ необходимо:

- 1) доработать классификацию типов берегов с учетом появляющегося в зимний период у берегов льдовых полей и льдовых образований на самом берегу, что особенно актуально для берегов арктических морей;
- 2) согласовать с пользователями этой информации (гидрографами разливов нефти) наиболее привлекательную для них классификацию типов берегов и условные обозначения для них.

Примеры берегов Кольского залива с ЕСИ 1 - 4, 6 - 8. На карточке показано положение точки, с которой сделаны соответствующие снимки.

Работа выполнена по гранту Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» (2013-2014 гг.)

<http://www.osr-arctic.ru/ru/karty/chuvstvitelност-beregovoy-linii-kolskogo-zaliva-k-razlivam-nefti-po-indeksu-esi>

# Источники данных для карт ESI



Аэрофотосъемка



Съемка с борта судна

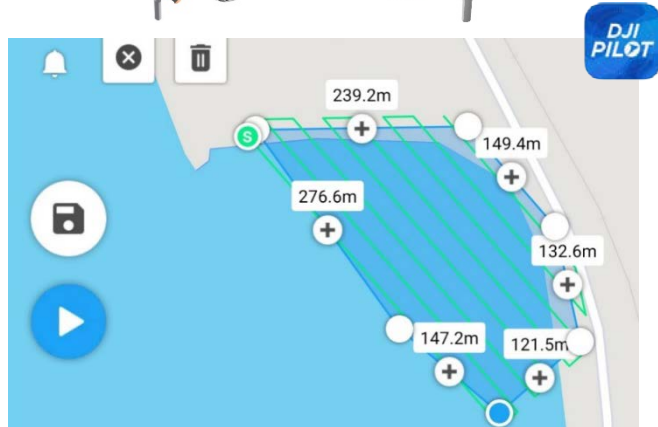


Береговая съемка



Бумажные карты и цифровые сервисы

# Аэрофотосъемка для карт ESI



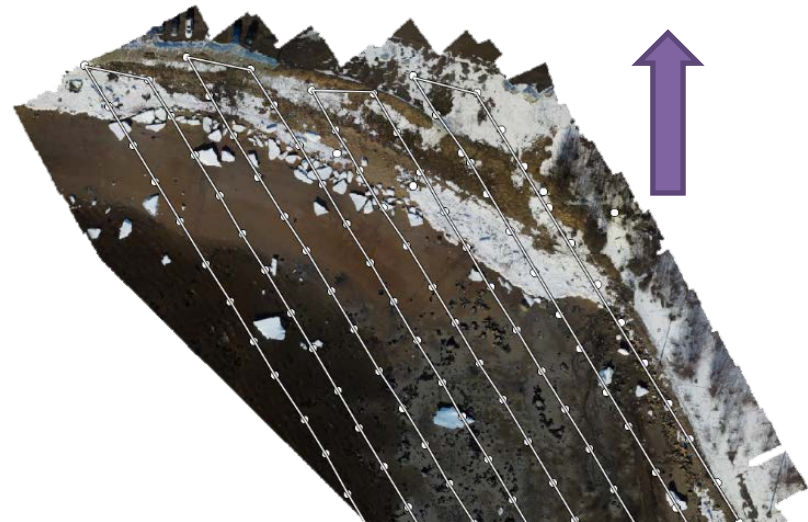
Планирование миссии



Измерения и идентификация объектов

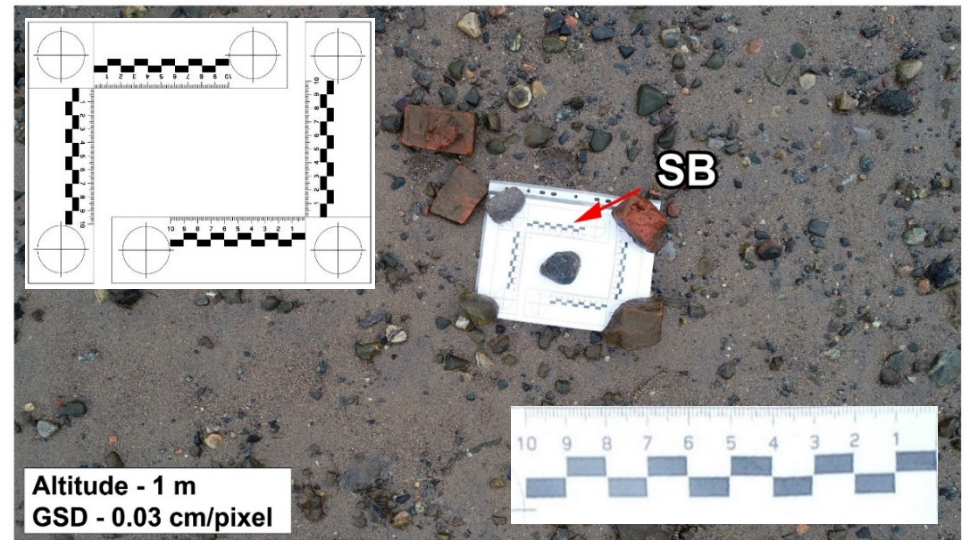
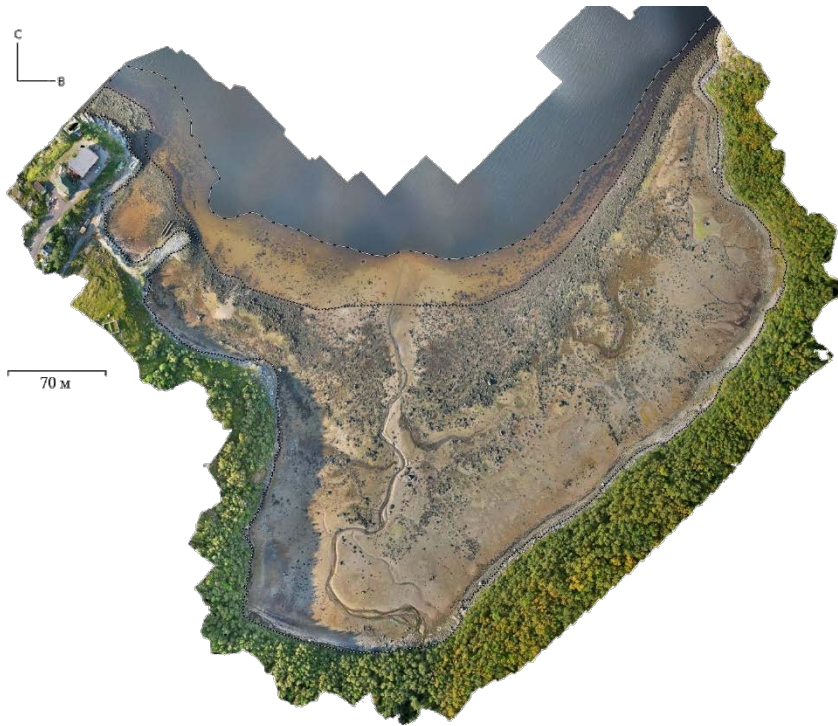


Набор снимков



Построение  
ортофотомазайки

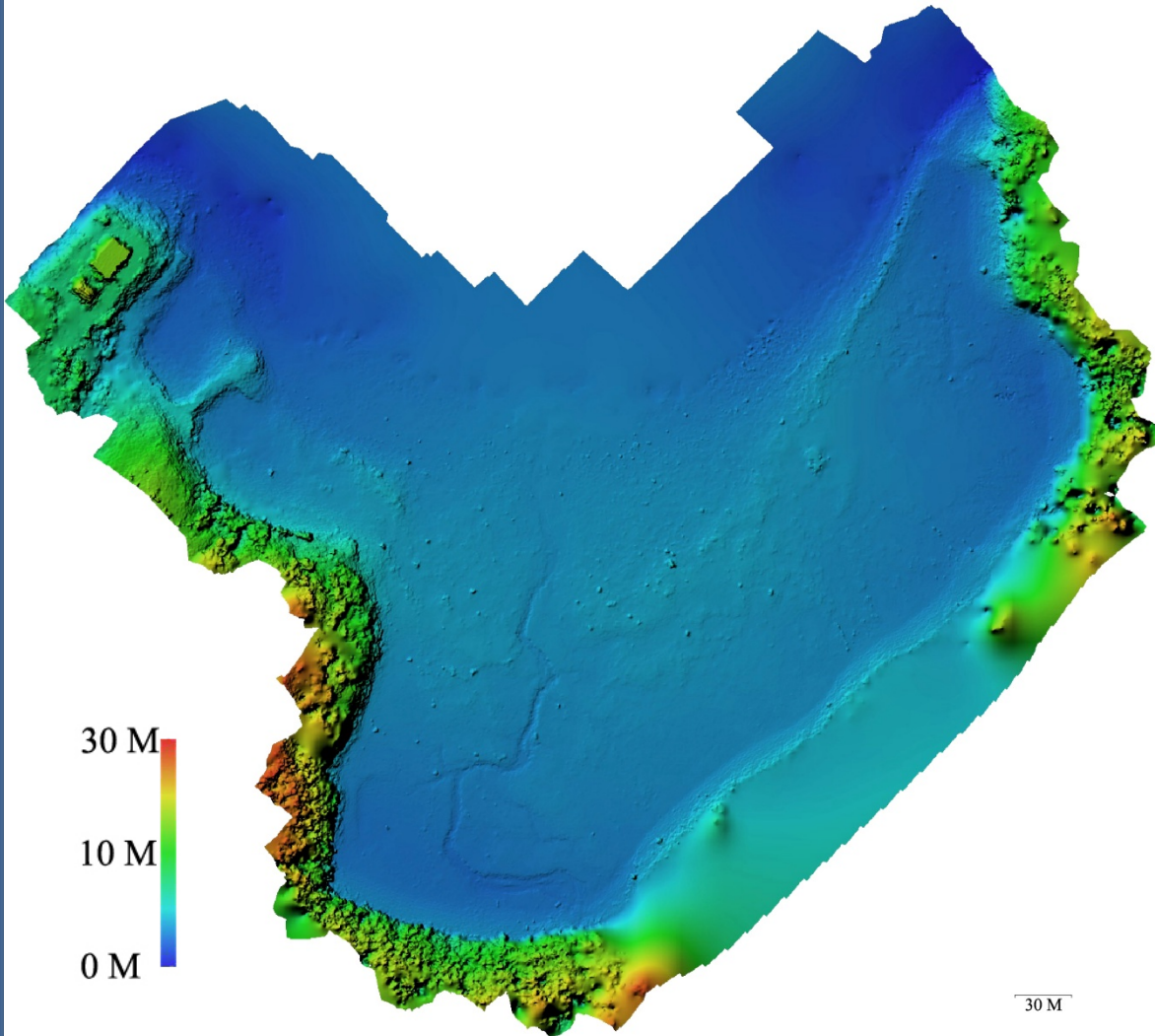
# Детализация карт при съемке с воздуха



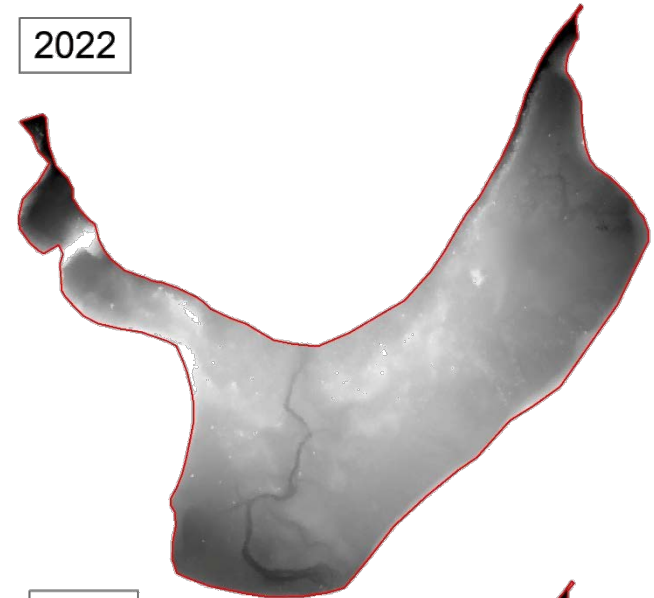
Снимки с высоты 1 м  
A – Общий охват снимка;  
C – фрагмент в масштабе 1:1

Снимки с высоты 200 м  
B – Общий охват снимка;  
D – фрагмент в масштабе 1:1

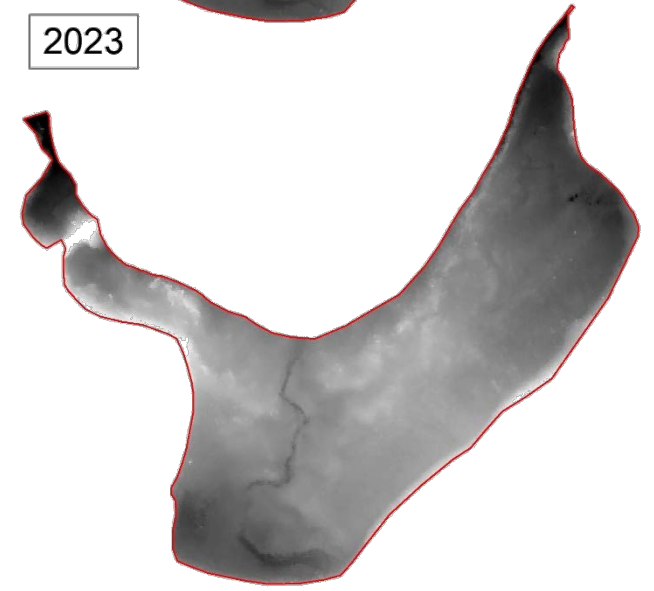
# Уклон и рельеф по аэрофотосъемке



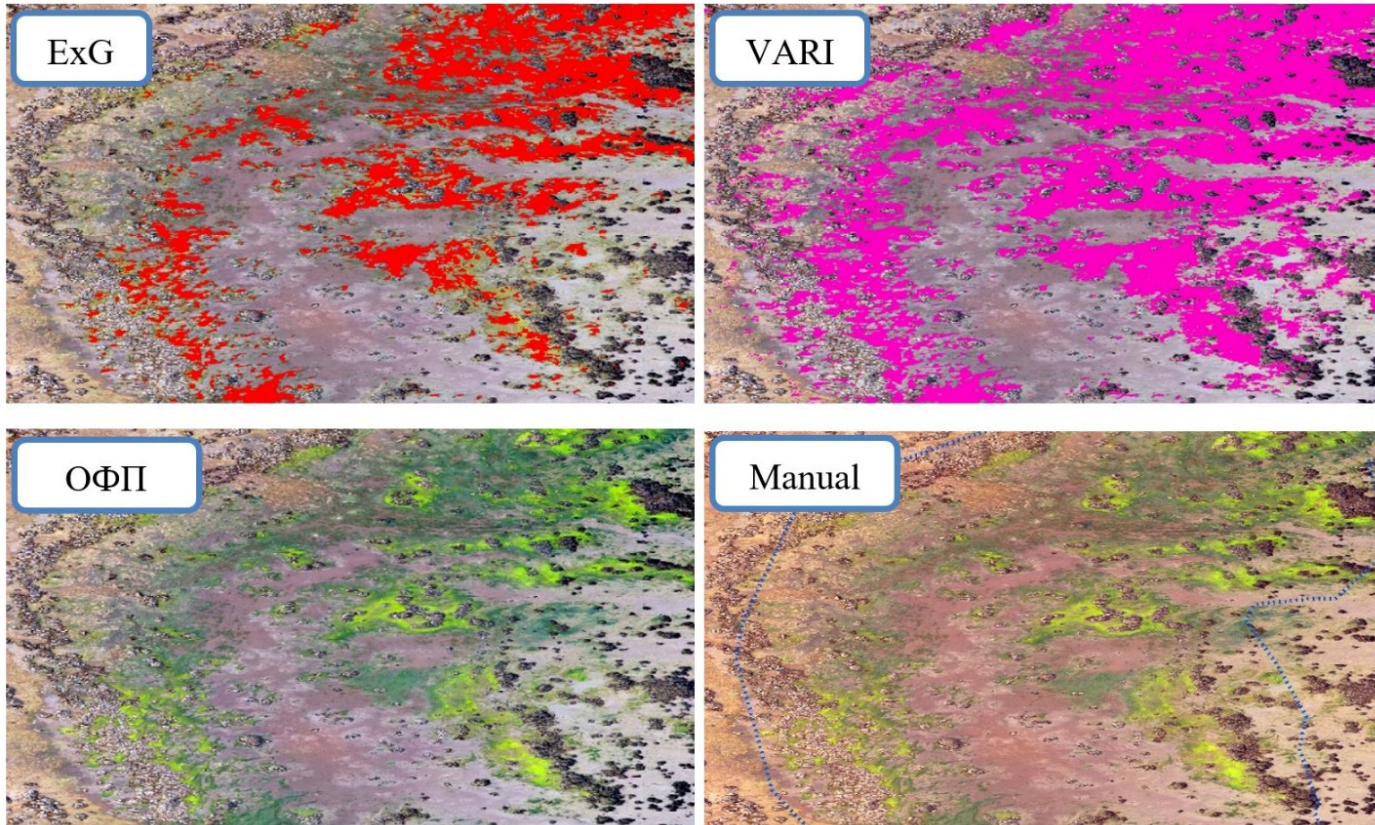
2022



2023



# Вегетационные индексы и их применение



Оценка площадей занятой водорослями при помощи разных вегетационных индексов

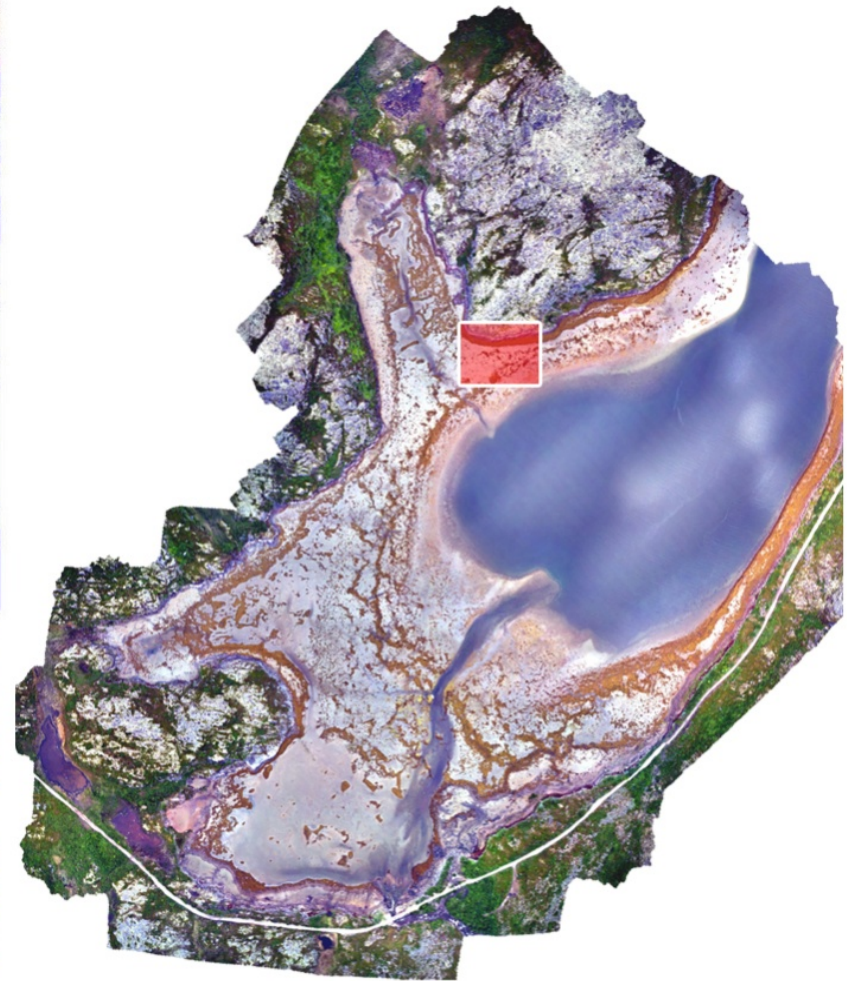
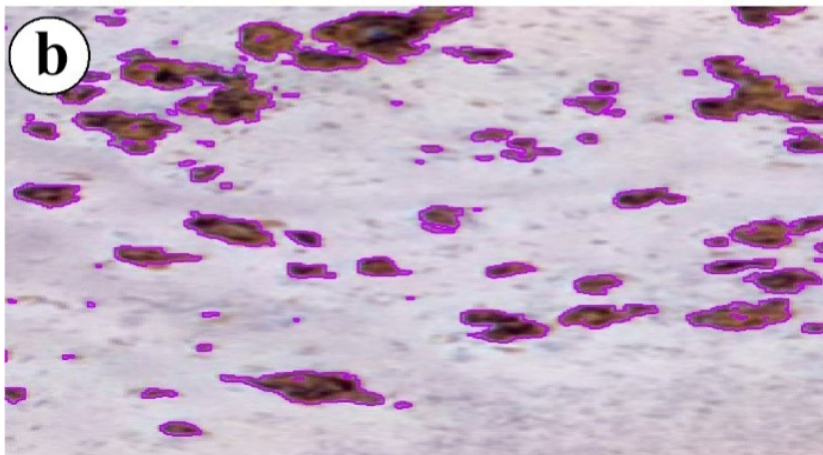
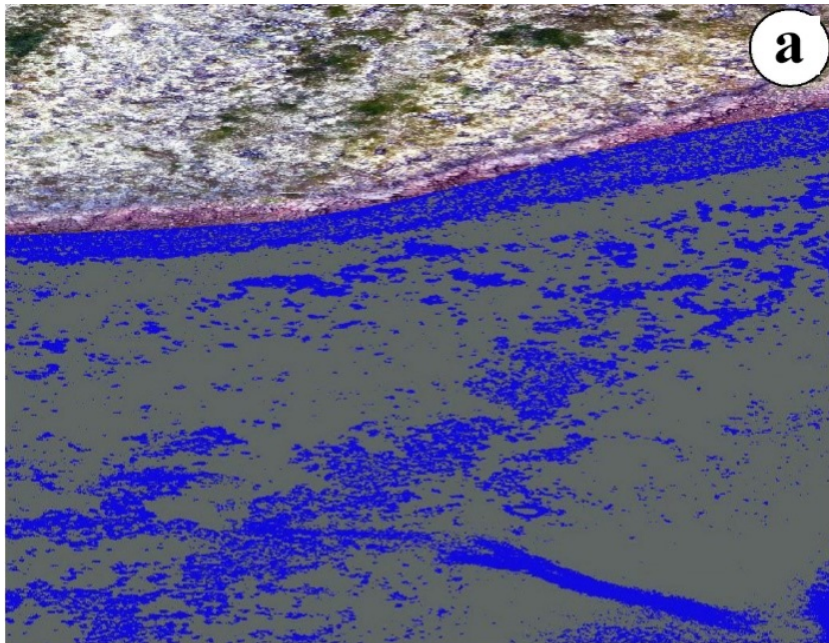
*ExG* - Excess Green

$$ExG = 2 \times \text{Green} - \text{Red} - \text{Blue}$$

*VARI* - Visible Atmospheric Resistant Index

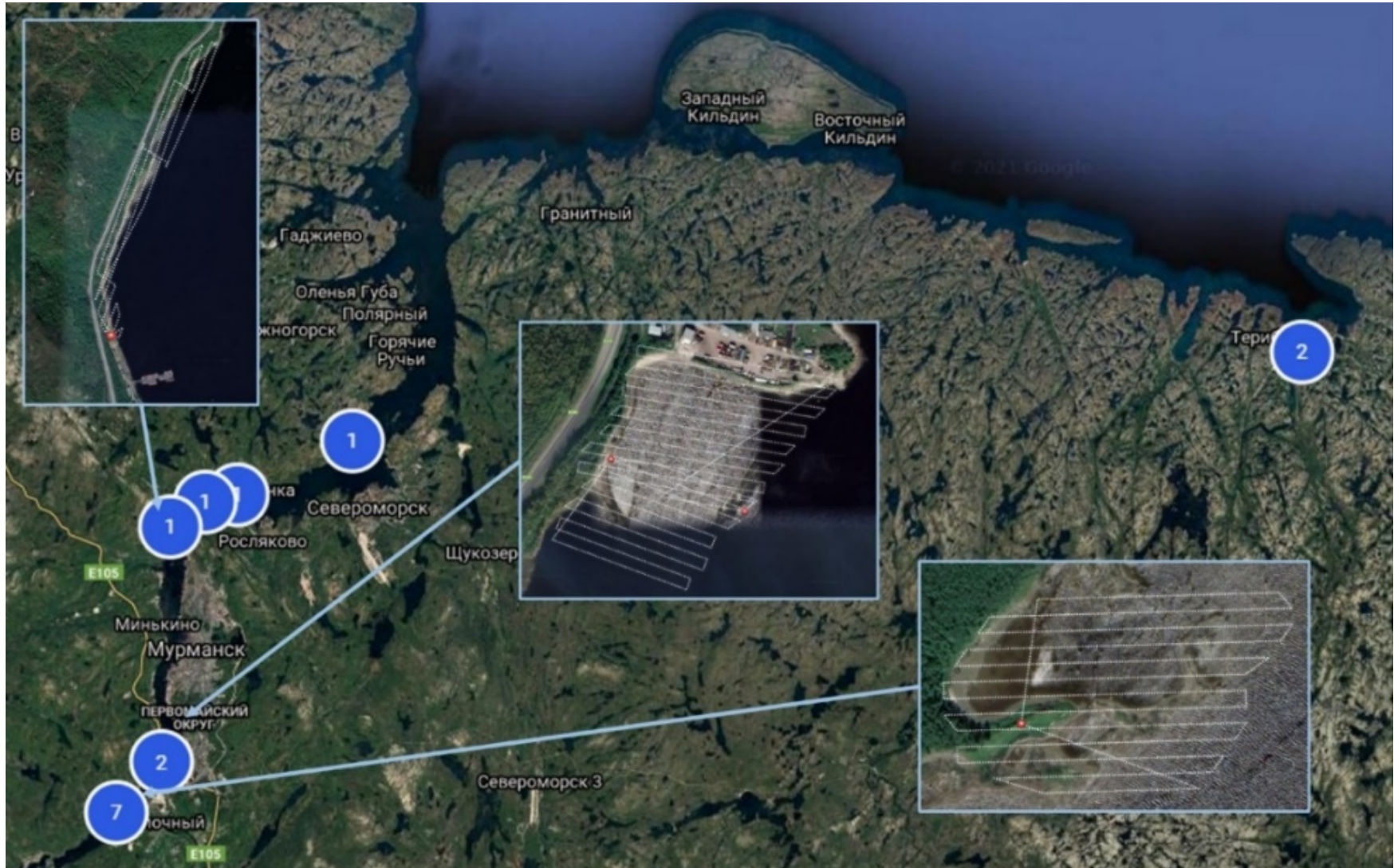
$$VARI = \frac{\text{Green} - \text{Red}}{\text{Green} + \text{Red} - \text{Blue}}$$

# Вегетационные индексы и их применение



Примеры результатов автоматической идентификации водорослей по ортофотоплану

# Районы аэрофотосъемки для карт ESI





## Заключение

Картирование экологической чувствительности (ESI) фундаментальный инструмент при ликвидации разливов нефти. Такие карты позволяют мгновенно определить наиболее уязвимые участки литорали, оценить риск загрязнения и подобрать оптимальные методы очистки.

Аэрофотосъёмка, в том числе с использованием БПЛА, обеспечивает субметровое пространственное разрешение и точную детальную характеристику морфологии береговой линии (тип субстрата, уклоны, геоморфология), что существенно повышает качество классификации по индексам ESI.



## Заключение

Вегетационные индексы (ExG, VARI, NDVI и др.) позволяют эффективно выполнять количественную оценку пространственного распределения и запасов водорослей на литорали.

Совместное применение аэрофотосъёмки высокого разрешения и вегетативных индексов делает возможным создание актуальных, высокодетализированных карт чувствительности, что повышает эффективность планирования и проведения мероприятий по быстрому реагированию и очистке нефтяных разливов в арктических литоральных зонах.