

Московский Государственный Университет
им. М.В.Ломоносова
Географический факультет
Кафедра картографии и геоинформатики

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

**"ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ
БАРЕНЦЕВА И ПЕЧОРСКОГО МОРЕЙ."**

Выполнила: студентка 5 курса
Леменкова П.

Научные руководители:
в.н.с. Суетова И.А.,
с.н.с. Ушакова Л.А.

Рецензент:

Москва - 2004

СОДЕРЖАНИЕ:

стр

Введение

Глава 1. Общие сведения о физико-географических особенностях Баренцева и Печорского морей

3

- 1.1. Территориальное расположение региона 3
- 1.2. Климатические особенности региона 4
 - 1.2.1. Атмосферный режим 4
 - 1.2.2. Ледовый режим. 4
 - 1.2.3. Основные рельефообразующие процессы 5
- 1.3. Гидрологический режим Баренцева моря 5
 - 1.3.1. Общие закономерности 5
 - 1.3.2. Региональные особенности 7
 - 1.3.3. Система приливных течений 8
 - 1.3.4. Волновые процессы 9
- 1.4. Природные ресурсы Баренцева моря 9

Глава 2. Экологическое загрязнение бассейна Баренцева и Печорского морей.

18

- 2.1. Источники загрязнения: характеристика и классификация 18
 - 2.1.1. Источники загрязнения экзогенного характера 19
 - а) провинции западно-арктического шельфа Баренцева моря: поступление терригенного материала 20
 - б) перенос контаминантов с речным стоком. 22
 - в) перенос загрязнителей с эоловыми потоками. 23
 - 2.1.2. Источники загрязнения эндогенного характера 24
 - 2.1.3. Источники загрязнения техногенного характера 24
 - а) загрязнение нефтеуглеводородами
 - б) загрязнение хлорорганическими соединениями
 - в) загрязнение техногенными радионуклидами
 - г) загрязнение тяжелыми металлами
- 2.2. Пути миграции и накопления загрязняющих веществ 34
 - 2.2.1. Границы разделов в структуре океана и активные поверхности 34
 - 2.2.2. Пути перехода загрязняющих веществ между средами различных поверхностей.

Глава 3. Методика составления карт с использованием ГИС-технологий и геоэкологический анализ составленных карт

- 3.1. Особенности геоэкологического картографирования
- 3.2. Источники и методика компьютерного составления геоэкологических карт Баренцева моря.
- 3.3. Источники и методика компьютерного составления геоэкологических карт Печорского моря.
- 3.4. Геоэкологический анализ составленных карт Баренцева и Печорского морей

Заключение

Список использованной литературы

В в е д е н и е

Целью настоящей дипломной работы является составление геоэкологических карт на акватории Баренцева и Печорского морей (которое является по сути юго-восточной частью Баренцева моря), отражающих взаимосвязи компонентов геосистем.

В рамках дипломной работы планируется:

1. подготовить необходимый исходный материал, картографические и литературные источники
2. оцифровать географическую основу и создать проект дипломной работы в ГИС-пакете ArcView 3.2a.
3. нанести тематические информационные слои в рабочий проект, которые должны отражать распределение отдельных компонентов природной среды по акватории и, соответственно, прилегающих частей суши (например, “типы поверхностных отложений”, “типы рельефа дна”, “распределение криолитозоны”, “направления течений”, и т.д.)
4. добавить в проект тематические информационные слои экологического содержания (например, “содержание Cs-137 в придонном слое вод”, “содержание ПХБ в донных осадках”, “распределение пестицидов в донных осадках” и т.д.)
5. составить серию аналитических карт, отражающих загрязнение акваторий по отдельным видам контаминантов (например, загрязнение акватории ПХБ, Cs-137, нефтяными углеводородами, тяжелыми металлами, пестицидами и т.д.) при этом на всех картах должны быть показаны природные условия изучаемого региона: геологические, климатические условия акватории и прибрежной территории, распространение криолитозоны (а в условиях полярного региона это условие особенно актуально), распределение температуры воды, общее геоморфологическое строение территории и т.д.
6. провести комплексное районирование территории по экологическому состоянию на основании анализа суммарного воздействия отдельных контаминантов, отдельных климатических, геоморфологических, геологических особенностей территории и т.д.
7. составить геоэкологические карты синтетического характера на основе анализа всех созданных предварительно тематических слоев (при этом показать процессы переноса вещества внутри объектов окружающей среды, взаимосвязи компонентов единой геосистемы, т.к. необходимо учитывать как отдельный их вклад на общее экологическое состояние экосистемы, так и их суммарное воздействие на экологическое состояние региона).

Глава 1.

Общие сведения о физико-географических особенностях Баренцева моря.

1.1. Территориальное расположение региона

Баренцево море расположено на шельфе Северного Ледовитого океана между северным побережьем Европы и тремя группами больших островов— архипелагами Новая Земля, Земля Франца-Иосифа и Шпицберген. Оно имеет естественные границы на юге и юго-востоке, в остальных частях ими служат условные линии. Западной границей является линия м. Нордкап — о-в Медвежий — м. Южный архипелага Шпицберген. Южная граница — побережье Северной Норвегии, Кольского п-ова и линия м. Святой Нос — м. Канин Нос, отделяющая Баренцево море от Белого. Восточной границей служит западное побережье о-ва Вайгач и архипелага Новая Земля, далее — линия м. Желания (Новая Земля) — м. Колзат (Земля Франца-Иосифа). На севере она проходит по северной окраине островов Земли Франца-Иосифа и от м. Мэри Хармсуорт (о-в Земли Александры) через о-ва Виктории и Белый к м. Ли-Смит, который расположен на о-ве Северо-восточная Земля архипелага Шпицберген. В этих границах море находится между параллелями $81^{\circ}52'$ и $66^{\circ}44'$ с.ш. и меридианами $16^{\circ}30'$ и $68^{\circ}44'$ в.д. Площадь зеркала моря равна 1417 тыс. км², объем 282,1 тыс. км³ [1].

Баренцево море — самое западное из морей Северного Ледовитого океана, омывающих берега России. Оно свободно сообщается с Норвежским и Гренландским морями, менее свободно — с Центральным Арктическим бассейном и Карским морем и плохо — с Белым морем. Ограниченное континентом только на юге и расположенное на североευропейской материковой отмели, Баренцево море относится к материковым окраинным морям. Расположенное за Полярным кругом, но непосредственно связанное с водами Северной Атлантики, оно имеет специфические климатические условия. При небольшой годовой амплитуде температуры воздуха Баренцеву морю свойственны продолжительная и сравнительно теплая для высоких широт зима, короткое и прохладное лето. Характерная особенность Баренцева моря состоит в том, что здесь относительно теплые воды, пришедшие из Северной Атлантики, вступают в контакт с холодными водами местного арктического происхождения [1].

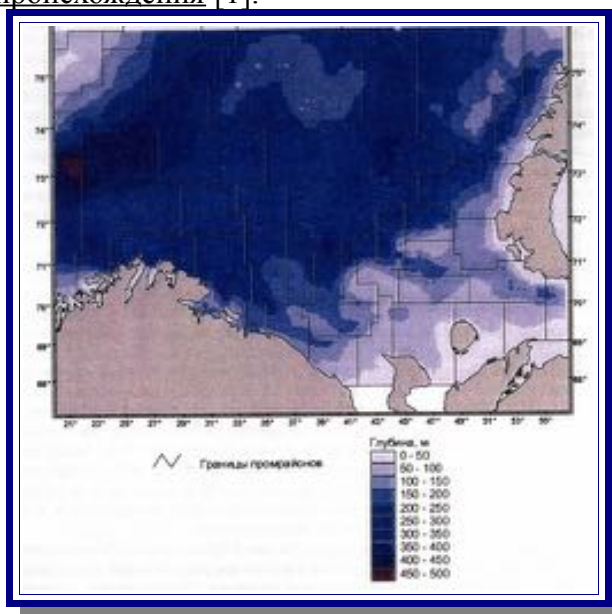


Рис.1. Распределение глубин в Баренцевом море (ММБИ, 1998)

1.2. Климатические особенности региона

1.2.1. Атмосферный режим

Природно-климатические условия Баренцево-Карского региона преимущественно определяются его приполюсным положением и отепляющим влиянием Северной Атлантики. Их взаимодействие инициирует большую изменчивость метеорологических параметров в течение года.

Распределение атмосферных осадков, как и другие климатические показатели, являются результатом сложного взаимодействия циркуляционных процессов. В зависимости от расположения и интенсивности проявления основных барических центров складываются основные синоптические ситуации. При этом для Баренцева моря характерно вторжение и распространение атлантических циклонов, что обуславливает здесь наибольшее в регионе количество атмосферных осадков. На побережье и континентальной суше климатические характеристики в значительной степени зависят от рельефа суши.

В северной части Баренцева моря господствуют арктические воздушные массы, а на юге — воздушные массы умеренных широт. В результате взаимодействия Исландского барического минимума, полярной области высокого давления и Сибирского барического максимума арктический воздух перемещается на юго-запад, а теплый умеренных широт — на северо-восток. На границе этих двух основных потоков образуется атмосферный арктический фронт, направленный от северной оконечности Новой Земли через острова Медвежий и Ян-Майен к Исландии. Зимой углубляется Исландский барический минимум и образуется Сибирский антициклон. В связи с этим, обостряется арктический фронт и над центральной частью Баренцева моря развивается интенсивная циклоническая деятельность. В этот сезон преобладают юго-западные ветры силой от 3—5 до 7-8 баллов. Над материковым же побережьем преобладают ветры северных направлений (85%) и подчиненно южных. [1].

В зимний период температура приземного горизонта над морем имеет отрицательные значения. Среднемесячная температура самого холодного месяца (марта) на Шпицбергене — -22° , в западной и центральной частях моря — $-2,4^{\circ}$, на востоке (о-в Колгуев) — -4° , в юго-восточной части — -7°C . Весной размер ложбины пониженного давления, отходящей на северо-восток от Исландского минимума, сокращается. Полярный барический максимум перемещается к полюсу, и начинает разрушаться Сибирский антициклон. В большинстве районов стоит пасмурная погода с сильными — 6—7 баллов — переменными ветрами со снегом и дождем. У южных берегов Шпицбергена среднемесячная температура в мае — -4° , у Мурманского побережья — $+0,2^{\circ}\text{C}$. Летом над Баренцевым морем формируется устойчивый антициклон, устанавливается пасмурная погода с северо-восточными ветрами. В самые теплые месяцы (июль и август) температура воздуха на западе и в центральной части моря равна $+8^{\circ}$ - $+9^{\circ}$, в юго-восточном районе около $+7^{\circ}$, а на севере $+4^{\circ}$ — $+6^{\circ}$ [1].

1.2.2. Ледовый режим.

Ледовый режим играет весьма важную роль и в значительной степени определяет особенности седиментации и рельефообразования в арктических морях. Обширные ледовые поля, дрейфующие льдины, не разрушающиеся в течение большей части года, сдерживают развитие волновых процессов. Этот процесс в прибрежной зоне приводит к формированию аномального выположенного профиля подводного берегового склона и к распространению не характерных для внутреннего шельфа тонкодисперсных осадков. В то же время, ледовый покров способствует лучшей сохранности древних (реликтовых) форм рельефа, а также

переносу материала параллельно бровке шельфа и его выносу за его пределы. Ледовый фактор, ограничивая длительность и интенсивность волнового воздействия на берег, способствует замедлению абразионно-аккумулятивных процессов примерно в 3—4 раза для Субарктики и в 7—10 раз для Арктики, снижая суммарный литодинамический эффект волнения и скорость развития берега.

1.2.3. Основные рельефообразующие процессы

Климатические условия определяют характер проявления экзогенных процессов рельефообразования, **господство физического выветривания** и специфику поступления материала прибрежной суши. Растрескивание пород при морозном выветривании приводит к формированию щебнисто-глыбового элювия, который облекает водоразделы и склоны грубообломочным материалом.

В полярных областях, где господствуют отрицательные среднегодовые температуры, огромное влияние на процессы современного рельефообразования приобретает ледовый режим, процессы морозного выветривания, солифлюкции и термической абразии.

Морозное выветривание является определяющим процессом при формировании денудационных берегов. Их современная деструкция связана с резкими колебаниями температур периодическим увлажнением пород разного литологического состава. Таким образом, морозное выветривание является важнейшим фактором, обуславливающим мобилизацию, перемещение и поступление осадочного материала на побережье и более низкие гипсометрические уровни шельфа.

Кроме этого, преобразование исходного материала определяется распространением **многолетней мерзлоты**. Роль грунтовых вод в этих условиях оказывается ничтожной. Вынос глинистых и растворенных веществ возможен только поверхностными водами издеятельного слоя почвы в период его оттаивания. Толщи пород, лежащие ниже деятельного слоя, законсервированы льдом, и процессы выветривания в них практически не развиваются. В условиях сезонного оттаивания на склонах происходит солифлюкционное сползание водонасыщенного материала [4]. **Наличие многолетней мерзлоты, избыточное увлажнение деятельного слоя, его низкая температура и длительный период замерзания** замедляют в полярной зоне течение химических и биохимических почвообразовательных процессов. Поэтому на долю продуктов химического выветривания приходится всего 1—3% всей массы морозного элювия [5]. В условиях мерзлоты происходит образование разжиженного глеевого горизонта почвы, который легко размывается и является источником поступления в водоемы тонких глинистых продуктов.

Т.о., в береговую зону привносится резко разнородный материал:

- грубообломочный
- глинистого состава.

1.3. Гидрологический режим Баренцева моря

1.3.1. Общие закономерности

Изучение гидрологического режима акватории является одним из важнейших аспектов. В первую очередь это связано с необходимостью анализа циркуляции и взаимодействия арктических и атлантических вод, изучением барьерных зон в толще воды (механических, гидродинамических, физико-химических, биогеохимических), оценке их влияния на транспортировку и накопление ЗВ. Для исследования последнего важным является анализ концентрации и распределения взвешенного вещества различного генезиса.

Гидрологический режим западной Арктики формируется в значительной степени при взаимодействии теплых атлантических водных масс и холодных вод центрального бассейна Северного Ледовитого Океана. В циркуляции вод большую роль играют **течения системы Гольфстрим - Северо-Атлантическое, Норвежское, Нордкапское и Западно-Шпицбергенское**. Теплые и соленые атлантические воды проникают как в центральный бассейн к северу от Шпицбергена, образуя теплый слой на глубинах 200—600 м, так и в восточную часть Баренцева моря, определяя значительно менее суровый климат данного района, по сравнению с климатом восточной Арктики.

Расположение Баренцева моря между Атлантическим океаном и Арктическим бассейном Северного Ледовитого Океана обуславливает особенности его гидрологического режима. С запада между о. Медвежий и м. Нордкап проходит ветвь Гольфстрима — Нордкапское течение. Направляясь на восток, оно дает ряд ответвлений, следующих согласно рельефу дна. Хорошая изоляция от ледяных массивов Арктического бассейна и Карского моря имеет особое значение для гидрологического режима Баренцева моря. Его южная часть не замерзает. Кромка плавучих льдов проходит в 400—500 км от южного побережья. Только восточнее Кольского п-ова она примыкает к южному берегу. В самые холодные годы плавучие льды сохраняются в средней и северной частях моря и у Новой Земли.

Температура атлантических вод равна 4-12°C, соленость примерно 35 ‰. При перемещении на восток и север атлантические воды охлаждаются и смешиваются с местными. Соленость поверхностного слоя снижается лишь до 32—33‰ (малый речной сток и хорошая связь с океаном), а температура у дна может уменьшаться до -1.9°C. Незначительные потоки атлантических вод через глубокие проливы между островами проникают в Баренцево море из Арктического бассейна. Адвекция холода из Арктического бассейна в поверхностном слое обеспечивается поступлением полярных вод. Отток вод из Баренцева моря максимален к югу от о. Медвежий. Воды Баренцева моря в результате интенсивного перемешивания, вызванного температурными изменениями, хорошо аэрированы. Летом поверхностные воды перенасыщены кислородом благодаря наличию фитопланктона. Даже зимой в наиболее застойных участках у дна наблюдается насыщение кислородом не ниже 70—78%. На стыке холодных арктических и теплых атлантических вод, в районе Полярной фронтальной зоны, в областях апвеллинга содержание биогенных элементов (фосфора, азота и др.) повышенное.

Максимальные приливы отмечены у м. Нордкап (до 4 м), в Горле Белого моря (до 7 м) и в фьордах Мурманского побережья; далее к северу и востоку величина приливов уменьшается до 1.5 м у Шпицбергена и до 0.8 м вблизи Новой Земли. Хорошая изоляция от ледяных массивов Арктического бассейна и Карского моря имеет особое значение для гидрологического режима Баренцева моря. Его южная часть не замерзает. Кромка плавучих льдов проходит в 400—500 км от южного побережья. Только восточнее Кольского п-ова она примыкает к южному берегу. В самые холодные годы плавучие льды сохраняются в средней и северной частях моря и у Новой Земли. [2]

Наиболее теплые — прозрачные синие воды Атлантического океана с температурой +4 — +12°C и соленостью около 35‰, поступают с Нордкапской ветвью течения. В районе 25° в.д. это течение разделяется на Прибрежное и Северное, которое отклоняется к юго-востоку и уходит в Белое море, а другая часть следует на северо-восток, образуя Мурманское течение. В районе Севере-Канинской банки образуется Колгуево-Печорская ветвь течения, которая уходит в Печорское море. Основная же масса Северной ветви Нордкапского течения поворачивает на запад и юго-запад, хотя частично (в районе 73° с.ш. и 30° в.д.) имеет северо-восточное направление, где включается в циклонический круговорот. Из-за большого притока теплых атлантических вод Баренцево море — одно из самых теплых в Северном Ледовитом океане. Большая часть тепла Нордкапского течения (около 89%) расходуется на нагрев атмосферы, благодаря чему над Норвежским и Баренцевым морями создаются положительные аномалии температуры. В результате тепло- и массообмена между океаном и атмосферой происходит пополнение энергией атмосферных циклонов, создаются условия, препятствующие замерзанию вод и формируются системы циркуляции открытого океана. Объем поступающих атлантических вод оценивается в 50—75 тыс. км. в год.

Холодные течения расположены вдоль возвышенности Персея (с востока на запад), которое в районе о-ва Надежды [2].

При схождении теплых и холодных течений образуется Северо-Атлантический полярный гидрологический фронт, воды которого в большей мере обогащены кислородом, способствующим росту биопродуктивности в этой зоне. Полярные фронты океана, являясь климатическими образованиями глобального масштаба, имеют много общих черт. В Северной Атлантике и прилегающих Баффиновом, Норвежском, Гренландском и Баренцевом морях происходит сложное взаимодействие сравнительно соленых (35-36‰) и теплых (18-20°C) водных масс Северо-Атлантического течения (Гольфстрим) с более холодными (менее 5-10°C) и распресненными арктическими и субарктическими водами различного происхождения. Вертикальное распределение температуры водной толщи почти всецело зависит от проникновения теплых атлантических вод, от зимнего охлаждения и от рельефа дна. В юго-восточной части, наиболее подверженной влиянию атлантических вод, температура плавно понижается с глубиной, оставаясь положительной до дна. На севере, востоке и юго-востоке влияние атлантических вод резко падает. Пришедшие в эти районы атлантические массы охлаждаются и в течение всего года сохраняют отрицательную температуру от поверхности до дна. Таким образом, в Баренцевом море происходит значительная переработка атлантических водных масс более холодными, местными.

Отличительной особенностью полярных вод является сезонный термоклин. Как правило, он образуется весной и летом на глубинах 50-100 м, а разрушается осенью и зимой в результате охлаждения поверхностных слоев океана на фоне сильных ветров. Важным условием возникновения весеннего термоклина служит пресный слой поверхностных вод у кромки льдов и в зоне стока талых вод побережья, который обеспечивает первоначальный перепад плотности.

Выделяют следующие баренцевоморские **фронтальные зоны** [3]:

- **полярную (главную)** — на стыке атлантической и арктической поверхностных водных масс (на горизонтах от 0 до 70—80 м), Нордкапского течения и Медвежинского течения;
- **прибрежную**, которая зимой по свойствам приближается к главной полярной фронтальной зоне;
- **приливную на мелководьях**;
- **летнюю прикромочную** в полосе разрушения плавучих льдов.

Кроме этого, существуют **фронтальные зоны** [3]:

1. **сезонный слой скачка**, существующий почти на всей акватории моря в теплую часть года на глубинах от 20 (весной) до 70 м (осенью);
2. **промежуточная**, имеющая различное происхождение;
3. **глубинная**, которая ограничивает сверху баренцевоморские воды, стекающие по желобам в сопредельные глубоководные бассейны центральной части моря;
4. **придонная**, отделяющая воды дна Центральной впадины Баренцева моря.

1.3.2. Региональные особенности

В южной части региона, на мелководье острова Колгуев доминируют однородные, хорошо перемешанные по вертикали теплые и высокосоленные воды, характерные для стрежня Нордкапской ветви Норвежского течения. Количество взвешенного вещества на 20—25% меньше, чем у Мурманского побережья и у п-ова Канин.

Формирование особенностей водных масс **центральной части Баренцева моря** происходит при контакте и взаимодействии атлантических вод (северная периферия Нордкапской ветви) и вод Северного Ледовитого Океана. Атлантические воды распространяются в поверхностном 200—250-метровом слое и характеризуются исключительно положительными значениями температуры (в среднем от 3—8°C на поверхности до 0.0 — 0.5°C на нижней границе) и соленостью 34.88-35.30‰. Не испытывая влияния берегового стока, воды Баренцева моря малоконтрастны по солености. По этому параметру они уступают только водам Центральной ветви Норвежского течения.

Основной вклад в режим океана в **Северо-восточную часть Баренцева моря (между Землей Франца-Иосифа и Новой Землей)** вносит горизонтальная адвекция свойств атлантической поверхностной водной массы и водных масс центрального бассейна Северного Ледовитого Океана. У северной оконечности Новой Земли водообмен между Баренцевым морем и Северным Ледовитым Океаном несколько отличается от описанного выше: в поверхностном 100-метровом слое осуществляется перенос тепла в генеральном направлении на север, а ниже горизонта 150 м наблюдается вынос холода на юг. Для всего описываемого района характерно повышенное содержание взвешенного вещества во всей водной толще. Вертикальное распределение взвеси аналогично таковому для основной части акватории Баренцева моря.

В западной части региона, к югу от о. Западный Шпицберген и о. Эдж расположена зона взаимодействия атлантических и арктических вод с присущими для нее нестационарностью и пространственной неоднородностью процессов обмена свойствами. Сохраняется общая тенденция уменьшения тепло- и солесодержания водных масс при движении на восток. В этом же направлении происходит увеличение взвешенного вещества.

Для западной части Баренцева моря характерно существование двух областей опреснения: вокруг о-ва Медвежий, где наблюдается вторжение арктических вод, и вблизи норвежского побережья, где существенна величина берегового стока [6].

В целом, циркуляция вод определяется взаимодействием основных двух противоположно направленных потоков — атлантического и арктического. Основная масса теплых вод в Баренцево море поступает с Северо-Атлантическим течением — продолжением Гольфстрима, и его ответвлениями Нордкапским и Западно-Шпицбергенским. Воды Гольфстрима обнаруживаются у Шпицбергена, Новой Земли, вблизи Северного полюса и других районах, определяя таким образом гидрологический режим Северо-Европейского бассейна [7].

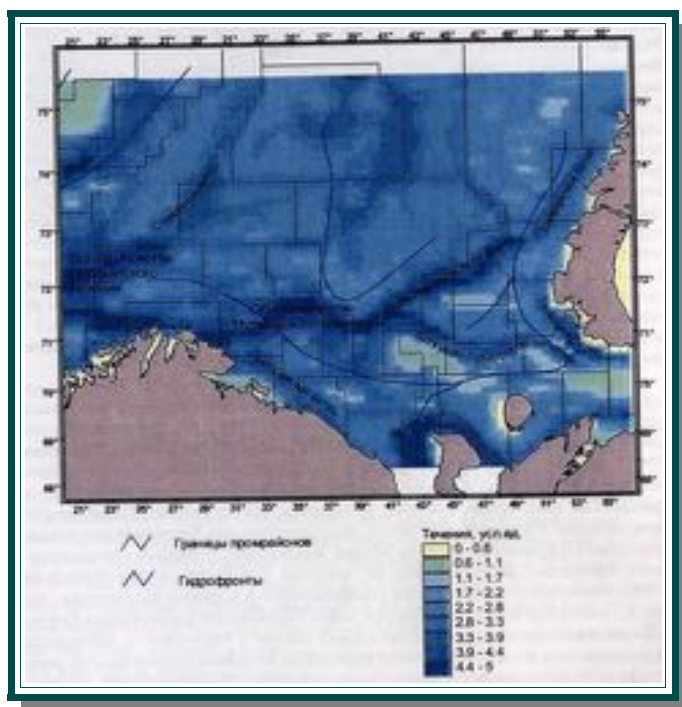


Рис. 2

Направление основных течений в Баренцевом море (ММБИ, 1998)

1.3.3. Система приливных течений

Приливы в Баренцевом море вызываются главным образом атлантической приливной волной, которая движется на восток до Новой Земли. Западнее Маточкина Шара она поворачивает на северо-восток и частично на юго-восток. На северные районы оказывает

влияние приливная волна, приходящая из Северного Ледовитого океана. Вследствие этого, у северо-восточных берегов Шпицбергена и у Земли Франца-Иосифа происходит интерференция атлантической и северной приливной волны.

Приливо-отливные колебания в Баренцевом море носят правильный полусуточный характер. Наиболее сильные приливные течения отмечаются вдоль Мурманского берега, при входе в воронку Белого моря, на Канинском мелководье и Южно-Шпицбергенском мелководье. У берегов мурманского побережья высота подъема уровня моря при приливе достигает 6 м, у берегов Шпицбергена — 1—2 м, а у южных берегов Земли Франца-Иосифа — 0,4—0,5 м. Подобная дифференциация объясняется рельефом дна, морфологией береговой линии и интерференцией приливных волн. К востоку и северу от Кольского полуострова высота приливов уменьшается. Некоторые узкие заливы и фиорды не успевают наполняться приливной водой или освободиться от нее, в результате чего создается перепад уровней и возникают стремительные течения.

К устью Печоры приливная волна подходит с запада и распространяется вдоль Гуляевских Кошек. Приливные течения определяют водообмен Печорской губы с морем. Максимальные приливо-отливные скорости течения воды через проливы в цепи Гуляевских Кошек достигают 2 м/с.

1.3.4. Волновые процессы

Одним из основных энергетических факторов, влияющих на формирование береговой зоны как в прошлом, так и в настоящее время, является волнение. Аномальные штормовые явления чрезвычайно опасны и могут вызвать мгновенную революционную перестройку рельефа прибрежного мелководья и берегов. Например, в море Бофорта 13 сентября 1970 г. шторм со скоростью западного ветра в 100 м/с вызвал на побережье нагон более 3 м (при нормальном приливе около 15 см), были затоплены барьерные острова при обычных условиях возвышающиеся на 1,0—1,5 м над уровнем моря, и вся поверхность внутреннего шельфа, включая берега, была преобразована волновыми абразионными процессами.

На Баренцевом море, в отличие от других арктических морей, в течение всего года сохраняются обширные, свободные ото льда пространства, что в сочетании с активной циклонической деятельностью приводит к **высокой повторяемости волнового волнения**. В зимнее время при устойчивых западных ветрах максимальная высота волн в центральной части моря может достигать 10—11 м. Вблизи побережья наиболее сильные штормовые волнения связаны с северными и северо-западными ветрами. Высота волн в эти периоды достигает 8 м.

Повышение штормовой активности с востока на запад объясняется более высокой повторяемостью штормового ветра в западных районах и наличием ледяного покрова, ограничивающего разгоны штормового волнения, на востоке. Так, средние штормовые сезонные высоты волн, полученные из выборки судовых данных, зимой обычно составляют 7—9 м и летом 5—6 м. Вместе с тем, случаются и чрезвычайно сильные штормы, в том числе и в восточных районах. Довольно сильное волнение наблюдается в Печорской губе, при этом мутность воды может повышаться до 150—200 г/м³ при обычных значениях 50–80 г/м³[8].

Преобладающими типами волнения в Баренцевом море являются ветровое и смешанное, возникающее вследствие изменений направления ветра при быстром перемещении

1.4. Природные ресурсы Баренцева моря

Баренцево море — самая высокопродуктивная акватория на севере России. Существование богатой жизни в Баренцевом море обусловливается активным световым режимом полярного лета, выгодными особенностями географического положения района и проникновением в высокие широты мощных струй теплых вод Северо-Атлантического течения. В связи с климатической зональностью, биологические и океанологические процессы в море имеют четко выраженную сезонную цикличность. Чем дальше на восток,

тем меньше чувствуется влияние атлантических вод и качественно бедней становится флора и фауна шельфа.

Бентос Баренцева моря отличается чрезвычайно большим разнообразием (свыше 1500 видов) и обилием (в основном это моллюски, полихеты, иглокожие, ракообразные, губки, асцидии и т.д.) Дно Баренцева моря заселено очень неравномерно; основные факторы расселения – количественное распределение в водоеме питательных веществ, газовый режим и температура воды. Наибольшее разнообразие бентоса и наибольшие значения количества его биомассы – в шельфовой зоне, на мелководьях и твердых грунтах Кольского полуострова, наименьшее – в глубоководной юго-западной части Баренцева моря (см. рис.3) [9].

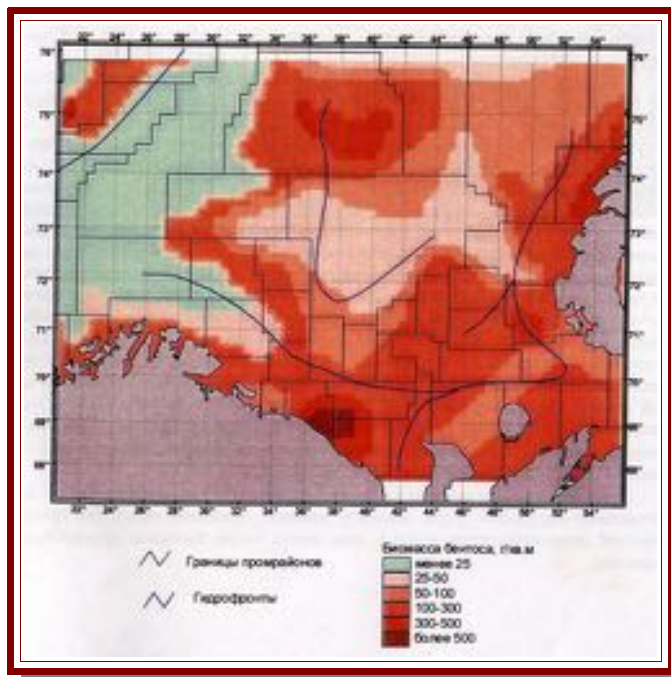


Рис. 3.

Распределение суммарной биомассы бентоса в Баренцевом море (ММБИ, 1998)

Биомасса **зоопланктона** распределена неравномерно, т.к. местоположение скоплений видов в основном зависит от степени проникновения на восток теплых атлантических вод и их взаимодействия с холодными арктическими водами (см. рис. 1.4)

Как показано на рис.4, количество зоопланктона увеличивается по направлению на восток до 45° в.д., где влияние теплых атлантических вод ослабевает и начинают доминировать холодные арктические воды. Т.е., наиболее богатые зоопланктоном области приурочены как раз к зоне намеченных разработок месторождений углеводородов (40-45° в.д), район Штокмановского газоконденсатного месторождения [9].

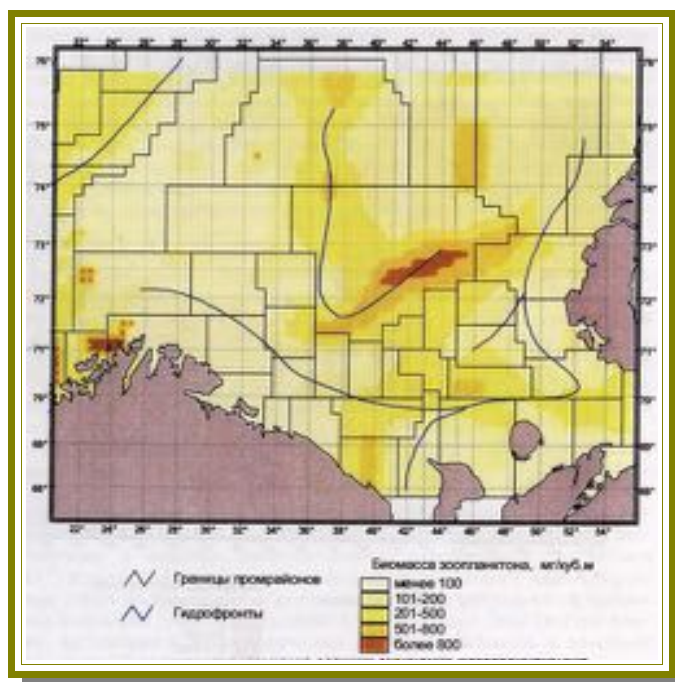


Рис. 4.

Расположение летне-осенних скоплений мезозоопланктона в Баренцевом море

Места массовых скоплений зоопланктона – северо-западные и юго-восточные мелководья с глубинами 100-200м. Обильные скопления зоопланктона приурочены к распространению однородных водных масс; наоборот, на участках с разными водными массами количество организмов значительно меньше.

Наиболее изученная и важная из всех промысловых баренцевоморских рыб – **треска**. Основная часть ее ареала находится в Баренцевом море, система течений которого оказывает определяющее влияние на биологию рыбы. Жизненный цикл баренцевоморской трески непосредственно связан с течениями теплых и соленых атлантических вод. Поэтому северная граница распространения рыбы – зона полярного фронта, область смешения атлантических вод с арктическими (до 80°с.ш. К северу от западного Шпицбергена).

На остальной акватории четко видно ее смещение к северу или к югу. Обширность ареала определяется в первую очередь системой течений.

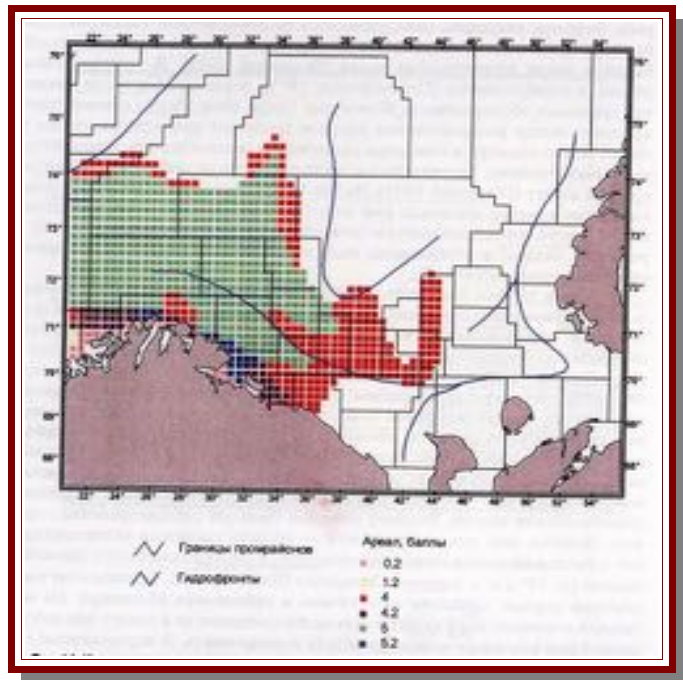


Рис. 5.
Распространение трески, пикши и сайры в Баренцевом море (ММБИ, 1998)

Нерестилища трески расположены в основном у северо-западного побережья Норвегии, возле побережья Кольского полуострова.

Распределение трески показано на рис. 1.4. Вылов трески в нашей стране осуществлялся преимущественно в южной части Баренцева моря, на Нордкинской банке и в Медвежинско-Шпицбергенском районе [10] (см. рис. 6.).

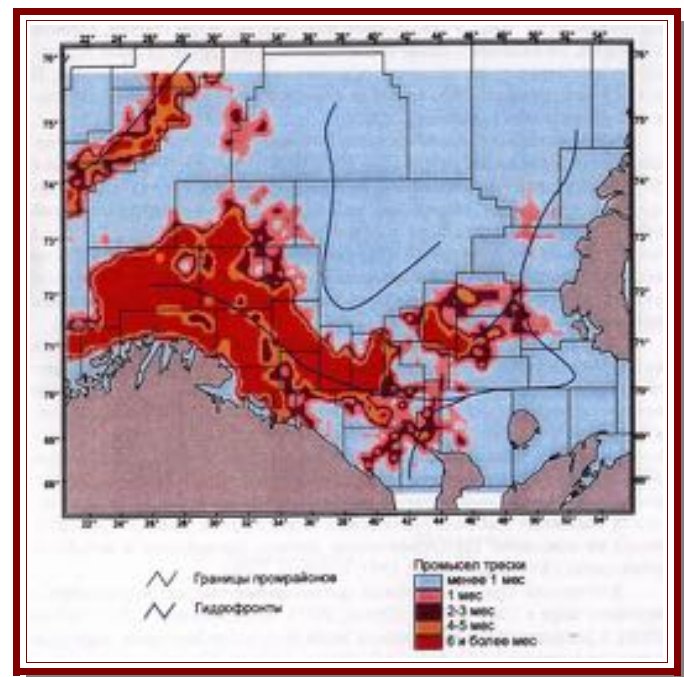


Рис. 6.
Динамика отечественного промысла трески в Баренцевом море в 1989–1994г.г. (ММБИ, 1998)

Креветка – один из традиционных массовых видов промысловых беспозвоночных, обитающих в умеренных водах Северного полушария. Основные места местообитания креветки – грунт и придонные слои. Промысловые скопления формируются на ровных участках рельефа вдоль подводных долин, оснований желобов, подводных каньонов, на ровных склонах мелководных банок. На рис.7. показано распределение общего объема вылова северной креветки в Баренцевом море за 1990–1999г.г [11].

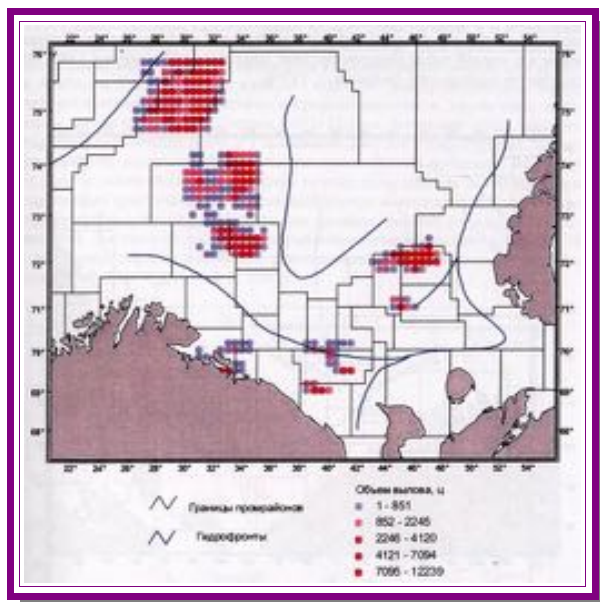


Рис.7.
Распространение суммарного вылова креветки по промысловым квадратам (1990–1999г.г.) в Баренцевом море (ММБИ, 1998)

Ареал **сельди** в Баренцевом море определяется направлением Нордкапского течения и отдельных его ветвей, а также от урожайности поколений. Как правило для сельди характерно распространение от Шпицбергена до Новой Земли. По мере созревания сельдь мигрирует на запад моря и затем ее жизненный цикл проходит на акватории Норвежского моря. Обычный ареал чешско-печорской сельди – юго-восточная часть Баренцева моря (Печорское море), заходит он также в южную часть Карского моря [11]. На севере ее ареал ограничен параллелью 72°с.ш., на западе – меридианом 43°в.д. (см. рис. 8.)

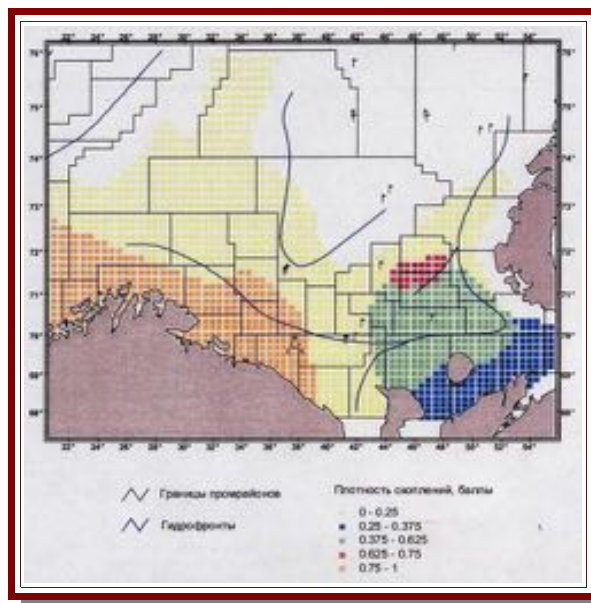


Рис.8.
Ареал и плотность скоплений сельди в Баренцевом море (ММБИ, 1998)

В экосистеме Баренцева моря и в системе его пищевых цепей важную роль играет **мойва** как главный пищевой объект трески, млекопитающих и птиц(она имеет также и важное промысловое значение. Ареал баренцевоморской мойвы (см. рис.9.) в основном определяется протяженностью ее нагульных миграций, которые, в свою очередь, зависят от температурных условий [11]. Основные широты обитания рыбы – 72°30'с.ш. – 79°30'с.ш.

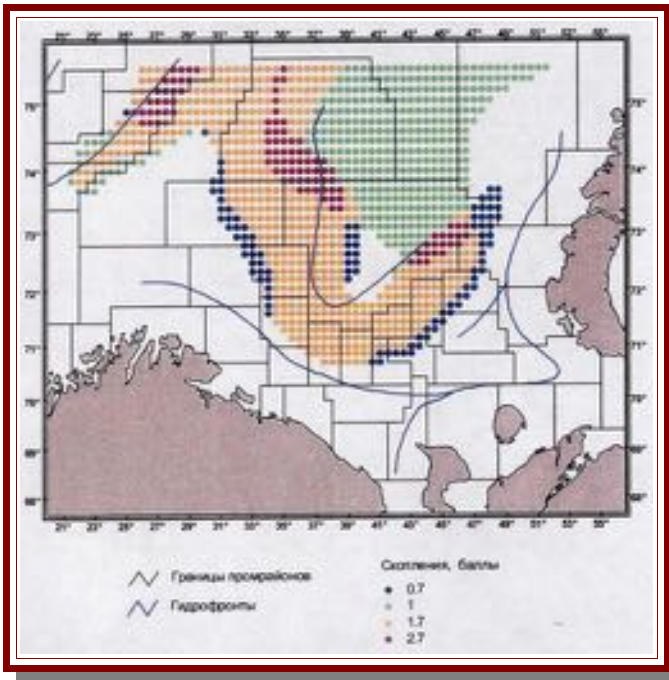


Рис. 9.
Скопления мойвы в Баренцевом море в теплые годы (ММБИ, 1998)

В Баренцевом море **сайка** многочисленна в восточных районах у Новой Земли и о-ва Колгуев, значительные скопления – у Западного Шпицбергена. Районы распределения сайки и изменение ее биологических характеристик в основном зависят от гидрологических условий. Т.к. сайка относится к числу наиболее холодолюбивых рыб семейства тресковых, она предпочитает низкую температуру, что наглядно отражается в рисунке своеобразного ареала ее обитания, который ограничивается зоной смешения теплых атлантических и холодных арктических вод [12]. (см. рис. 10)

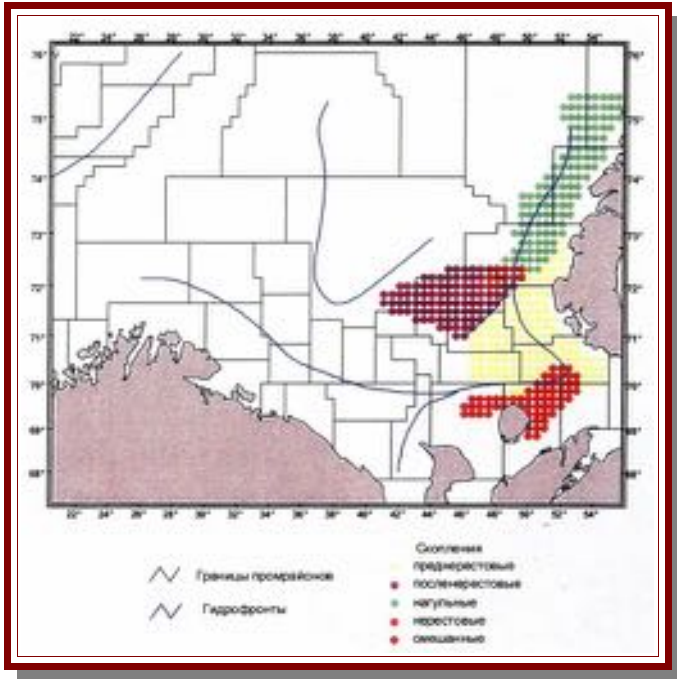


Рис. 10.
Распределение скоплений сайки в Баренцевом море (ММБИ, 1998)

В экологической системе в различных пространственно-временных масштабах осуществляются связи между живыми и неживыми компонентами. Баренцево море, как и любой другой водоем, представляет собой **многокомпонентную функционирующую систему живой и неживой природы**, включающую в себя седиментационные и геохимические, гидрологические и гидрохимические процессы, первичную продукцию, вторичную продукцию зоопланктона и зообентоса (основные регуляторы динамики продуцентов), рыб, птиц и млекопитающих (см. рис.11). Интегрирующим фактором, объединяющим все звенья цепи в единую целостную систему, является биогеохимический круговорот вещества и энергии.



Рис. 11

Глава 2.

Экологическое загрязнение бассейнов Баренцева и Печорского морей.

2.1. Источники загрязнения: характеристика и классификация

Классификация источников поступления загрязняющих веществ в морские экосистемы.

В настоящее время существует несколько подходов к классификации источников поступления загрязняющих веществ в морские экосистемы.

Принято разделять загрязняющие вещества, поступающие в экосистемы, по основным путям их поступления на:

1. Экзогенного характера
2. Эндогенного характера
3. Техногенного характера

Выделяют три группы источников поступления загрязняющих веществ:

- *экзогенную* (подробно исследован как для всего шельфа в целом, так и для арктической его части).
- *эндогенную*, (для шельфовых областей пока слабо изучен)
- *техногенную* (связан с индустриальной деятельностью непосредственно на морских акваториях, включая морской транспорт, разработку подводных месторождений, захоронение вредных веществ (дампинг), сброс бытовых и промышленных отходов, рыболовство (траление) [5].

Загрязняющие вещества, формирующие загрязнение морских акваторий, можно разделить на две группы:

- природные элементы, которые являются неотъемлемой составляющей всех природных объектов
(тяжелые металлы, нефтяные углеводороды (НУ), полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), фенолы, естественные радионуклиды. Их можно отнести к загрязняющим веществам (ЗВ) только в том случае, когда их накопление приводит к негативному воздействию на экосистему.)
- соединения, не характерные для геологических объектов.
(Хлорорганические соединения (полихлорбифенилы — ПХБ, пестициды, дибензодиксины, полихлордибензодиоксины — ПХДЦ, полихлордибензофураны — ПХДФ, полихлоркамфены и др.), фенолы, ПАУ, искусственные радионуклиды и пр.)

В качестве основных природных источников поступления металлов в атмосферу выделяют почвенное **выветривание**, **вулканическая деятельность**, **метаболизм высших растений** и, в незначительной степени, сами **морские акватории**. Однако в настоящее время существенно возрастает роль **антропогенного влияния** на химический состав атмосферы.

2.1.1. Источники загрязнения экзогенного характера.

Группа экзогенных источников в основном формирует облик шельфа Мирового океана под воздействием современных различных экзогенных процессов. В этих процессах принимают активное участие загрязняющие вещества, как неотъемлемая часть терригенной составляющей (во взвешенной, коллоидной и растворенной формах) осадочного вещества. Экзогенные источники подразделяются на:

- *речной сток,*
- *эоловый снос,*
- *волновую абразию,*
- *ледниковый, ледовый и айсберговые разносы.*

На сегодняшний день наиболее полно оценены массы поступления терригенного материала на глобальном уровне, характеризующем общий объем сноса терригенного материала в океаны (22.1—22.6 млрд т/год), региональном, учитывающем объем поступления вещества в отдельных частях акваторий, и локальном уровне, фиксирующем объемы вещества для конкретных речных систем. Общая оценка объемов поступления терригенного материала от различных экзогенных источников для всего Мирового океана приведена в таблице 1.

Таблица 1.

Объемы поступления терригенного материала в Мировой океан из различных источников
[2]

Источники поступления	Объемы поступления, млрд. т/год	Объемы поступления, %
Речной сток	18.5	57.8
Волновая абразия	10.0	31.2
Эоловый снос	2.0	6.3
Ледниково-ледовый перенос	1.5	4.4

Около 80% речных выносов составляют твердые частицы, а остальные 20% — растворенные вещества. При этом 80% всей массы осадочного материала накапливается на континентальных окраинах шельфа [16].

а) Провинции западно-арктического шельфа Баренцева моря: поступление терригенного материала

Питающие провинции западно-арктического шельфа.

Процессы современного осадконакопления в Арктике имеют свои уникальные особенности: взвешенный речной сток из районов вечной мерзлоты, покрытых тундровой растительностью, сравнительно невелик [16], но поступление осадочного материала за счет **таяния, солифлюкции и размывания берегов** очень велико, т.е. в моря, прилегающие к полярным пустыням, поступает преимущественно реликтовый осадочный материал. Определяющими факторами осадконакопления для западно-арктического шельфа являются питающие провинции.

Для Баренцева моря можно выделить 5 основных питающих провинций [13]:

- Кольский полуостров,
- Большеземельскую тундру,
- Новую Землю,
- Шпицберген,
- Землю Франца-Иосифа

I. Кольский полуостров, который слагают породы архея и протерозоя, представленные в основном гранито-гнейсами и реже массивами основных и ультраосновных пород, имеет низкогорный мелкоопчатый рельеф со слабо развитой речной сетью. Особенности провинции:

1. прочные кристаллические породы очень слабо поддаются абразии, и, следовательно, незначительное количество обломочного материала поступает в прибрежную зону.
2. материал, тем не менее поступающий в акваторию, имеет достаточно грубозернистую структуру и пестрый минеральный состав.
3. практически полностью отсутствует глинистое вещество (как следствие первых двух факторов).

II. Большеземельская тундра - важная питающая провинция. Она охватывает полуостров Канин, Тиманский Кряж, собственно Большеземельскую тундру, Полярный Урал и хребет Пай-Хой.

Особенности провинции:

1. обломочный материал поступает с аллювием реки Печоры, которая имеет достаточно обширный водосборный бассейн, сложенный разнообразным комплексом пород, относительно легко поддающихся разрушению. Основная масса обломочного материала осаждается в Печорском лимане, и лишь тонкодисперсная составляющая достигает моря. Сток Печоры оценивается в среднем в 130 кубических километров; при сравнительно малой мутности (60 г/м³) взвешенный сток составляет 7.8 млн т/год. Это — очень важная составляющая осадочного материала, поступающего в Баренцево море.
2. широкое распространение ледниковых отложений - супесей, суглинков и глин. Большое количество рек, дренирующих донные отложения, выносят материал в Баренцево море. В бассейн седиментации поступает, как правило, в основном глинистый материал.
3. очень интенсивная абразия берегов, что, в первую очередь, характерно для о. Колгуев и Чешской Губы, где темпы абразии достигают нескольких метров в год. И, как следствие, поступление в зону мелководья большого количества взвешенного материала.

III. Архипелаг Новая Земля.

Отличительные особенности:

- резко расчлененный рельеф в сочетании с долинным и полупокровным оледенением. Очень широко на островах Новой Земли развиты мелкие водотоки (короткие речки горного типа) и потоки талых ледниковых вод. Материал, выносимый речками Южного острова грубообломочный (гравийно-галечный и песчаный). Ледниковые талые воды выносят в фиорды массу тонкого глинистого материала.

IV. Архипелаг Земля Франца-Иосифа. Это самостоятельная, очень специфическая провинция. Архипелаг на 90% покрыт ледниковыми куполами. Осадочный комплекс представлен мезозойскими породами, преимущественно песчаниками, алевритами, известняками, перекрытыми покровными базальтами. Плато расчленено глубокими долинами, выпаханнми ледниками. Отличительная особенность:

- айсберговый разнос грубообломочного материала.

V. Архипелаг Шпицберген отличается сложным сильно расчлененным рельефом.

Осадочный чехол представлен различными палеозойскими и мезозойскими осадочными комплексами.

Отличительная особенность:

- перенос осадочного материала сползающими по фиордам ледниковыми «языками».

[13]

Таблица 2.

Поступление терригенного материала (млн.т) в прибрежную зону Белого, Баренцева и Карского морей

[27]

Море	Абразия берегов	Абразия дна	Твердый сток рек	Всего
<i>Белое</i>	65	11	16.9	92
<i>Баренцево</i>	59	7.5	8.6	75.1
<i>Карское</i>	109	23	6.3	138.3

По данным О.В. Суздальского [27] в Баренцево море поступает 75.1 млн т. Так, например, при скоростях разрушения Канинского и Конушинского берегов 3—5 м в год в прибрежные воды выносятся около 60 млн тонн рыхлого материала, причем его структура следующая:

Таблица 3.

Поступление осадочного материала в Баренцево море

[27]

Тип осадочного материала	Поступление, млн т/год
гравийно-галечный (более 1 мм)	1.5
песок (1.0—0.1 мм)	19
алеврит (0.1—0.01 мм)	18
пелит (< 0.001 мм)	22

б) Перенос контаминантов с речным стоком.

Другим источником является аллювиальный вынос рек. В Баренцево море речной сток равен 163 км³ в год. Причем **70% этого стока приходится на реку Печору в юго-восточной части Баренцева моря**, которая выносит 130 км³ воды. Северная Двина выносит в Белое море около 111 км³ в год, в составе взвеси около 90% осадочного материала. На северное побережье Норвегии и Кольского полуострова приходится лишь около 10% жидкого стока. Твердый сток реки Мезени около 0.8 млн т (при средней мутности около 30 г/м³).

Водосборные бассейны крупных рек часто включают в себя рассредоточенные источники загрязнения, например сельскохозяйственные стоки, содержащие пестициды. Сброс бытовых и промышленных сточных вод из плотно заселенных и промышленных зон к югу от Арктики также вносит свой вклад в общую массу загрязняющих веществ. Другие виды хозяйственной деятельности, приводящие к загрязнению, — это горные разработки и эксплуатация нефтегазовых месторождений. В России некоторые реки зимой используются для транспортировки и сброса грязного снега. Загрязняющие вещества от транспортных средств и скопившиеся за зиму в снегу также переносятся водой или льдом во время весеннего таяния [5].

Крупные реки в Арктике и субарктическом поясе преобладающую часть воды получают во время весеннего снеготаяния, и в большинстве районов талый снег является также и наиболее значимым источником загрязнения. В районах с высокой степенью урбанизации, таких как крупные промышленные города российской Арктики, столь же существенны прямые сбросы сточных вод.

В России большие объемы промышленных и бытовых стоков не очищаются. Например, в 1994 г. менее 5 % сточных вод в Мурманской области на Кольском полуострове было обработано в соответствии с установленными нормами очистки.

Пиковый сток рек Арктического бассейна и наибольший объем переноса твердого вещества совпадает с наиболее интенсивным ледоходом, и на некоторых реках сочетание высоких расходов с ледяными заторами вызывает половодье. При плоском рельефе, характерном для большинства районов российской тундры, вода может покрывать обширные территории. Наводнения могут оставлять после себя насыщенные загрязняющими веществами отложения наносов на пойме, временно выводя их из речного переноса. Речной лед играет особую роль в транспортировке загрязняющих веществ. Лед собирает их из атмосферы и из самой реки, когда замерзает вода. Перенос захваченных частицами загрязняющих веществ из воды в лед может продолжаться в течение всей зимы, по мере нарастания льда.

Значительное количество взвешенного материала выносятся ледниками Шпицбергена, Новой Земли и Земли Франца-Иосифа. Максимальные концентрации взвешенного материала в заливах арх. Новая Земля - в бухте Норденшельда — 304.4 мг/л. Средняя концентрация равна 127.6 мг/л. По мере удаления от берега концентрация взвеси резко падала, и в открытом море на расстоянии всего нескольких километров концентрация взвеси уже не превышала 5 мг/л. Мощность современных отложений в бухтах колеблется в пределах 40—50 метров, что значительно выше мощности этих осадков в открытой части моря. Но незначительная часть взвешенного материала достигает и более удаленных участков дна. Об этом свидетельствует состав современных отложений [5].

В целом, как по *аллювиальному выносу*, так и по поступлению за счет *абразии*, **юго-восточное побережье Баренцева моря играет основную роль в поступлении осадочного материала.** Причем поступление за счет абразии значительно превышает поступление за счет речного стока.

в) Перенос загрязнителей с эоловыми потоками.

Одним из важных постоянно действующих источников загрязнения морских акваторий является перенос в атмосфере и осаждение химических соединений на поверхности водной среды. В результате эоловых потоков осадочный материал, имеющий континентальное происхождение, поступает в водные бассейны.

По гранулометрическому составу эоловый поток твердого вещества в слое 0—10 м на контакте берег—море разделяется преимущественно на два слоя: приземной песчано-алевритовый (0—2 м) и верхний пелитовый (2—10 м) [2].

Эоловый перенос осадочного материала в сторону моря является одним из источников поступления твердого вещества и загрязняющих веществ, основная масса которых осаждается в пределах шельфа при его средней ширине 30-40 км.

Для открытых морских районов атмосферный перенос является основным каналом поступления металлов на поверхность моря и может составлять более 50% их общего потока. Так, расчет соотношений потоков тяжелых металлов из атмосферы к их речному стоку показывает, что основная масса Mn, Ni, Co и Cr поступает в океан с речным стоком, в то время как для Hg, Cd, Pb, Zn наблюдается превышение атмосферного потока над речным в 2—35 раз [2].

Важность эолового переноса надо еще подчеркнуть, учитывая тот факт, что для отдельных элементов эоловые выбросы во внешнюю среду превосходят их оступление от всех других

источников. Так, например, из 8000 т **ртути**, поступающих ежегодно в атмосферу, примерно 40% связано с выветриванием и 60% — с техногенными источниками [5], среди которых первое место занимают целлюлозное и содовое производство. Более того, **за счет антропогенного фактора с эоловым переносом в океан ежегодно попадает 4—5 т ртути, а речным стоком переносится только 2.5 т.** Состав аэрозолей и частиц пыли атмосферы наследуют основные вещественные параметры окружающей среды, где они образуются и содержат, как правило: органический углерод, липиды, алканы и другие органические вещества, а также биогенные элементы и тяжелые металлы.

В качестве одного из чрезвычайно важных источников загрязнения атмосферы углеводородами нефтяного происхождения считают именно дальние атмосферные переносы [5]. Частично возникновение этих потоков связано с неполным сгоранием бензина, керосина и других легких фракций. Время пребывания этих фракций в атмосфере составляет 0.5—2.3 года, причем 90% этих веществ выпадает из атмосферы в северном полушарии Земли. По современным оценкам, атмосферное поступление в морскую среду достигает 0.05—0.5 млн т в год. Также влияние антропогенной активности обнаруживается и при непосредственном обмене нефтяными углеводородами между атмосферой и морской поверхностью. Так, с морской поверхности в атмосферу поступают летучие, низкомолекулярные углеводороды. Менее устойчивые соединения переходят в атмосферу из газообразной формы во взвешенную фазу, и затем взвешенные частицы в процессе сухого осаждения или вымывания дождями вновь возвращаются на морскую поверхность. Общий поток нефтяных углеводородов из атмосферы в Мировой океан составляет 6.0×10^5 т/год. При этом поток нефти из естественных источников оценивают в 9.5×10^5 т/год, из антропогенных — 9.6×10^6 т/год.

В атмосфере над открытым океаном зафиксированы также синтетические органические вещества — полихлорированные бифенилы (ПХБ), фталаты, ДДТ, которые находятся в атмосфере в основном в газообразной форме и, частично, на взвешенных частицах. Концентрация бифенилов в морском воздухе составляет 0.1 нг/м^3 .

Атмосферные источники играют определенную роль в загрязнении морской поверхности (хотя и порой недооцененную). Вклад эолового вещества эквивалентен доле речного стока в общем балансе загрязняющих веществ, насыщающих морскую среду. Особенно существенно атмосферное загрязнение для открытых районов морей. При этом вещественный состав, а также абсолютные содержания отдельных элементов атмосферного загрязнения в полном объеме наследует главные тенденции как терригенных источников поступления загрязняющих веществ в атмосферу, так и техногенных.

При этом 80% поступающих веществ из атмосферы осаждаются непосредственно в шельфовой зоне на контакте континент—море [1]. Сопоставление полученных данных с аналогичными, полученными для атмосферного потока тяжелых металлов Черного моря, указывает на более высокие значения для всех металлов в Черном море. Последнее связано с существенным удалением «точечных» источников поступления загрязняющих веществ от акваторий Белого и Баренцева морей в пределах северо-западного региона.

2.1.2. Источники загрязнения эндогенного характера.

Доля эндогенной составляющей в поставке вещества (в том числе загрязняющих веществ) в Арктических морях изучена слабо и носит фрагментарный характер. В ходе выполнения геоэкологических исследований в 1992—1996 годах в Печорском море и районе Штокмановского ГКМ были выявлены структуры в осадочном чехле, через которые происходит эндогенный подток вещества, в т.ч. поток нефтеуглеводородов в результате струйной дегазации.

Активизация геологической среды в Печорском море может быть также обусловлена

ядерными взрывами на Южном острове Новой Земли [4]. Дополнительными эндогенными источниками являются потоки метана (разрушение газогидратов), а также просачивание нефтяных углеводородов из материнских пород.

В настоящее время установлено наличие эндогенного подтока в придонную морскую среду НУ, ПАУ и ТМ. Пока это первые данные, которые не позволяют провести количественную оценку масштабов поступления данной группы веществ.

2.1.3. Источники загрязнения техногенного характера.

К данному типу источников загрязняющих веществ относится загрязнение открытых морских бассейнов, связанное с использованием их акваторий как транспортной, военной и промышленной зон.

Условно можно выделить следующие потоки загрязняющих веществ:

1. дампинг отходов,
2. транспортировка нефтепродуктов и токсичных веществ,
3. аварийные ситуации,
4. система глобальных течений,
5. разработка морских месторождений.

Особенности эколого-химического состояния экосистемы Печорского моря в большой степени определяются, кроме физико-географических параметров биотопа, также степенью антропогенной нагрузки. Очевидно, что эколого-химическое состояние Печорского моря в большой степени характеризуется стоком реки Печора, впадающей в Печорскую губу и транспортирующей загрязняющих веществ из промышленных районов Республики Коми и Ненецкого автономного округа. Печора обеспечивает приблизительно 90% от всего речного стока в Печорское море. По водному стоку она является одной из крупнейших арктических российских рек, уступая лишь Енисею. Основным путем поступления загрязняющих веществ, определяющих загрязнение моря - естественная географическая **система Печора-Печорская губа - Печорская море**.

Побережье Печорского моря слабо заселено. Из населенных пунктов в прибрежной зоне наиболее крупными являются г. Нарьян-Мар (столица Ненецкого автономного округа), поселки Варандей, Вангурей в Печорской губе, селения Коротаиха, Бугрино. В устьевой области р. Печора расположен морской и речной порт Нарьян-Мар, который является важным транспортным узлом на водной магистрали Печорского края и Северного морского пути. Печорская губа и дельта р. Печора являются важными рыбохозяйственными объектами, играющими значительную роль в экономике Ненецкого автономного округа. Рыбное хозяйство Печорского бассейна ощущает в последние годы снижение численности стад семги, исчезновение тайменя, снижение уловов сиговых рыб [26].

а) Загрязнения нефтяными углеводородами.

Определяющим фактором формирования современного гидрохимического режима реки является антропогенное воздействие. Это связано с интенсивностью эксплуатации структур Печорского каменноугольного бассейна, Тимано-Печорского каменноугольного бассейна и Тимано-Печорской газонефтяной провинции (ТПП)-основных частей промышленной структуры региона.

Устьевая область р. Печора также уже становится объектом интенсивного хозяйственного освоения, связанного с открытием газовых и нефтяных месторождений непосредственно в устьевой области и прилегающих к ней районах Большеземельской и Малоземельской тундры.

Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция является крупнейшей топливно-энергетической сырьевой базой на Европейском Севере России. В пределах Ненецкого автономного округа (НАО) открыто 76 месторождений, в том числе нефтяных - 64,

нефтегазоконденсатных - 6, газоконденсатных -4, газонефтяное -1.

Сейчас на территории НАО разрабатываются 4 месторождения с общим объемом добычи нефти около 3,5 млн. тонн в год. Начинается разработка Варандейского нефтегазоконденсатного месторождения, ведется разведочное бурение и подготовка к эксплуатации Приразломного нефтяного месторождения. С учетом добычи нефти из месторождений **Приразломное** и **Варандей-море** объемы добычи углеводородов увеличатся до 15-20 млн. тонн в год.

Добыча нефти и газа на шельфе и побережье приводит к загрязнению водной среды и накоплению в донных осадках, биоте ряда загрязняющих веществ: **тяжелых металлов, окислов азота, бенз(а)пирена и др.**

Нефтяные загрязнения морей и берегов являются прежде всего следствием аварий на трубопроводах, морских судах, нефтедобывающих платформах [26].

Река Печора выносит ежегодно в губу около 5400 т нефтяных углеводородов, 2720 т. детергентов, 70 т фенолов и т. д. Сток р. Печора, помимо транзита ЗВ и опресняющего действия, обуславливает образование в губе системы стоковых течений, определяющих распределение ЗВ по акватории. Влияние Печорского моря на реку Печору (через Печорскую губу) выражается, прежде всего, проникновением в реку приливных и сгонно-нагонных волн.

Морской границей устьевой области Печоры является линия, проходящая через полуостров Русский заворот, цепь о-вов Гуляевские кошки, о. Песяков. Площадь устьевой взморья, занимающего обширный мелководный залив - Печорскую губу [26].

Максимальное содержание НУ в донных отложениях определено в пробах, взятых в районе м. Болванский Нос, на бере реки Печора, где донные отложения представлены илистыми песками. Высокие значения НУ определены в пробах донных осадков, взятых у побережья в районе м. Константиновский - м. Двойничный, что связано со стоком рек Хыльчия и Дресвянка, в районах которых ведется разведочное бурение на нефть. Содержание НУ в пробах, взятых у м. Болванский Нос (0.8-0.9 мг/кг) в 8-10 раз превышает содержания НУ в донных осадках границы губа-море. Повышенные содержания НУ приурочены к алевроитово-глинистым осадкам [26].



Рис.12.

Распределение основных месторождений нефтеуглеводородов в Тимано-Печорском бассейне.

Из всех загрязняющих веществ, связанных с данным типом источника, наиболее

существенное значение имеет загрязнение Мирового океана нефтью и нефтепродуктами, которое может рассматриваться как пример глобального техногенного загрязнения. Последнее связано с возрастающей добычей нефти на морских акваториях, ее транспортировкой и использованием в качестве топлива смазочных масел и химических продуктов (см. рис. 13).



Рис.13.

Основные месторождения углеводородов Тиманско-Печорского бассейна.

Ежегодное поступление нефти в морскую среду из разных источников составляет 1.7—8.7 млн т, что превышает природные потоки нефти.

Главным источником загрязнения нефтью вод Мирового океана является морская транспортировка. В настоящее время вследствие освоения нефтяных месторождений в арктических районах, особенно в Баренцевом и Карском морях [5], существенно увеличится поступление нефтепродуктов как в процессе эксплуатации-месторождения, так и при транспортировке нефти. Более того, возрастет интенсивность судоходства нефтеналивного флота, что также является дополнительным источником загрязнения нефтью арктических морей.

С транспортировкой нефти связаны и ее разливы, в т.ч. аварийные, при ее добыче, которые нередко приобретают катастрофический характер. Особую опасность разработка нефтяных морских месторождений представляет для северных морей, что связано с низкими темпами химического, биохимического и микробиологического окисления вследствие низких температур воды и воздуха. Это приводит к более существенному загрязнению морских вод и грунтов по сравнению с умеренными и тропическими зонами при одинаковых темпах поступления. Сценарий заражения нефтепродуктами вод в Баренцевом море в местах установки предполагаемых нефтедобывающих платформ будет аналогичен о. Колгуев, где по результатам десятилетних наблюдений отмечается резкое увеличение площади распространения нефтяной пленки, покрывающей в настоящее время всю юго-восточную часть Баренцева моря [2]. Дополнительный источник нефтепродуктов в Баренцево море -

система Гольфстрима. За год Гольфстримом переносится около 1—1.5 млн т нефтепродуктов. Струи системы Гольфстрима, насыщаясь загрязняющими веществами, в частности нефтепродуктами, у берегов Северной Америки и Европы имеют несколько зон разгрузки, в число которых входят Саргассово, Норвежское и Баренцево моря.

Неравномерное распределение загрязняющих веществ в пространстве обусловлено различным географическим положением источников загрязнения и, главным образом, особенностями циркуляции вод, их вертикальным строением, формой нахождения загрязняющих веществ в воде и их свойствами. Наибольшая концентрация загрязняющих веществ - в прибрежных относительно спокойных зонах, где осуществляется дампинг, а также в обширных малоподвижных районах океана, куда они выносятся из Гольфстрима и Северо-Атлантического течения, и где они постоянно накапливаются.

Максимальные концентрации нефтяных углеводородов локализованы в тонком поверхностном слое — в зоне взаимодействия гидросферы и атмосферы. Высокие концентрации нефтяных агрегатов обнаруживаются вдоль основных транспортных маршрутов, в шельфовых зонах замкнутых морей, а также в «атлантических» водах, несущих загрязнение из Западной Европы и северо-западного побережья Африки. [5].

Вблизи нефтяных платформ и вдоль основных транспортных маршрутов содержание нефтяных углеводородов на порядок выше, чем в открытых частях моря. В загрязненных эстуариях в донных осадках концентрация нефти достигает 5—160 мг/кг, снижаясь в отложениях открытых морских областей до 0.1—1 мг/кг.

Распределение нефтяных углеводородов в поверхностном слое вод открытых районов Баренцева моря довольно однородно (0.05—0.15 мг/л) с максимальными концентрациями (до 0.4 мг/л) в юго-восточной части моря.

На составленной нами карте “Распределение нефтяных углеводородов в придонном слое вод Баренцева моря” видны две зоны максимальных значений фенолов — западная и восточная. На западе, вероятнее всего, главным источником фенолов являются атлантические воды. На востоке, в качестве главного источника, можно предположить вынос загрязненных вод из Горла Белого моря. Кроме того, отмечается участок повышенных значений в Кольском заливе и на прилегающей к нему акватории.

б) Загрязнения хлорорганическими соединениями.

Следующая по опасным последствиям группа загрязнителей – хлорорганические соединения.

Эта группа представлена альфа- и гаммаизомерами гексохлорциклогексан (А-ГХЦГ и Г-ГХЦГ), пестицидами - ДДТ, ДДД, ДДЭ и полихлорбифенилами (ПХБ).

Изданной группы загрязнителей наиболее изученным являются полихлорбифенилы (ПХБ). По современным оценкам более 70 тыс. т ПХБ поступило и окружающую среду, при этом 230 тыс т из этого количества сосредоточились в водах Мирового океана. Хотя главная нагрузка применения ПХБ расположена на суше, аккумуляция этого вещества в открытых водах Мирового океана в 1.5 раза выше накопления в континентальных экосистемах. Мировой океан можно считать конечным резервуаром накопления этих соединений.

Пластмассы способствуют распространению ПХБ в море и включению их в пищевые цепи. В настоящее время высокохлорированные ПХБ стали составной частью практически всех объектов морских экосистем. Вертикальное распределение хлорированных углеводородов в океане показывает проникновение их в глубоководную часть океана (до 4000 м), что связано с циркуляцией вод в Мировом океане.

Максимальные концентрации альфа-ГХЦГ и гамма-ГХЦГ отмечаются в южном районе моря (9.3 и 2.5 нг/л соответственно) [5].

Содержания ДДТ и его метаболитов в промысловых рыбах не превышает национальных и международных норм и на порядок ниже, чем в рыбах из районов Северной Атлантики, Северного и Норвежского морей, где экологическая ситуация намного хуже (см. рис. 14).

Построенные карты распределения осадков Баренцева моря” и “Содержание ПХБ и, со Баренцева моря. Зафиксированы неск юго-западная, Кольская, Атлантическ

Сод

Юго-западный участок повыше со схемой атлантических течений и влияния промышленных и бытовых жестко привязан к Кольскому заливу региона, Новоземельский участок им ядерными испытаниями и деятельно мыса Желания прямо связан со свалкой

Атлантический участок пове влияние загрязняющих течений сис Гольфстрима), отдельные части котор ПАУ за счет берегового стока.

Кроме того, отмечают участки повышенных значений в районе Шпицбергена и Земли Франца Иосифа, что может быть связано с таянием ледовых и снежных покровов архипелагов, загрязненных за счет атмосферных выпадений.

Зоны максимальных концентраций ГХЦГ расположены в прибрежной зоне архипелагов Шпицберген и Новая Земля и в районе Варангер-фьорда и Кольского залива.

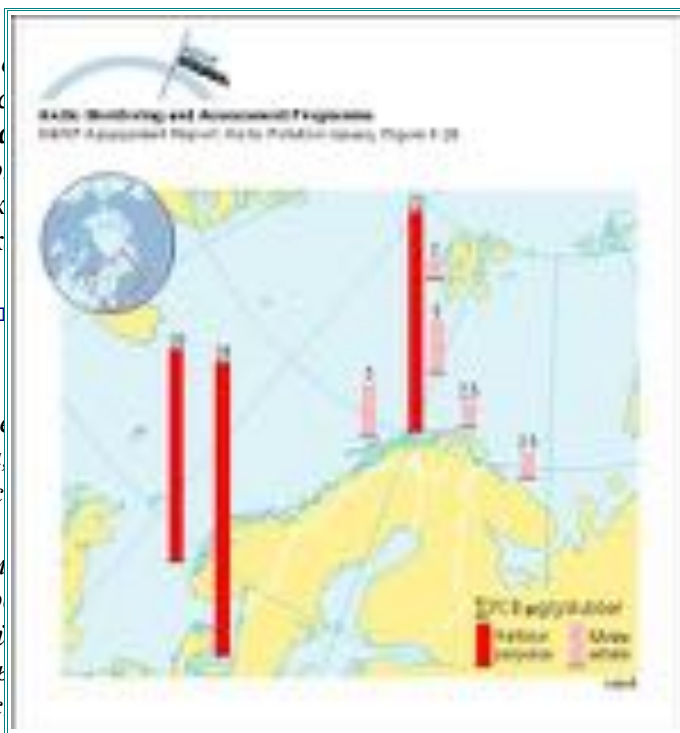
Зона высоких концентраций в прибрежной зоне архипелага Шпицберген разбита на три участка с относительно более высокими содержаниями (более 0.9 нг/л), иногда достигающими значений 1.3 нг/л. Все они приурочены к крупным фьордам и, вероятнее всего, высокие значения содержаниями объясняются поступлением А-ГХЦГ с талыми водами снежного покрова и ледников. В прибрежной зоне архипелага Новая Земля расположена вторая крупная зона повышенных концентраций. Она имеет выдержанный характер и простирается практически вдоль всего побережья.

В целом, те участки, на которых встречены значения отличающиеся от нуля, совпадают с такими для других групп органических загрязнений, т.е. можно говорить о сходном рисунке пространственного распределения контаминантов группы хлорорганических соединений.

Так для ДДТ, также как и для ПХБ, участки относительно повышенных содержаниями практически совпадают. Четко фиксируется юго-восточный, связанный с Гольфстримом участок, и Кольский участок, имеющий несколько большую площадь. И напротив, сократился Новоземельский участок, разделившийся на цепочку отдельных локальных точек. При этом зона повышенных значений к северу от Новой Земли, в районе свалки, осталась.

На карте “Содержание пестицидов в донных осадках Баренцева моря” можно видеть 3 хорошо обособленные зоны:

1. **центральная глубоководная с минимальными значениями**
2. **прибрежная, характеризующаяся относительно высокими содержаниями.** вероятным источником А-ГХЦГ может быть сток с архипелага, на котором расположен ядерный испытательный полигон.
3. **Кольский залив и Варангер-фьорд.** В Кольском заливе зафиксированы максимальные



на
ных
оря”
дках
й —

ует
его
ток
кого
его,
от

ает
тви

открытым доступом в Баренцевом море и в Атлантике

значения А-ГХЦГ—1.9 нг/л, что, вероятнее всего, связано со стоком мурманского промышленного региона. Район Варангер-фьорда имеет несколько меньшие значения — 1.2 нг/л. Практически 90% акватории имеет содержания менее 0.3 нг/л, а в центральной глубоководной части зафиксированы значения ниже порога чувствительности. Наиболее обширные участки высоких значений, как и для А-ГХЦГ, располагаются в прибрежной зоне архипелагов Новая Земля и Шпицберген, сохраняя все ранее выявленные закономерности.

в) Загрязнения радиоактивными веществами.

Техногенные радионуклиды в прибрежно-шельфовой зоне Арктических морей.

Основными источниками радиоактивного загрязнения шельфа являются:

- испытания ядерного оружия, проводившихся в атмосфере, в воде и под землей,*
- выброс радиоактивных веществ из четвертого блока Чернобыльской АЭС в апреле—мае 1986 г.,*
- выбросы в атмосферу и сбросы в водные системы радиоактивных веществ с действующих АЭС;*
- дампинг ядерных отходов.*
- выбросы западноевропейских заводов по переработке ОЯТ (например, в Селлафилде)*

В течение 40 с лишним лет Западная Арктика была под воздействием переносов из указанных источников и в результате был создан современный радиационный фон воздушной, водной, геологической и биологической сред.

Фиорды арктических морей России классифицированы по признакам загрязнения техногенными радионуклидами: [19]

— относительно чистые, загрязненные, сильно загрязненные, потенциально загрязненные.

1. К **загрязненным фиордам** (по концентрации **Cs-137**, **Pu** и другим нуклидам) относят: *Кольский залив и все фиорды северной части Кольского полуострова.*
2. К **сильно загрязненным фиордам** относят фиорд на юго-западе архипелага Новая Земля под названием *губа Черная*. Отсюда начинается Северный полигон СССР, объект 700, здесь были проведены первый подводный, надземный и воздушный взрывы ядерных зарядов. Возможно, к этому типу фиордов относится и *губа Митюшиха* — центр основных воздушных взрывов. Некоторые места *пролива Маточкин Шар* также можно отнести к сильно загрязненным.
3. И к **потенциально загрязненным фиордам** можно отнести карские фиорды архипелага Новая Земля: *заливы Течений, Цивольки, Абросимова, Степового, Ога, Благополучия и Седова*, в которые в течение 1964-1986 гг. на основании решения Правительства СССР захоранивались твердые радиоактивные отходы. Некоторые из обследованных к настоящему времени фиордов преобразуются из потенциально загрязненных в загрязненные и даже в сильно загрязненные.

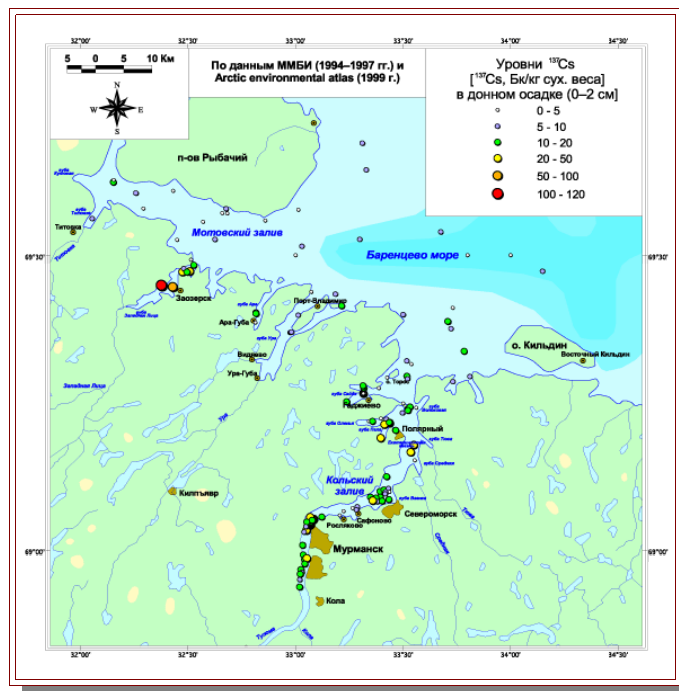
Кольский залив – типичный пример загрязненного фиорда. Более 40 лет здесь базируются военные и гражданские суда с ядерными энергетическими установками. На территории баз и судоремонтных заводов образуются все типы радиоактивных отходов:

- отработавшее ядерное топливо,
- газообразные радиоактивные отходы,
- жидкие радиоактивные отходы,
- твердые радиоактивные отходы

(см. рис. 15).

Рис.15.

Распределение Cs-137 в донных осадках Кольского залива Баренцева моря.



Радиационная обстановка северных морей определяется **выбросами и отходами**, а также **глобальным выпадением из атмосферы**, вызванных испытанием ядерного оружия. Напряженная радиационная обстановка складывается в Мурманской области, где концентрации цезия-137, плутония и стронция-90 в организме жителей в 10—100 раз больше чем у жителей средних широт [17] (см. рис. 15).

Другим источником радиоактивного загрязнения морской среды является **дампинг радиоактивных отходов**. В Северной Атлантике и Тихом океане зафиксировано около 50 мест сброса радиоактивных отходов. Максимальное количество радиоактивного материала было захоронено Великобританией. Так, в Северной Атлантике ее доля составляет 77.5% всех сброшенных радиоактивных отходов.

В пределах Карского и Баренцева морей были сброшены реакторы атомных подводных лодок и 3 поврежденных реактора атомного ледокола «Ленин». Захоронение радиоактивных отходов, образующихся при эксплуатации, ремонте модернизации атомных судов Мурманского пароходства в море производилось с 1964 по 1986 гг. Для захоронения твердых радиоактивных отходов использовались районы Карского моря (заливы Течений, Цивольки, Абросимова, Степового, Ога, Благополучия, Седова), а также глубоководные районы Новоземельской впадины. Затопление жидких радиоактивных отходов проводилось и в Баренцевом море.

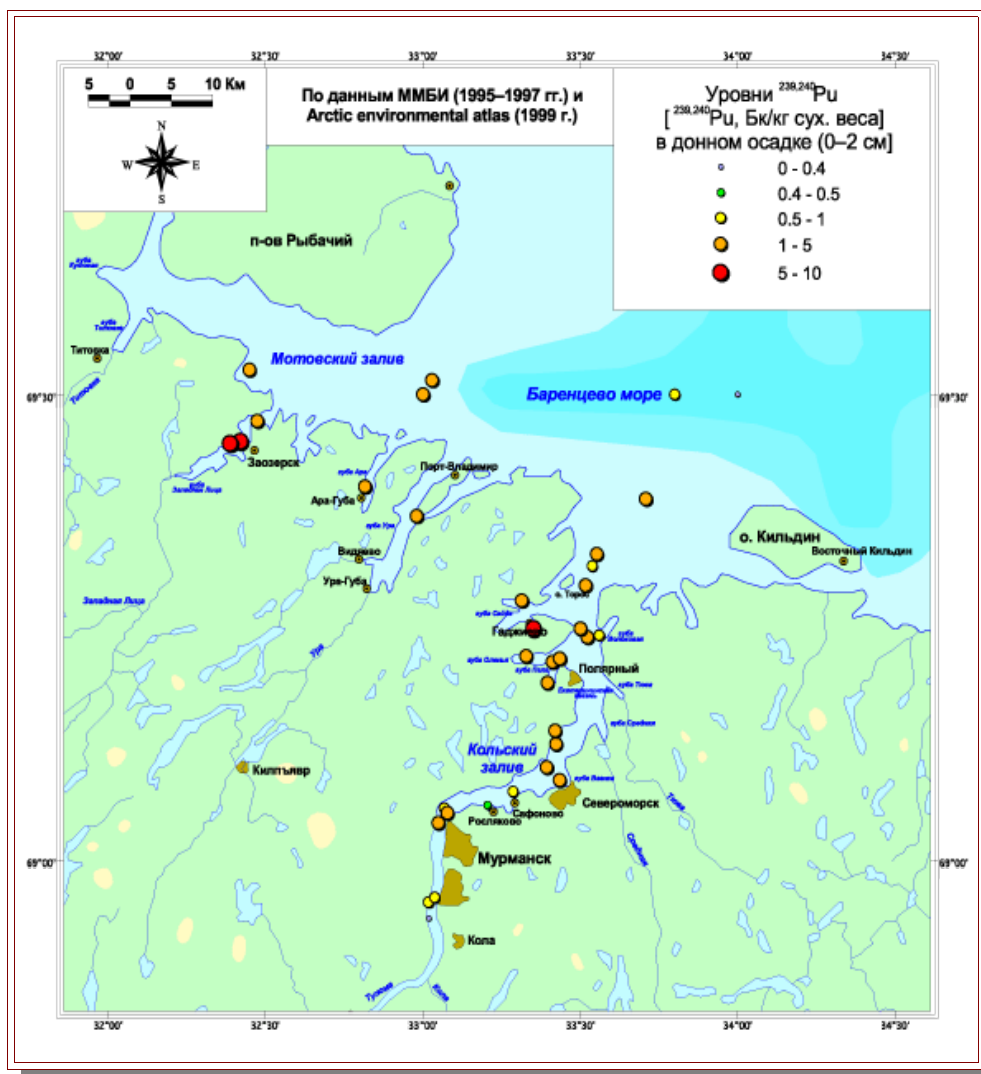


Рис.16.

Распределение Pu в донных осадках Кольского залива Баренцева моря.

Существенный вклад в загрязнение акваторий радионуклидами вносит слив радиоактивных отходов предприятиями атомной промышленности непосредственно в океан или реки, впадающие в океан. Предприятия Великобритании, начиная с 1952 г., сбрасывают отходы в Ирландское море, откуда они распространяются по всей Северной Атлантике, в том числе и в Баренцево, Карское и Белое моря. В западных арктических морях на радиационную обстановку влияют воды Норвежского прибрежного течения, загрязненного радиоактивными отходами. Высокие значения Cs-137 зарегистрированы в южной части Баренцева, Карского и в восточной части Гренландского морей. Основная часть радиоактивных веществ поступает в Баренцево море с водами Нордкапского течения. Радиоактивному загрязнению подвержена вся водная толща.

Увеличение концентраций Sr (примерно в 2 раза против глобального уровня) наблюдается в водах юго-западной части Баренцева моря, что связано с влиянием сбросов радиохимических заводов. Пятая часть Cs-137 и третья часть Sr-90 оказывается в Баренцевом и Карском морях.

По исследованным данным, максимальная активность осадков по Cs-137 (130-160 Бк/м²) отмечается на приноземельском шельфе Северного острова из группы островов Новая Земля и в районе, прилегающем к Северному Мурману и Северной Скандинавии (пробы собраны в октябре 1991 г.) [27].

В центральной и северной частях Баренцева моря Cs-137 в осадках составляет менее 100 Бк/м². Международная экологическая экспедиция в Печорское море, на Новую Землю,

острова Колгуев, Вайгач, Долгий в июле 1992 г. также показала довольно слабое загрязнение осадков баренцевоморского шельфа в этих районах. В прибрежной зоне Кольского полуострова содержание **Cs-137** в осадках составляет от 0,2—0,6 до 3—9 Бк/кг, в прибрежной зоне Новой Земли примерно в 2 раза выше — от 0,8-5,0 до 9-14 Бк/кг [25]. **Места с повышенным уровнем активности Cs-137 приурочены, как правило, к заливам (например, заливы Норденшельфа, Глазова и др.).** Это явление объясняется тем, что дно заливов заполнено алевритовыми и глинистыми осадками, поставляемыми выводными ледниками.

Распределение содержания изотопа **Cs-137** в толще отложений крайне неравномерно. Максимальная концентрация цезия приходится на горизонт 1,0 м. [3] За 35 лет (с момента первого испытания ядерного оружия в атмосфере) в этом районе накопилась метровая толща осадков. Такое бывает лишь в береговой зоне, где формируются аккумулятивные тела, и в открытой части моря на континентальном склоне при сползании больших масс осадочного материала.

В юго-восточной части Баренцева моря (Печорское море) активность **Cs-137** в основном фоновая (кроме желоба у юго-западной оконечности Новой Земли). [3] Летом 1993г. был выполнен отбор проб в центральной впадине Баренцева моря, который показал, что ее глинистые отложения имеют активность по **Cs-137** от 4,7 до 8,1 Бк/кг. Осадки возвышенностей и банок центральной и северо-восточной частей баренцевоморского шельфа почти чистые. В осадках Мурманской банки, например, с глубинами 120—180 м содержание **Cs-137** составляет 1,6-3,5 Бк/кг. Это объясняется, прежде всего, характером осадков на положительных формах рельефа. Из осадков здесь откладываются, в основном, *алевриты и мелкие пески*. Коэффициент накопления продуктов деления в песке и алеврите незначителен. Максимален он в илах, однако илы благодаря сильным течениям на поднятиях смываются в ложбины и впадины. [18]

На юго-востоке Баренцева моря (Печорское море) максимальная концентрация **Cs-137** в осадках отмечена в глубоководном желобе у южного берега архипелага Новая Земля и составляла в 1992 г. **44 Бк/кг**, минимальная — в районе о-ва Вайгач — 6 Бк/кг. Среднее значение концентрации **Cs-137** в желобе (глубина 170—220 м) — 18—27 Бк/кг. Глубина его проникновения в осадки здесь 30 см. В этом районе такую же толщу охватывают и биотурбационные процессы, следствием которых и является указанный слой загрязнения **Cs-137**.

В 1995 г. экспедиции отмечали повышенное содержание **Cs-137** в осадках южного приноземельского желоба Печорского моря (10—20 Бк/кг), что хорошо просматривается на рис. 5.40; повышено содержание и плутония.

В песчаных осадках Печорского моря концентрация **Cs-137** изменяется от 0,6—3,1 до 6,5 Бк/кг. В средне- и крупнозернистых песках самые низкие концентрации этого изотопа (0,3—0,7 Бк/кг). *Причина этого в основном в том, что пески и ракушки обладают низким коэффициентом накопления продуктов деления.* В понижениях рельефа Печорского моря глинистые осадки содержат уже 5-10 Бк/кг, а илы Печорской губы — 8-12 Бк/кг **Cs-137**. [25]

В донных осадках Баренцева моря наблюдаются значения активности, соответствующие уровню глобальных выпадений (6 Бк/кг). *Аномально повышенные содержания техногенных радионуклидов в бассейне связаны с близостью Южного Новоземельского полигона (в южном желобе), с распределением осадочного материала по крупности и с рельефом дна. Минимум активности связан с банками и возвышенностями, максимум — с желобами и впадинами.* Небольшие концентрации цезия в донных осадках Баренцева моря объясняются тем, что цезий, попав в воду, образует простую ионную форму **Cs-137**, которая имеет тенденцию оставаться в жидкой фазе и слабо сорбироваться взвесью и накапливаться в донных осадках.

г) Загрязнения тяжелыми металлами.

Процент загрязняющих веществ, связанных с техногенной составляющей, крайне низок по отношению к природной составляющей (природному речному стоку). При этом если учесть, что до 80% поступающего вещества в шельфовую область осаждаются в прибрежной зоне [2], то количество загрязняющих веществ, техногенного генезиса, поступающих с Российской территории в глубоководную часть Баренцева моря несоизмеримы с теми концентрациями, которые там зафиксированы. Это говорит о наличии дополнительных источников загрязнения, которые не только определяют геохимический фон, но и создают участки с максимальным проявлением техногенного загрязнения.

Один из таких источников - **архипелаг Новая Земля**, который является одной из важнейших питающих провинций Западно-Арктического шельфа. Ежегодно в Баренцево и Карское моря поступает огромное количество взвешенного и растворенного вещества, включающего в себя и токсичные элементы, в первую очередь тяжелые металлы.

Необходимо классифицировать антропогенное воздействие в зависимости от **состава техногенных продуктов и характера их транспортировки** в бассейн современного осадконакопления.

По этим критериям можно выделить аэротехногенные, гидро-, нефте-, лито-, био-, радиотехногенные и др. Например, к аэротехногенному подтипу отнесены промышленные дымы, выхлопные газы и кислотные дожди, агротехногенный объединяет умеренное и интенсивное поступления пестицидов и минеральных удобрений и т.д. Но чаще всего в реальности встречаются политехногенные типы загрязнений, т.е. наблюдается одновременное их воздействие на экосистемы.

Но кроме непосредственных источников загрязнений необходимо еще также фиксировать **трансформацию вещества на различных этапах его транспортировки и накопления**. Так, различные «точечные» источники могут поставлять один и тот же тип загрязняющих веществ, которые в экогеохимическом аспекте характеризуются однотипными преобразованиями. Классификация техногенных потоков твердого вещества дана в работах Н.А. Айбулатова [1].

Например, фенолы могут поставляться из нефте-, гидро-, био- и политехногенного источников. При этом необходимо учитывать природную составляющую (нефтяные углеводороды, ПАУ, тяжелые металлы, естественные радионуклиды и т.д.) в общем балансе загрязняющих веществ.

По этому критерию выделяют прямой и «косвенный» перенос техногенного осадочного материала. В первую группу включены все виды деятельности по переносу осадочного материала, связанные с его перемещением от места взятия до места сброса. Это транспортировка и переотложение осадочного материала в результате добычи полезных ископаемых, а также сброс терригенного материала в море из предприятий горнодобывающей промышленности, расположенных в пределах береговой зоны. Следствием этих техногенных потоков является возникновение устойчивых аккумулятивных образований — специфических отложений, которые рассматриваются автором как важные и новые геологические явления на окраине Мирового океана.

Таблица 4.

Поступление элементов в атмосферу Земли
из природных и антропогенных источников

[11]

Элементы	Основные источники выбросов		Природные поступления тыс. т/год	Антропогенные поступления тыс. т/год	отношение антропогенных выбросов к природным
	природные	антропогенные			
Ag	Ветровая эрозия почв, лесные пожары	Цветная металлургия	0.11	3.1	28
Al	Ветровая эрозия почв	Цветная и черная металлургия	4800	9100	1.90
As	Вулканы, ветровая эрозия почв	Цветная металлургия, сжигание топлива	8	40	5
Cd	Дым лесных пожаров, вулканы	Цветная и черная металлургия	1	7.7	7.7
Cr	Ветровая эрозия почв	Производство феррохрома, сжигание топлива	60	50	0.83
Cu	Ветровая эрозия почв, вулканы (океан)	Цветная металлургия, сжигание топлива, горная металлургия	20	140	7
Fe	Ветровая эрозия почв, вулканы	Черная металлургия	36000	7400	0.21
Mn	Ветровая эрозия почв	Черн. металлургия, сжигание топлива	600	250	0.36

Элементы	Основные источники выбросов		Природные поступления	Антропогенные поступления	отношение антропогенных выбросов к природным
	природные	антропогенные	тыс. т/год	тыс. т/год	
Hg	Испарение с континентов и океанов, ветровая эрозия почв	Предприятия, использующие ртуть в производстве	20	6	0.3
Ni	Ветровая эрозия почв, космическая пыль	Сжигание топлива, цветная и черная металлургия	27	80	3.0
Pb	Ветровая эрозия почв, вулканы, лесные пожары	Автомобильный транспорт, цв. и черн. металлургия	27	425	16
Sb	Ветровая эрозия почв	Сжигание топлива, цв. металлургия	1	24	24
Se	Деструкция органического вещества в океане	Сжигание топлива, производство стекла	0.6	7	11.7
V	Ветровая эрозия почв, вулканы	Сжигание топлива, черная металлургия	69	170	2.5
Zn	Лесные пожары, ветровая эрозия, растительность	Цветная металлургия, сжигание топлива	30	500	16.6

Алюминий один из наиболее часто встречающихся в донных осадках элементов. Содержание его на 2-3 порядка превышает содержания всех остальных элементов (40-50 г/кг) и обусловлено алюмосиликатным составом донных отложений. Установлена связь распределения ТМ в воде и донных осадках с морфологией и гидродинамикой Печорской губы.

Повышенные значения мышьяка в фиксируются грунтах; максимум наблюдается у м. Болванский Нос 16 мг/кг. Соединение мышьяка в повышенных концентрациях являются токсичными для биоты: они тормозят окислительные процессы, угнетают снабжение кислородом органов и тканей. Довольно высокие значения мышьяка определены в пробах взятых у побережья м. Константиновский - м. Двойничный 8-10 мг/кг (см. рис. 17).

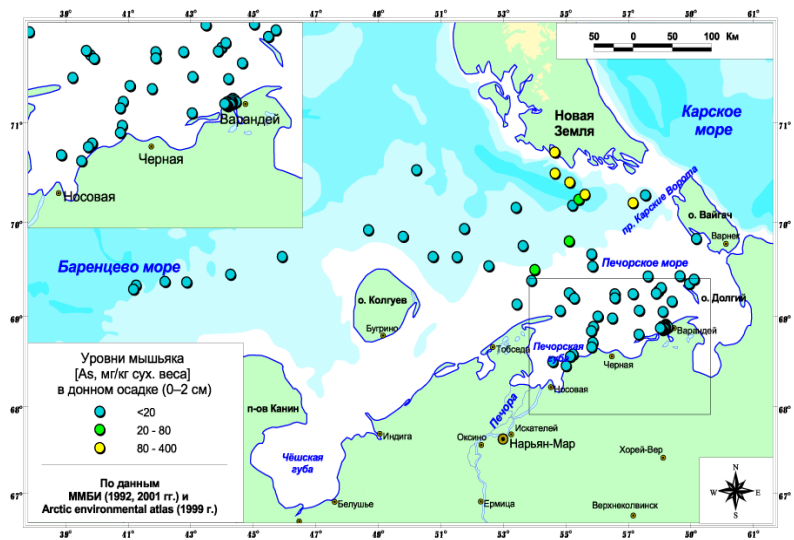


Рис. 17.

Содержание мышьяка в юго-восточной части Баренцева моря

Содержание никеля в водах Печорской губы мало. Максимальные его концентрации в воде достигают 0.5 ПДК. В донных отложениях никель содержится в концентрациях 20-25 мг/кг. Максимальное содержания никеля в донных осадках обнаружено в районе м. Болванский Нос (73 мг/кг), что превышает среднее значение по губе в 2,5 раза.

Содержания кобальта в водах Печорской губы обычно высокое (0,5-2,5 ПДК). В донных отложениях содержание кобальта составляет 40-60 мг/кг. Распределение кобальта, также как и меди в целом повторяет распределение никеля.

Содержание меди в водах Печорской губы достигает 5 ПДК. В донных осадках определена концентрация меди 5-15 мг/кг, при максимуме на бере 27 мг/кг.

Содержание свинца в водах Печорской губы составляет 0,2-0,4 ПДК и характеризуется довольно равномерным распределением. Максимум содержания свинца отмечен в донных осадках, взятых у м. Болванский Нос (18 мг/кг), а минимум (в два раза меньше) у м.Константиновский.

Содержание цинка в пробах воды довольно высокое, максимум наблюдается на бере (10-12 ПДК), а минимум у м. Константиновский. В донных осадках максимальные содержания цинка составляют 700 мг/кг и характерны для проб, взятых на бере (см.рис.18).

В донных осадках Печорского моря практически отсутствуют кадмий и ртуть [26].

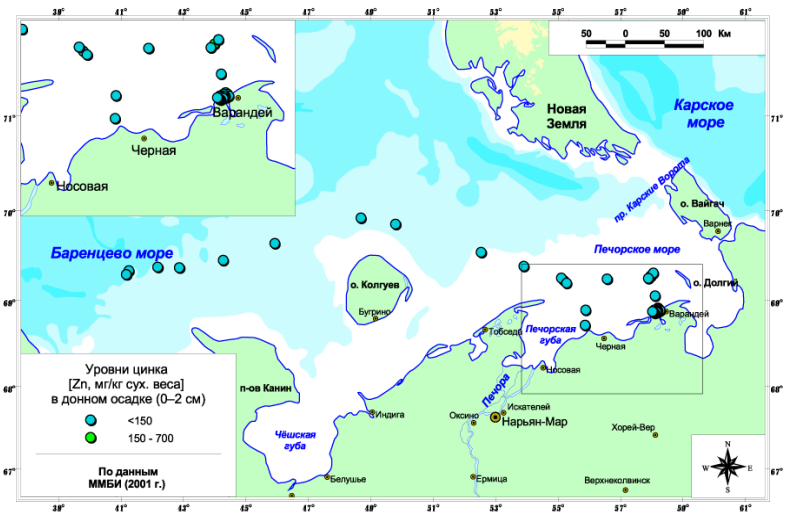


Рис. 18.

Содержание цинка в юго-восточной части Баренцева моря

2.2. Пути миграции и накопления загрязняющих веществ

2.2.1. Границы разделов в структуре океана и активные поверхности

Континент и морские бассейны являются двумя составными частями единой экосистемы, причем любые изменения (даже самые незначительные) на континенте в первую очередь сказываются на нарушении функционирования внутренних водоемов и открытых морских акваторий.

Для понимания путей миграции и трансформации загрязняющих веществ в экосистеме шельфа, а также для корректной интерпретации выявленных аномалий необходим комплексный анализ всех составляющих природной среды — аэрозолей, водной толщи, донных осадков и биоты.

Процессы преобразования вещества в океане носят обычно нестабильный характер, интенсивность физических, химических и биологических процессов распределена не равномерно, а сосредоточена в узких зонах активной трансформации вещества, которые являются граничными поверхностями океана. На этих активных поверхностях происходит резкое скачкообразное изменение интенсивности природных процессов, которые по обе стороны от таких граничных поверхностей носят различный характер. Поэтому эти активные поверхности можно представить как **природные барьеры**. Остальные части океана являются относительно однородными, химически инертными и биологически мало активными областями [14].

Этим фронтальным, барьерным зонам свойственны большие градиенты скорости и плотности вод, неустойчивость и интенсивные среднемасштабные циркуляции наподобие анти- и циклонических вихрей атмосферы. С этими океаническими вихрями связаны все фронтальные разделы, которые увеличивают площадь соприкосновений различных водных масс и вовлекают во взаимодействие глубинные и поверхностные воды. По обе стороны от этих разделов обнаруживаются воды с разными температурами и показателями солености. Ширина наиболее резких фронтальных зон колеблется от 50 до 500 м.

Вихри фронтальных течений в своих пограничных частях, будучи много теплее или много холоднее окружающей воды, обладают резко отличающимися от нее концентрациями и видовым составом фито- и зоопланктона. Эти «скопления» жизни на границах раздела водных масс и в пограничных слоях с дном и берегом имеют важнейшее значение для биогеохимической структуры океана [14].

Пограничные физические, физико-химические и биологические области океана образуются в результате контактов взаимодействующих сред веществ. При этом во взаимодействии непосредственно участвуют активные поверхности контактирующих сред. Среди них важнейшие отражены в таблице 5

Таблица 5.

Пути миграции загрязняющих веществ в окружающей среде
[14]

Природные среды	Возможные формы миграции
Атмосфера–атмосфера	Перенос в атмосфере, характерный для большинства загрязняющих веществ
Атмосфера–гидросфера	Осаждение атмосферных загрязнений на водную поверхность
Атмосфера–поверхность суши	Осаждение атмосферных загрязнений на земную поверхность (сушу)
Атмосфера–биота	Осаждение загрязняющих веществ на поверхность растений с последующей ассимиляцией
Гидросфера–атмосфера	Испарение из воды в атмосферу
Гидросфера–гидросфера	Перенос загрязняющих веществ в водных системах
Гидросфера–поверхность суши (дно водоемов)	Переход из воды в почву (фильтрация, сорбция, осаждение на дно водоемов)
Гидросфера–биота	Переход из поверхностных вод в биоту (наземные водные экосистемы), поступление в организм животных и человека с питьевой водой)
Поверхность суши–атмосфера	Переход с поверхности суши, почвы в атмосферу (выветривание, испарение, перенос пыли)
Поверхность суши–гидросфера	Смыв загрязняющих веществ с суши во время снеготаяния с осадками, временными водотоками
Поверхность суши–поверхность суши	Миграция в почве, ледниках, снежном покрове (проникновение загрязнения на разные глубины)
Поверхность суши–биота	Корневые поступления загрязняющих веществ в растительность
Биота–гидросфера	Испарение из биоты
Биота–гидросфера	Попадание загрязняющих веществ из биоты в воду после гибели организма
Биота–поверхность суши	Попадание загрязняющих веществ в почву с экскрементами и после гибели организма
Биота–биота	Миграция загрязняющих веществ по пищевым цепям

2.2.2. Пути перехода загрязняющих веществ между средами различных поверхностей.

В Баренцево море загрязняющие вещества попадают большей частью из атмосферы и по крупным рекам, которые способны перемещать их из загрязненных местностей, расположенных далее к югу вдоль рек. Шахты, открытые горные разработки, металлоперерабатывающие заводы, фабрики, бурение на нефтяных и газовых месторождениях, свалки отходов и населенные пункты могут быть дополнительными местными источниками загрязнения.

Распределение контаминантов в наземной среде во многом зависит от ландшафта, а также от физических и химических характеристик каждого из соединений. Водорастворимые соединения переносятся при таянии снега поверхностными водами, грунтовыми водами и реками. Если они не распадаются, то обычно завершают свой путь в океане.

Загрязняющие вещества с низкой растворимостью в воде, как правило, сорбируются на частицах в почве или донных отложениях. Их судьба зависит от того, смывает ли эрозия почву в водотоки, и, если смывает, то что случится с этими смытыми частицами во время их путешествия по реке к океану.

Важную роль в перемещении загрязняющих веществ в наземной среде играет **таяющий снег**. В течение зимнего периода контаминанты накапливаются в снежном покрове, поступая туда преимущественно из атмосферы. Глубокие снежные сугробы способны удерживать даже летучие вещества, которые тонким слоем снега высвобождаются назад в атмосферу. При повышении температуры водорастворимые вещества концентрируются в талой воде, и первоначальные 20—30 % талой воды могут удалить от 40 до 80 % суммарного количества загрязняющих веществ, имевшихся в снегу до начала таяния. Преобладающая часть талой воды стекает поверх промороженного грунта непосредственно в водотоки и озера. Талая вода способна также быть мощным фактором эрозии. В тех местностях, где был нарушен почвенный покров, текущая вода легко образует промоины и овраги, смывая почвогрунт.

В Арктике сходятся основные атмосферные потоки, речные и морские течения, которые обуславливают дальний перенос загрязняющих веществ в этот регион. Ввиду этого Арктика — потенциальное место для накопления загрязняющих веществ. Самые разнообразные процессы выводят эти загрязняющие вещества из атмосферы, океанов и рек, делая их доступными для растений и животных. Пищевые цепи служат главными биологическими путями для избирательного поглощения, усвоения, переноса, а иногда и концентрирования контаминантов арктическими растениями и животными, многие из которых впоследствии потребляются жителями Арктики. Структура и длина пищевых цепей существенно влияют на перенос и перераспределение загрязняющих веществ в пределах Арктики. Пресноводные и морские экосистемы характеризуются повышенными уровнями УОС по сравнению с наземными экосистемами ввиду более длинных и сложных пищевых цепей.

Местные источники радионуклидов, такие как *захоронения радиоактивных отходов, места хранения ядерных материалов, аварии и взрывы прошлых лет*, вызвали радиоактивное загрязнение. В северо-западной части России наблюдается высокая концентрация радиоактивных источников. Они представляют собой потенциальную угрозу утечки значительного количества радионуклидов.

Сильные воздушные потоки, направленные на север, особенно над западной частью Евразии в зимний период, переносят загрязняющие вещества, например соединения серы и азота, УОС, радионуклиды, из низких широт в Арктику. Климатические особенности создают условия для селективного накопления ПХБ и некоторых пестицидов в Арктике.

Важную роль в переносе загрязняющих веществ в Арктику играют арктические реки, обуславливая его экстремальные сезонные колебания, связанные с ледоставом, таянием снега и льдов и паводками. Взвешенные вещества в дельтах Оби и Енисея, а также донные отложения в Индигирке и Печоре характеризуются высоким содержанием ПХБ и ДДТ. Процессы седиментации играют важнейшую роль в осаждении взвешенных частиц в эстуариях, дельтах и прибрежных арктических шельфах. *Речной перенос является источником местного и регионального распространения радионуклидов, некоторых тяжелых металлов и нефти.*

Загрязняющие вещества широко, но неравномерно распределены по территории Арктики. Географическая изменчивость их уровней обусловлена расположением точечных источников загрязнения, с которыми связаны высокие местные концентрации контаминантов, а также механизмом экологической конвергенции, т.е. схождения физических путей переноса и районов осадконакопления. *Географическая изменчивость чувствительности к воздействиям связана с условиями природной среды, которые делают сходные концентрации биологически приемлемыми в одном районе и губительными в другом.*

Группы коренного населения Арктики подвержены сильному воздействию веществ, загрязняющих окружающую природную среду. Устойчивые соединения, поступающие как благодаря дальнему переносу, так и из местных источников, накапливаются в организмах животных, которые традиционно потребляются в пищу. Изменчивость воздействий на человека обусловлена следующими факторами:

- варьированием концентраций загрязняющих веществ в окружающей среде,
- местными физическими и биологическими каналами поступления контаминантов;
- местным рационом питания людей.

Воздействие радионуклидов осуществляется преимущественно через атмосферный перенос и осаждение в наземные экосистемы. Конкретные характеристики почвы и растительности способствуют концентрации некоторых радионуклидов и значительному их накоплению в растениях и животных (северный олень/карибу, дичь, грибы).

Контроль за эмиссиями привел к сокращению поступлений в окружающую среду некоторых контаминантов (например, свинца, радионуклидов, атмосферной серы). Но существуют потенциальные изменения в источниках и путях переноса загрязнений, которые включают:

- Производство и использование „новых“ органических химикатов, включая новое поколение пестицидов.
- Увеличение эмиссий тяжелых металлов и других элементов или соединений в результате расширения масштабов промышленного производства в Арктике и развивающихся регионах за пределами Арктики (например, в юго-восточной Азии).
- Выбросы радионуклидов и углеводородов при авариях в процессе производства, транспортировки, обращения с отходами и их хранения, включая существующие места захоронения (например, утечка со свалок).
- Аварийные выбросы, при которых экстремальные условия природной среды и изолированность территорий на большей части Арктики сильно затрудняют выявление последствий и принятие мер по их ликвидации.

Глава 3.

Методика составления карт с использованием ГИС-технологий и геоэкологический анализ составленных карт

3.1. Особенности геоэкологического картографирования

Геоэкологическое картографирование многоаспектно и охватывает в поле своего исследования большое количество как природных, так и антропогенных факторов, которые необходимо учитывать при создании как комплексных, так и тем более синтетических карт оценки экологической обстановки региона. Принципиальные сложности геоэкологического картографирования, ощутимые уже при картографировании наземных экосистем, еще более усиливаются при исследовании экологии акваторий, т.к. последние являются сложными по своей структуре многокомпонентные геосистемы, и любой анализ, любая оценка экологического состояния акваторий требует обязательного учета всех ее компонентов, “вкладов” их в общее состояние.

Зачастую сложности возникают при выборе той или иной классификации, т.к. как правило преобладают в основном качественные характеристики факторов, которые довольно трудно оценивать количественно; при отсутствии методик проведения комплексной оценки экологических фактов, процессов и явлений. Кроме того, при составлении синтетических геоэкологических карт невозможно давать оценки и строить прогнозы путем взаимного наложения, простого суммирования частных статических и динамических характеристик и покомпонентных оценок (как в комплексных картах).

Несмотря на изложенный ряд трудностей, в рамках дипломного проекта мы составили серию геоэкологических карт на акваторию Баренцева моря и отдельно Печорского как юго-восточную ее часть, используя при этом компьютерные технологии, различных программных продукты, в т.ч. ГИС, для создания геоэкологических карт и их последующего анализа.

Известно, что при создании карт с применением компьютерных технологии нередко возникает необходимость комбинирования, совмещения и доработки нескольких программных продуктов для проведения полного и детального геоэкологического исследования территории – т.е. работа на принципах модульной системы.

Основными процессами настоящей дипломной работы являлись:

- сбор исходных картографических материалов
- цифрование растровых материалов,
- обработка и редактирование цифровой картографической информации;
- создание карт в электронном виде.
- вывод карт на печать

В последние годы развитие получил метод оценки и прогноза экологической

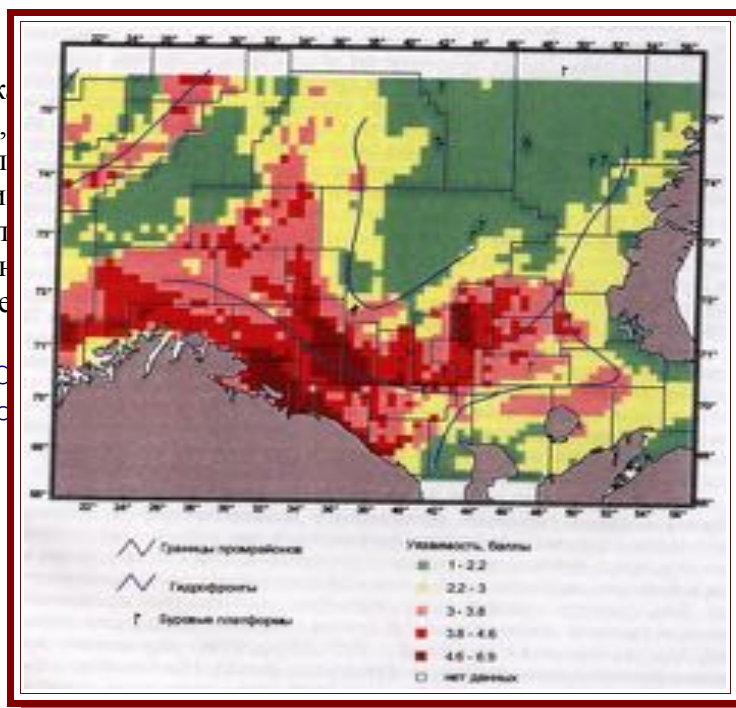
ситуации. При этом при анализе экологического риска учитываются негативные изменения в свойствах, явлениях и процессах, характерных как для ландшафтов в целом, так и для его компонентов. Результатом анализа экологического риска является определение следующих показателей:

- величина риска потери здоровья и/или жизни для человека;
- вероятность изменения (или утраты) природно-ресурсного потенциала территории;
- вероятность проявления негативных изменений в природных ландшафтах.

Наиболее важным при анализе риска является определение уровня приемлемого риска, учитывающего оценку опасности для человека и его хозяйственной деятельности факторов среды обитания, как природных, так и техногенных, а также оценку вероятности появления негативных изменений в природной среде в результате антропогенного воздействия.

Анализ экологического риска проводится при проведении природоохранных мер, экологической ситуации или экологической информации морской экологической информации, бактериологических, медико-биологических изменений природы моря на жизни интегральных критериев оценки состояния

С
аквато



при
ной
ной
но-
ных
вия

В методическом плане районирование определяется как процедура вычленения целостных территориальных систем, когда внимание исследователей концентрируется на различиях между ними. При типологии и оценке основной критерий — однородность выделяемых таксонов [29].

На рис.20 представлен вариант составленной синтетической карты, показывающей районы Баренцева моря, различные по степени уязвимости экосистемы к техногенным воздействиям.

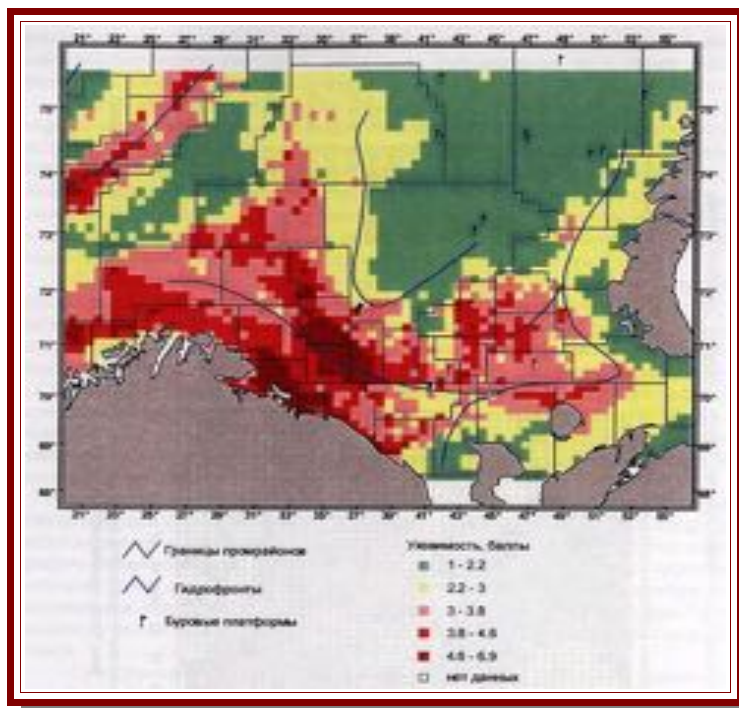


Рис.20.
Синтетическая карта оценки уязвимости акватории Баренцева моря (холодные годы). (ММВИ, 1998)

3.2. Источники и методика компьютерного составления

геоэкологических карт Баренцева моря.

Дипломный проект был полностью разработан в среде **Linux Red Hat**, с использованием программных пакетов: GIS ArcView 3.2.a, WINE (альтернативная реализация WinAPI; использовался, собственно, для запуска ArcView), Autotrace, GIMP 1.2.5; текст – OpenOffice.org в среде KDE, с помощью терминального соединения по SSH – протоколу с удаленным сервером, на котором запускались необходимые пакеты. Это необходимо было для распределения ресурсов HDD, т.к. обработка растрового изображения размером в 570 MB и его векторизации требовала внушительного объема памяти и "места" на HDD; на терминале с небольшими ресурсами работа с растром была физически невозможна.

В рамках дипломной работы были использованы данные отбора проб арктических экспедиций за 1996 г. На распределение контаминантов в значительной степени оказывают воздействие различные природные факторы, которые могут ускорить либо, наоборот, затормозить протекание химических процессов, диссимилирующих контаминанты во взвеси. В связи с этим на картах дополнительным фоном показаны следующие элементы биотопов:

1. Ледовый покров.

- оказывает определяющее влияние на формирование подводного берегового склона, резко ослабляет интенсивность волнения и приводит к образованию пологого подводного склона, на котором накапливаются преимущественно тонкодисперсные глинистые отложения даже на прибрежном мелководье, которые обладают значительной сорбционной ёмкостью. Широкое распространение по побережью Арктики получили термоабразионные берега. Разрушение берегов под воздействие термоабразии происходит со скоростью до 6 м/год. Термоабразионные берега при их разрушении являются важнейшим источником поступления основного количества осадочного материала. Абразионным процессам подвержены по меньшей мере 50 % арктических берегов России. Процесс абразии приводит к многомиллионным убыткам: теряются ценнейшие прибрежные земли, разрушаются промышленные сооружения, привлекая с собой дополнительные выносы контаминантов, – в этих условиях важным становится вопрос об экологии морских берегов. Важнейший процесс при образовании денудационных берегов – морозное выветривание, которое наблюдается на участках распространения коренных пород. **Процессы морозного выветривания определяют поступление и перемещение осадочного материала в акваторию морей, являясь дополнительным поставщиком контаминантов.** Многолетняя мерзлота, избыточное увлажнение низкие температуры криолитозоны замедляют в полярной зоне течение биохимических процессов.

2. Берега

- зона наибольшего видового видообразия, максимальной

биопродуктивности, крупнейших месторождений нефти и газа.

- Кроме того, это зона интенсивного судоходства, портового строительства, т.е. испытывает максимальные антропогенные нагрузки. В условиях полярного режима прибрежно-шельфовая зона имеет ряд особенностей:

интенсивность ледового режима
ослабленность волновых процессов
морозное выветривание
солифлюкция
термическая абразия
термическая денудация

Широкое распространение по побережью Арктики получили **термоабразионные берега**. - при их разрушении это важнейший источник поступления осадочного материала.

Абразонным процессам подвержены по меньшей мере 50 % арктических берегов России. Процесс абразии приводит к громадным убыткам: теряются ценнейшие прибрежные земли, разрушаются промышленные сооружения, привлекая с собой дополнительные выносы контаминантов, - в этих условиях важным становится вопрос об экологии морских берегов.

Денудационные берега - образуются при морозном выветривании. Благодаря морозному выветриванию в акваторию морей также дополнительно поступают осадочный материал и контаминанты.

В целом,

- **многолетняя мерзлота,**
- **избыточное увлажнение,**
- **низкие температуры криолитозоны**

замедляют в полярной зоне течение биохимических процессов, т.е. создают благоприятные условия для загрязнения экосистемы.

3. Температура воды

Растворимость нефти в воде прямо зависит от ее температуры. Отрицательные биологические эффекты нефтяного загрязнения наиболее ощутимы именно в полярных экосистемах, т.к. низкие температуры воды и воздуха тормозят биохимические процессы даже в летний период.

Нефть, которая попадает под лёд, задерживается в углублениях его нижней поверхности и сорбируется льдом.

Поэтому мы показали на карте нефтяного загрязнения

- границы распределения **криолитозоны** шельфа Северного Ледовитого Океана
- границы **установления ледового покрова в марте и сентябре**, как отражение температурного состояния Баренцево-Карского региона и потенциальной возможности нефтяного загрязнения.
- **изотермы поверхностного слоя вод** в летние месяцы.

4. Направления течений

Основная масса **хлорорганических пестицидов и полихлорбифенилов** привносится в морскую среду речным и материковым стоком и морскими течениями (например, Гольфстримом – в Баренцево море). Поэтому чтобы показать основные пути распространения этих контаминантов мы обозначили на картах основные направления течений в акватории морей.

5. Типы поверхностных отложений

Распределение **типов поверхностных отложений** коррелирует с загрязненностью **цезием-137** и **ПХБ**, т.к. эти контаминанты накапливаются в донных отложениях, и, естественно, лучше сорбируются илистыми осадками; в средне- и крупнозернистых песках и ракуши концентрации этих загрязнителей крайне низки. Именно эту взаимосвязь мы постарались наглядно отразить на карте.

Распределение **типов поверхностных отложений** коррелирует с загрязненностью **цезием-137** и **ПХБ**, т.к. эти контаминанты накапливаются в донных отложениях, и, естественно, лучше сорбируются илистыми осадками; в средне- и крупнозернистых песках и ракуши концентрации этих загрязнителей крайне низки. Сравнивая концентрации, например, цезия-137 в Обской губе и Енисейском эстуарии, можно чётко видеть повышенные значения концентрации в последнем. Объясняется это характером донных отложений: в устье Енисея значительно преобладают глинистые илы, в то время как в Обской губе дно сложено в основном песчано-алеврито-глинистыми илами, обладающими меньшей сорбционной ёмкостью. В результате, удельная ёмкость цезия в Енисейском заливе оказывается намного выше, превышая в среднем по заливу 50 Бк/кг, тогда как в Обской губе ее средние значения порядка 10 Бк/кг. Именно эту взаимосвязь мы постарались наглядно отразить на карте.

Для отображения концентрации тяжелых металлов во взвеси речной воды использовалась функция автоматизированного создания диаграмм ("**Chart**") : по имеющимся атрибутивным данным для каждой точки со значениями концентраций конкретных металлов (всего взято 9 типов металлов – Cu, Cr, As, Ni, V, Zn, Cd, Co, Pb) автоматизированным путем были построены **локализованные диаграммы**.

Изменение значений цезия-137 от «менее 10» до «более 40» представлено градуированным изменением значения символа; крупнейшие районы захоронения твердых радиоактивных отходов также изображены значками, величина которых отражает уровень загрязнения точки локализации радиоактивностью.

Распределение пестицидов а-ГХЦГ и b-ГХЦГ на карте содержания пестицидов в донных осадках морей изображено столбчатыми диаграммами, построенными автоматизированно функцией "**Chart**".

Увеличение концентраций ПХБ отражено с помощью функции

'**Graduated symbol**', где градуировка величины символа проведена через 1 единицу значений (выраженных в нг/г) и прямо пропорционально отражает степень загрязнения - т.о., шкала градаций равномерная.

В работе были использованы карты из **Атласа Арктики, Атласа Океанов** (в 2-х т .т.), материалы, публикации и отчеты АМАП - Arctic Monitoring and Assessment Programme (Программа арктического мониторинга и оценки, учрежденная в 1991г. в рамках Стратегии защиты окружающей среды Арктики), а также различные материалы из INTERNET, посвященные проблемам охраны окружающей среды Арктики ([http://www. Grida.no/AMAP](http://www.Grida.no/AMAP))

**Материалы, использованные при составлении карт
Баренцева моря**

Название карты, название тематического слоя, для которого использовалась информация	Источники	
	Название	Источник
<p>Распределение НУ в придонном слое вод Баренцева моря <i>Содержание НУ в придонном слое вод</i></p>	Содержание НП в воде Баренцева моря в 1988-1996г.г	Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 293
<p>Содержание Cs-137 в донных осадках Баренцева моря <i>Содержание Cs-137 в донных осадках Баренцева моря</i></p>	Содержание Cs-137 в донных осадках Баренцева и Белого морей	Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 362
<p>Содержание пестицидов и тяжелых металлов в донных осадках Баренцева моря <i>Содержание пестицидов и тяжелых металлов</i></p>	Содержание а- и у-ГХЦГ в некоторых районах Баренцева моря в 1988- 1996 г.г.	Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 296
<p>Распределение НУ в придонном слое вод Баренцева моря <i>Распространение субаквальной криолитозоны ...</i></p>	Ледяной покров Северного Ледовитого Океана (Советская Арктика...1970)	Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 113
<p>Содержание пестицидов и тяжелых металлов в донных осадках Баренцева моря <i>Содержание пестицидов и тяжелых металлов</i></p>	Содержание ЗВ в донных осадках Баренцева моря в 1993-1994г.г.	Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 296

Название карты, название тематического слоя, для которого использовалась информация	Источники	
	Название	Источник
Распределение НУ в придонном слое вод Баренцева моря <i>Изотермы поверхностного слоя воды</i>	Распределение температуры поверхностного слоя воды арктических морей	Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 94; сост. Тимохов
Распределение НУ в придонном слое вод Баренцева моря <i>Содержание НУ в придонном слое вод</i>	Среднее и максимальное содержание НП в воде Баренцева моря в 1988-1996г.г	Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 294
Содержание Cs-137 в донных осадках Баренцева моря <i>Содержание Cs-137 в донных осадках Баренцева моря</i>	Содержание Co-60 и Cs-137 в донных осадках Кольского залива	Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 368
Распределение НУ в придонном слое вод Баренцева моря <i>Распространение субаквальной криолитозоны ...</i>	Схематическая карта криолитозоны арктического шельфа Евразии (Геоэкология...)	Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 79; сост. Ласточкин А.Н. и др.
Геоэкологическое районирование Баренцева моря <i>Морфоструктуры Баренцева моря</i>	Морфоструктурная карта западной части континентальной окраины Евразии	Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 78; сост. Ласточкин А.Н. и др.

<p>Название карты, название тематического слоя, для которого использовалась информация</p>	<p>Источники</p>	
	<p>Название</p>	<p>Источник</p>
<p>Геоэкологическое районирование Баренцева моря <i>Морфоструктуры Баренцева моря</i></p>	<p>Морфоструктурная схема шельфа Баренцева и западной части Карского морей</p>	<p>Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 41; сост. Аксенов и др.</p>
<p>Геоэкологическое районирование Баренцева моря <i>Морфологически однородные поверхности Баренцева моря</i></p>	<p>Схема морфологически однородных ... поверхностей на северном шельфе Евразии...</p>	<p>Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 51; сост. Ласточкин.</p>
<p>Содержание ПХБ в донных осадках Баренцева моря <i>Типы поверхностных отложений на арктическом шельфе Евразии</i></p>	<p>Карта-схема распространения ... основных типов поверхностных отложений (Павлидис и др. 1998)</p>	<p>Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 53;</p>
<p>Геоэкологическое районирование Баренцева моря <i>Морфоструктуры Баренцева моря</i></p>	<p>Схема подводных долин и каньонов на северной континентальной окраине Евразии...</p>	<p>Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 51; сост. Ласточкин.</p>
<p>Распределение НУ в придонном слое вод Баренцева моря <i>Границы Северного Ледовитого океана: в марте... в январе</i></p>	<p>Схема расположения зон ледовой седиментации (Биология и океанография)</p>	<p>Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 72;</p>

Название карты, название тематического слоя, для которого использовалась информация	Источники	
	Название	Источник
Содержание Cs-137 в донных осадках Баренцева моря <i>Типы поверхностных отложений на арктическом шельфе Евразии</i>	Карта-схема распространения ... основных типов поверхностных отложений (Павлидис и др. 1998)	Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 53;
Геоэкологическое районирование Баренцева моря <i>Морфоструктуры Баренцева моря</i>	Карта геокриологического районирования (Мельников, Спесивцев, 1995)	Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 38;
Содержание пестицидов и тяжелых металлов в донных осадках Баренцева моря <i>Содержание тяжелых металлов</i>	Содержание ТМ в донных осадках Баренцева моря по данным разных авторов	Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 38;
Содержание Cs-137 в донных осадках Баренцева моря <i>Содержание Cs-137 в донных осадках Баренцева моря</i>	Содержание Cs-137 в донных осадках Карского моря осенью 1995г. (Галимов и др.)	Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 363
Содержание Cs-137 в донных осадках Баренцева моря <i>Содержание Cs-137 в донных осадках Баренцева моря</i>	Содержание Cs-137 в донных осадках Карского моря и в эстуариях рек Обь и Енисей осенью 1993г.	Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 365

3.3. Источники и методика компьютерного составления геоэкологических карт Печорского моря.

На начальном этапе работы была отсканирована исходная карта Печорского моря 1:20000 масштаба (лист формата А0), которая в дальнейшем являлась основой для основного проекта диплома (рис.1). Для оцифровки был выбран программный пакет Autotrace, позволяющий при установке соответствующих параметров оцифровать карту в автоматическом режиме. При этом выбор необходимых параметров (количество цветов исходной карты, алгоритм сглаживания и т.д.) радикально изменяет качество полученной оцифрованной карты.

Первоначально при оцифровке количество цветов в изображении исходной карты было редуцировано до 4-х (в Autotrace можно произвольно задавать число цветов в пределах 0-256).

Таблица 7
Материалы, использованные при составлении карт
Печорского моря

Название карты, название тематического слоя, для которого использовалась информация	Источники		
	Название	Автор, год	Источник
Геоэкологическая ситуация Печорского моря <i>Геоэкологические районы Печорского моря</i>	Схема оценки геоэкологической ситуации Печорского моря	Айбулатов Н.А. 2001	Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А. стр. 58
Распределение очагов нефтеобразования в донных отложениях Печорского моря <i>Типы рельефа дна</i>	Рельеф шельфа Печорского моря	Огородов С.А. 2001	Печорское море: системные исследования. п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 77

Название карты, название тематического слоя, для которого использовалась информация	Источники		
	Название	Автор, год	Источник
Содержание первичной продукции и хлорофилла в поверхностном слое вод Печорского моря <i>Распределение хлорофилла...</i>	Схема станций зондирования в 13 рейсе НИС... (номера станций; их координаты)	Бышев и др., 1995.	Печорское море: системные исследования. п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 109
Содержание первичной продукции и хлорофилла в поверхностном слое вод Печорского моря <i>Распределение хлорофилла...</i>	Измеренные и восстановленные..значения концентраций хлорофилла... (номера отдельных станций с их координатами)	Бышев и др., 1995.	Печорское море: системные исследования. п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 123
Геоэкологическая ситуация Печорского моря <i>Рельеф дна Печорского моря</i>	Рельеф шельфа Печорского моря	Огородов С.А. 2001	Печорское море: системные исследования. п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 77
На всех картах серии <i>основные направления течений</i>	Схема рассчитанных течений юго-восточной части Баренцева моря	Бышев и др., 1995.	Печорское море: системные исследования. п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 95
Распределение очагов нефтеобразования в донных отложениях Печорского моря <i>Распределение поверхностных донных отложений</i>	Карта распределения поверхностных донных отложений (Экосистемы...)	Огородов, 2001	Печорское море: системные исследования. п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 58

Название карты, название тематического слоя, для которого использовалась информация	Источники		
	Название	Автор, год	Источник
<p>Распределение очагов нефтеобразования в донных отложениях Печорского моря</p> <p><i>Очаги нефтеобразования, месторождения УВ</i></p>	<p>Распределение очагов нефтегазообразования в нижнепермских отложениях. Зоны генерации нефтяных УВ.</p>	<p>КИЦ ИНКОТЭКб 2000. Нефть-Тимано-Печоры. Региональное приложение...</p>	<p>Печорское море: системные исследования.</p> <p>п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 363</p>
<p>Распределение очагов нефтеобразования в донных отложениях Печорского моря</p> <p><i>Очаги нефтеобразования, месторождения УВ</i></p>	<p>Нефтегазовые месторождения и инфраструктура Тимано-Печоры.</p>	<p>Андреева Е.Н. и др., 2001</p>	<p>Печорское море: системные исследования.</p> <p>п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 410</p>
<p>Распределение очагов нефтеобразования в донных отложениях Печорского моря</p> <p><i>Морфоструктуры Печорского моря</i></p>	<p>Морфоструктурная схема Печорского моря (Арктический шельф ...)</p>	<p>Никифоров С.Л. и др. 1998</p>	<p>Печорское море: системные исследования.</p> <p>п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 65</p>
<p>Распределение очагов нефтеобразования в донных отложениях Печорского моря</p> <p><i>Рельеф прибрежной суши</i></p>	<p>Схема морфологии и динамики берегов Печорского моря</p>	<p>Огородов С.А. 2001</p>	<p>Печорское море: системные исследования.</p> <p>п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 41</p>
<p>Содержание Cs-137 в донных осадках Печорского моря</p> <p><i>Распределение поверхностных донных отложений</i></p>	<p>Карта распределения поверхностных донных отложений (Экосистемы...)</p>	<p>Огородов, 2001</p>	<p>Печорское море: системные исследования.</p> <p>п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 58</p>

Название карты, название тематического слоя, для которого использовалась информация	Источники		
	Название	Автор, год	Источник
Содержание Cs-137 в донных осадках Печорского моря <i>Рельеф прибрежной суши</i>	Схема морфологии и динамики берегов Печорского моря	Огородов С.А. 2001	Печорское море: системные исследования. п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 41
Содержание Cs-137 в донных осадках Печорского моря <i>Рельеф дна Печорского моря</i>	Рельеф шельфа Печорского моря	Никифоров С.Л. и др. 1998	Печорское море: системные исследования. п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 77
Распределение суммарных биомасс диатомей в прибрежной части Печорского моря <i>Биомасса диатомей</i>	Карта бентосных станций в прибрежном мелководье Печорского моря	Кучерук Н.В. и др., 1997	Печорское море: системные исследования. п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 219
Распределение суммарных биомасс диатомей в прибрежной части Печорского моря <i>Биомасса диатомей, координаты станций отбора</i>	Список бентосных проб из Печорского моря	Кучерук Н.В. и др., 1997	Печорское море: системные исследования. п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 218
Содержание первичной продукции и хлорофилла в поверхностном слое вод Печорского моря <i>Распределение хлорофилла...</i>	Результаты измерения продукционных характеристик фитопланктона ...	Ведерников В.И. и др.	Печорское море: системные исследования. п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 201

Название карты, название тематического слоя, для которого использовалась информация	Источники		
	Название	Автор, год	Источник
<p>Геоэкологическая ситуация Печорского моря</p> <p><i>Рельеф прибрежной суши</i></p>	<p>Схема морфологии и динамики берегов Печорского моря</p>	<p>Огородов С.А. 2001</p>	<p>Печорское море: системные исследования.</p> <p>п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 41</p>
<p>Содержание Cs-137 в донных осадках Печорского моря</p> <p><i>Содержание Cs-137 в донных осадках</i></p>	<p>Содержание Cs-137 в донных осадках Печорского моря</p>	<p>Иванов, 1999</p>	<p>Геоэкология шельфа и берегов морей России. Айбулатов Н.А., стр. 58</p>
<p>Распределение суммарных биомасс диатомей в прибрежной части Печорского моря</p> <p><i>Биомасса диатомей</i></p>	<p>Таблица: Распределение по глубинам суммарных биомасс диатомей</p>	<p>Кучерук Н.В. и др., 1997</p>	<p>Печорское море: системные исследования.</p> <p>п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 221</p>
<p>Содержание первичной продукции и хлорофилла в поверхностном слое вод Печорского моря</p> <p><i>Распределение хлорофилла...</i></p>	<p>Схема расположения станций с измерением содержания хлорофилла в поверхностном слое ...</p>	<p>Ведерников В.И. и др.</p>	<p>Печорское море: системные исследования.</p> <p>п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 197</p>
<p>Геоэкологическая ситуация Печорского моря</p> <p><i>Типы берегов</i></p>	<p>Схема морфологии и динамики берегов Печорского моря</p>	<p>Огородов С.А. 2001</p>	<p>Печорское море: системные исследования.</p> <p>п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 41</p>

Название карты, название тематического слоя, для которого использовалась информация	Источники		
	Название	Автор, год	Источник
Геоэкологическая ситуация Печорского моря <i>Типы берегов</i>	Морфолитодинамика берегов Печорского моря в районе пос. Варандей	Огородов С.А. 2001	Печорское море: системные исследования. п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 48
Геоэкологическая ситуация Печорского моря <i>Морфоструктуры Печорского моря</i>	Морфоструктурная схема Печорского моря (Арктический шельф ...)	Огородов С.А. 1998	Печорское море: системные исследования. п/ред. Е.А.Романкевича, стр. 65

3.4. Геоэкологический анализ составленных карт Баренцева и Печорского морей

В результате работы над дипломным проектом с использованием картографических и литературных и др. источников были созданы следующие геоэкологические карты:

Б а р е н ц е в о м о р е :

1. Геоэкологическое районирование Баренцева моря
2. Содержание Cs-137 в донных осадках Баренцева моря
3. Распределение нефтеуглеводородов в донных осадках Баренцева моря
4. Содержание пестицидов и тяжелых металлов в донных осадках Баренцева моря
5. Содержание ПХБ в донных осадках Баренцева моря

П е ч о р с к о е м о р е :

1. Геоэкологическая ситуация Печорского моря
2. Распределение очагов нефтеобразования в донных отложениях Печорского моря
3. Содержание Cs-137 в донных осадках Печорского моря
4. Распределение суммарных биомасс диатомей в прибрежной части Печорского моря

Содержание ПХБ в донных осадках Баренцева моря

Построенные карты распределения, помимо «чистых» участков, указывают на участки относительно повышенных содержаниях. На карте **“Содержание ПХБ в донных осадках Баренцева моря”** и **“Содержание пестицидов в донных осадках Баренцева моря”** показано распределение ПХБ и, соответственно, а-ГХЦГ и б-ГХЦГ в донных осадках Баренцева моря. Зафиксированы несколько зон относительно повышенных содержаниях – юго-западная, Кольская, Атлантическая и Новоземельская.

Юго-западный участок повышенных значений ПХБ достаточно хорошо коррелирует со схемой атлантических течений и, скорее всего, является отражением загрязняющего влияния промышленных и бытовых стоков западно-европейских стран. Кольский участок жестко привязан к Кольскому заливу и связанному с ним стоку загрязнений с мурманского региона, Новоземельский участок имеет наибольший размер, и обусловлен, скорее всего, ядерными испытаниями и деятельностью Военно-Морского флота. Участок к северу от мыса Желания прямо связан со свалкой военных отходов.

Атлантический участок повышенной концентрации ПХБ напрямую отражает влияние загрязняющих течений системы Гольфстрима (влиянием Нордкапской ветви Гольфстрима), отдельные части которой заходят в Баренцево море либо поступлением ПАУ за счет берегового стока.

Кроме того, отмечаются участки повышенных значений в районе Шпицбергена и ЗФИ, что связано с таянием ледовых и снежных покровов архипелагов, загрязненных за счет атмосферных выпадений.

Содержание пестицидов и тяжелых металлов в донных осадках Баренцева моря

Зоны максимальных концентраций ГХЦГ расположены в прибрежной зоне архипелагов Шпицберген и Новая Земля и в районе Варангер-фьорда и Кольского залива.

Зона высоких концентраций в прибрежной зоне архипелага Шпицберген разбита на три участка с относительно более высокими содержаниями (более 0.9 нг/л), иногда достигающими значений 1.3 нг/л. Все они приурочены к крупным фьордам и, вероятнее всего, высокие значения содержаниях объясняются поступлением А-ГХЦГ с тальми водами снежного покрова и ледников. В прибрежной зоне архипелага Новая Земля расположена вторая крупная зона повышенных концентраций. Она имеет выдержанный характер и простирается практически вдоль всего побережья. Отличительной особенностью данной зоны является значительная протяженность и площадь участка максимальных

В целом, те участки, на которых встречены значения отличающиеся от нуля, совпадают с такими для других групп

органических загрязнений, т.е. можно говорить о сходном рисунке пространственного распределения контаминантов группы хлорорганических соединений.

Так для ДДТ, также как и для ПХБ, участки относительно повышенных содержаний практически совпадают. Четко фиксируется юго-восточный, связанный с Гольфстримом участок, и Кольский участок, имеющий несколько большую площадь. И напротив, сократился Новоземельский участок, разделившийся на цепочку отдельных локальных точек. При этом зона повышенных значений к северу от Новой Земли, в районе свалки, осталась.

На карте **"Содержание пестицидов в донных осадках Баренцева моря"** можно видеть 3 хорошо обособленные зоны:

1. центральная глубоководная с минимальными значениями
2. прибрежная, характеризующаяся относительно высокими содержаниями. вероятным источником А-ГХЦГ может быть сток с архипелага, на котором расположен ядерный испытательный полигон.
3. в Кольском заливе и к западу от него, в Варангер-фьорде. В Кольском заливе зафиксированы максимальные значения А-ГХЦГ—1.9 нг/л, что, вероятнее всего, связано со стоком мурманского промышленного региона. Район Варангер-фьорда имеет несколько меньшие значения — 1.2 нг/л. Практически 90% акватории имеет содержания менее 0.3 нг/л, а в центральной глубоководной части зафиксированы значения ниже порога чувствительности. Наиболее обширные участки высоких значений, как и для А-ГХЦГ, располагаются в прибрежной зоне архипелагов Новая Земля и Шпицберген, сохраняя все ранее выявленные закономерности.

Содержание нефтеуглеводородов в донных осадках Баренцева и Печорского морей

На составленных картах "Распределение нефтяных углеводородов в придонном слое вод Баренцева моря" видны две зоны максимальных значений фенолов — западная и восточная. На западе, вероятнее всего, главным источником фенолов являются атлантические воды. На востоке, в качестве главного источника, можно предположить вынос загрязненных вод из Горла Белого моря. Кроме того, отмечается участок повышенных значений в Кольском заливе и на прилегающей к нему акватории.

Содержание Cs-137 в донных осадках Баренцева и Печорского морей

Отраженное на картах (как Баренцева, так и Печорского морей) распределение загрязненности **цезием-137** коррелирует с типами поверхностных отложений, т.к. эти контаминанты накапливаются в

донных отложениях, и, естественно, лучше сорбируются илистыми осадками; в средне- и крупнозернистых песках и ракуши концентрации этих загрязнителей крайне низки.

Сравнивая концентрации, например, цезия-137 в Обской губе, можно четко видеть повышенные значения концентрации в последнем. Объясняется это характером донных отложений: в устье Оби значительно преобладают глинистые илы, в то время как в Обской губе дно сложено в основном песчано-алеврито-глинистыми илами, обладающими меньшей сорбционной ёмкостью. В результате, удельная ёмкость цезия в Енисейском заливе оказывается намного выше, превышая в среднем по заливу 50 Бк/кг, тогда как в Обской губе ее средние значения порядка 10 Бк/кг. Именно эту взаимосвязь мы постарались наглядно отразить на карте.

Геозэкологическое районирование Баренцева и Печорского морей

Геозэкологические карты, являясь синтетическими по типологической классификации, отражают взаимосвязи компонентов геосистем. Карты геозэкологического районирования являются итоговыми в процессе создания дипломного проекта и были созданы на завершающем этапе работы; по сути они являются итоговой оценкой настоящей, сложившейся на данный этап ситуации изучаемых акваторий.

Выделение районов проводилось путем наложения тематических слоев, отражающих

- содержание контаминантов (где наглядно отражена степень загрязненности отдельных участков акватории разными контаминантами, т.е. конкретно можно видеть, например, области, особо загрязненные Cs-137, ПХБ, тяжелыми металлами и т.д.)
- типов донных осадков, (т.к. на поверхностях с преобладающим распространением, например, глинистых осадков, процессы накопления и аккумуляции будут происходить гораздо интенсивнее и загрязняющие вещества гораздо дольше будут оставаться в таких грунтах, медленнее "вымываться" из грунтов, следовательно, эти поверхности гораздо более подвержены экологическому прессингу, чем, к примеру, песчаные, из которых "вымывание" контаминантов проходит намного интенсивнее - см. выше: Глава 2 Экологическое загрязнение...)
- площади распространения криолитозоны (т.к. выше было указано, что распространение криолитозоны непосредственно воздействует на экологическое состояние экосистем из-за различной скорости протекания химических процессов под действием различных температур)
- геоморфологически однородных районов, показывающих основные морфоструктуры районов (т.к. известно, что на поверхностях, где преобладающими являются процессы аккумуляции и седиментации

происходит накопление веществ, в т.ч. контаминантов – см. выше: Глава 2 Экологическое загрязнение...)

Особо загрязненные районы Баренцева моря –

- **Новоземельский желоб**, печально известный повышенной загрязненностью Cs-137 вследствие ядерных испытаний и радиоактивных захоронений на этой территории,
- **трасса интенсивного мореходства из Мурманска**,
- **западная часть Шпицбергена** (здесь ситуация осложнена к тому же тем, что территория расположена на пути одной из ветвей Гольфстрима, приносящей дополнительный поток контаминантов из Европы),
- **юго-восток Баренцева моря – Печорское море**, где в последнее время разрабатываются нефтяные и газоконденсатные месторождения.

Уточнение линий границ районов проводилось с учетом геоморфологического районирования территории (т.е. подключался дополнительный слой, содержащий линейные морфоструктуры района, а также тематический слой “морфологически однородные районы” акватории). Т.е., проводя районирование, мы постарались учитывать все доступные нам данные на исследуемый район и учесть при этом их возможное влияние на экосистему (осложняющее или, наоборот, облегчающее напряженность ситуации).

В связи с этим в рамках дипломной работы были составлены карты, отражающие распределение загрязняющих веществ по акватории Баренцева моря:

пестицидов – а-ГХЦГ и b-ГХЦГ,

радиоактивных металлов - Cs-137,

тяжелых металлов- Co, Cd, Fe, Zn, Cu, As, Ni, V, Cr,

полихлорированных бифенилов – ПХБ,

нефтяных углеводородов - НУ

Наз, с использованием программных пакетов: GIS ArcView 3.2.a, WINE (альтернативная реализация WinAPI; использовался, собственно, для запуска ArcView), Autotrace, GIMP 1.2.5; текст – OpenOffice.org в среде KDE, с помощью терминального соединения по SSH – протоколу с удаленным сервером, на котором запускались необходимые пакеты. Это необходимо было для распределения ресурсов HDD, т.к. обработка растрового изображения размером в 570 МВ и его векторизации требовала внушительного объема памяти и “места” на HDD; на терминале с небольшими ресурсами работа с растром была физически невозможна.

Печорское море.

На начальном этапе работы была отсканирована исходная карта Печорского моря 1:20000 масштаба (лист формата А0), которая в дальнейшем являлась основой для основного проекта диплома (рис.1).

Для оцифровки был выбран программный пакет Autotrace, позволяющий при установке соответствующих параметров оцифровать карту в автоматическом режиме. При этом выбор необходимых параметров (количество цветов исходной карты, алгоритм сглаживания и т.д.) радикально изменяет качество полученной оцифрованной карты.

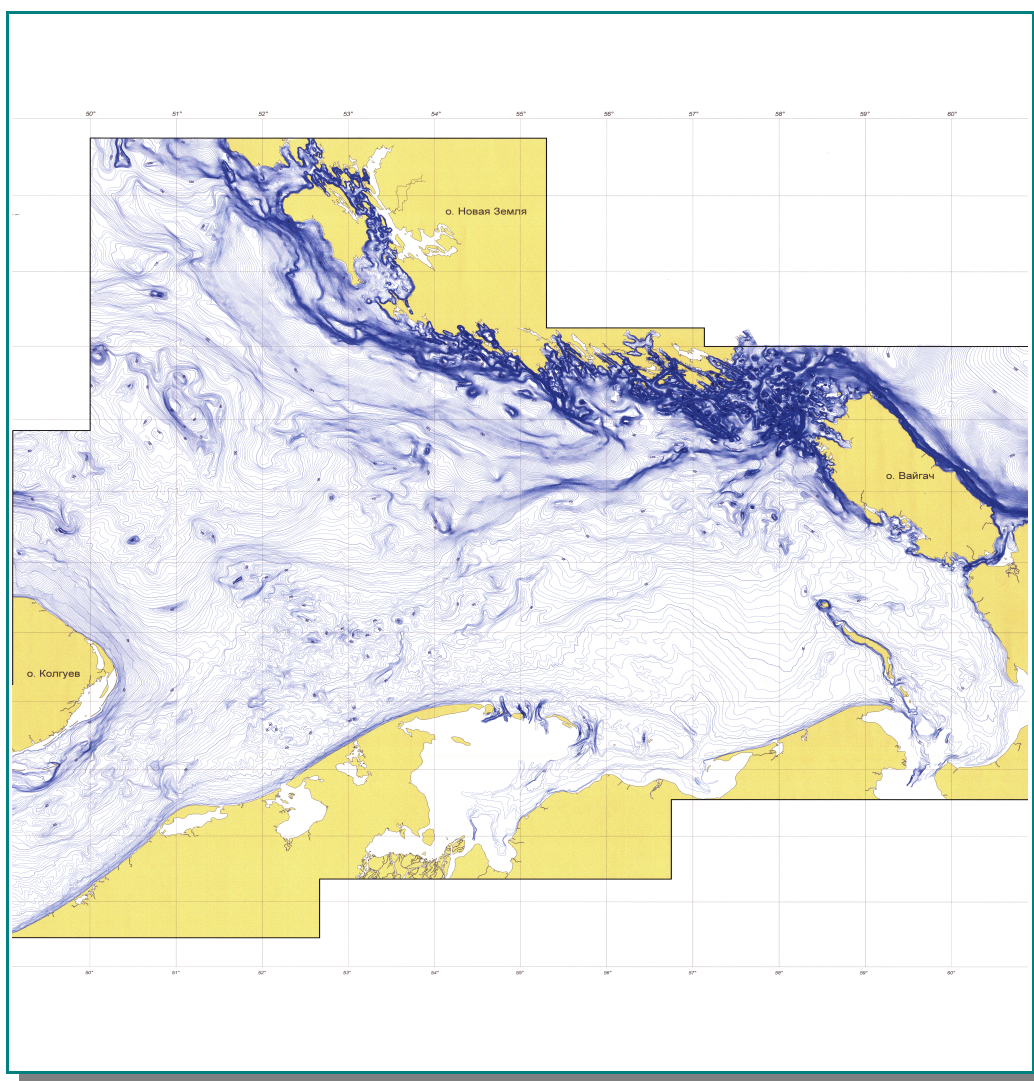


Рис. 21

*Печорское море. Исходное растровое изображение.
(!!Размер изображения составляет **5%** от оригинального)*

Первоначально при оцифровке количество цветов в изображении исходной карты было редуцировано до 4-х (в Autotrace можно

произвольно задавать число цветов в пределах 0-256).

Оцифрованный файл был добавлен в ArcView 3.2.a как векторный с расширением .dxf (Feature Data Source), после чего конвертирован в .shp-файл – основной векторный формат ArcView (рис.2).

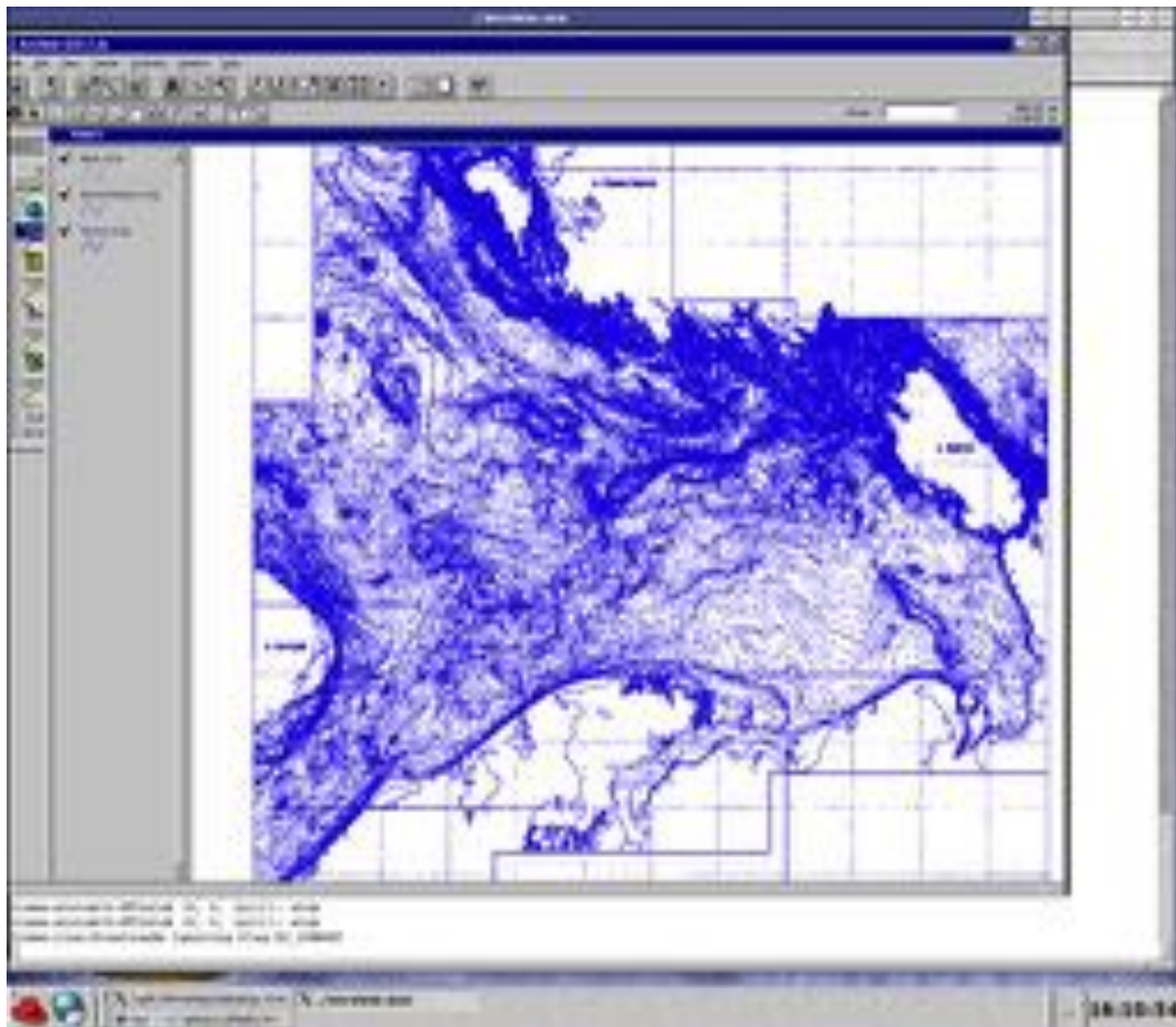


Рис. 22.

Пример оцифрованной карты, где цвета исходной карты редуцированы до 4.

Хотя на первый взгляд изображение в проекте (см. рис.2) кажется как вполне приемлемое, но при более подробном просмотре оказалось, что сведение изображения исходной карты к 4-м цветам дает крайне грубый результат (рис.4).

Выбор 4 цветов в исходной карте при цифровании не позволял получить качественного изображения, т.к. линии получались рваными; в результате получалась не единая плавная линия, а множество отрезков, оконтуривающими горизонталь лишь в общих чертах, см. рис.3.

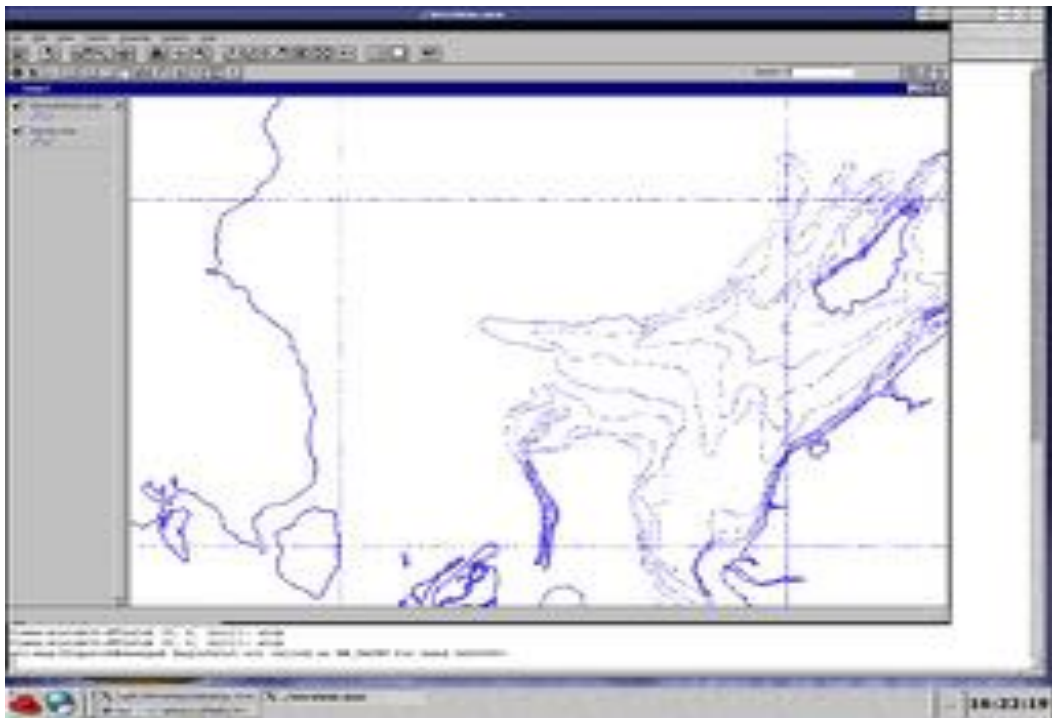


Рис. 23.

фрагмент оцифрованного изображения, где цвета исходной карты были редуцированы до 4.

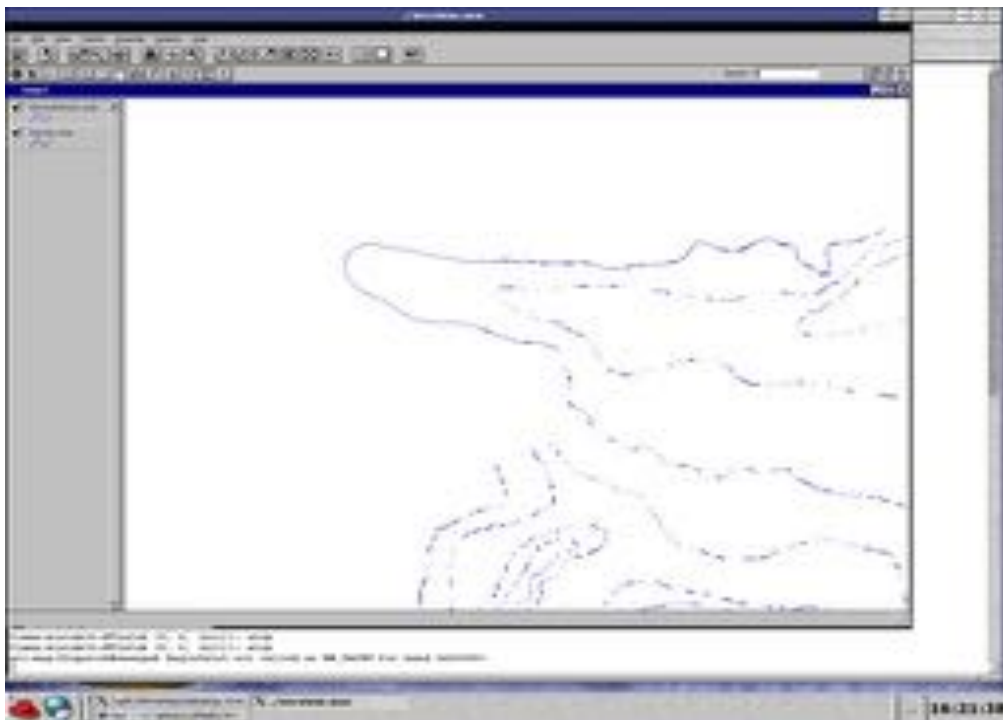


Рис. 24.

фрагмент оцифрованного изображения: при 4-цветном исходном изображении векторные линии прорисованы крайне грубо; линии рваные, зачастую состоят из отдельных коротких прерывающихся отрезков, цепи точек, лишь схематично показывающих генеральное направление линии.

В рабочий проект, содержащий векторный файл оцифрованной карты было добавлено растровое изображение формата .BMP для контроля качества векторизованного изображения.

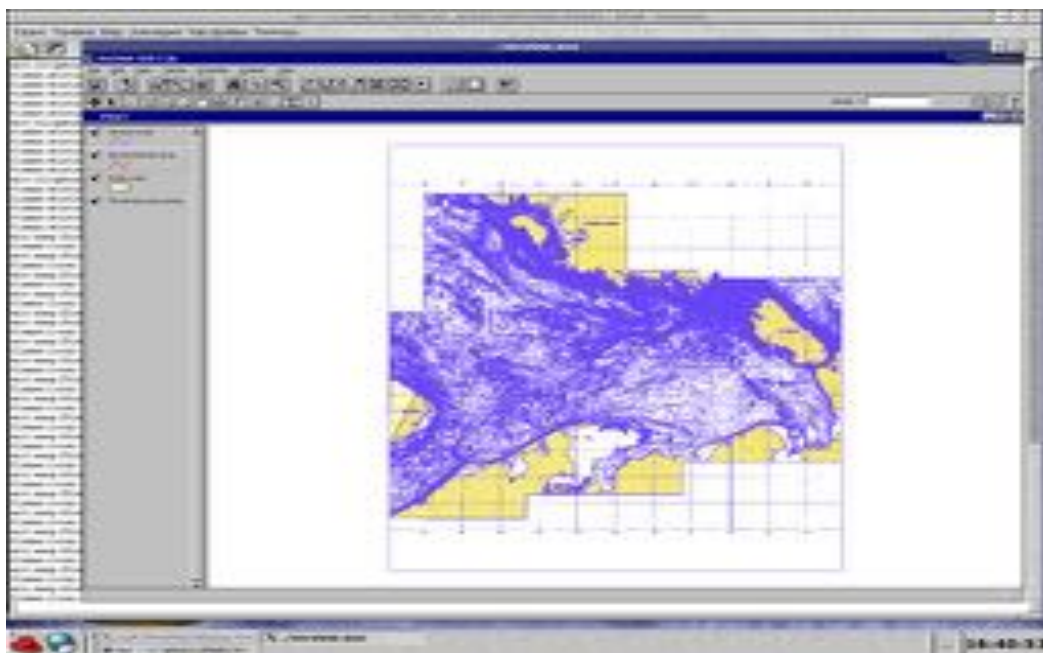


Рис. 25.

Проект "Печорское море" с совмещенными изображениями растрового отсканированного изображения и векторного, оцифрованного в Autotrace. Совмещение слоев в проекте позволяет контролировать качество векторного изображения.

Интерфейс Autotrace сводится к командной строке, где задаются конкретные параметры по оцифровке карты, например: background-color, centerline, color-count, corner-surround, background-color, despeckle-level, despeckle-tightness и т.д. Дополнительно указывается output-format.



Рис. 26.

Пример составления параметров цифрования в пакете Autotrace

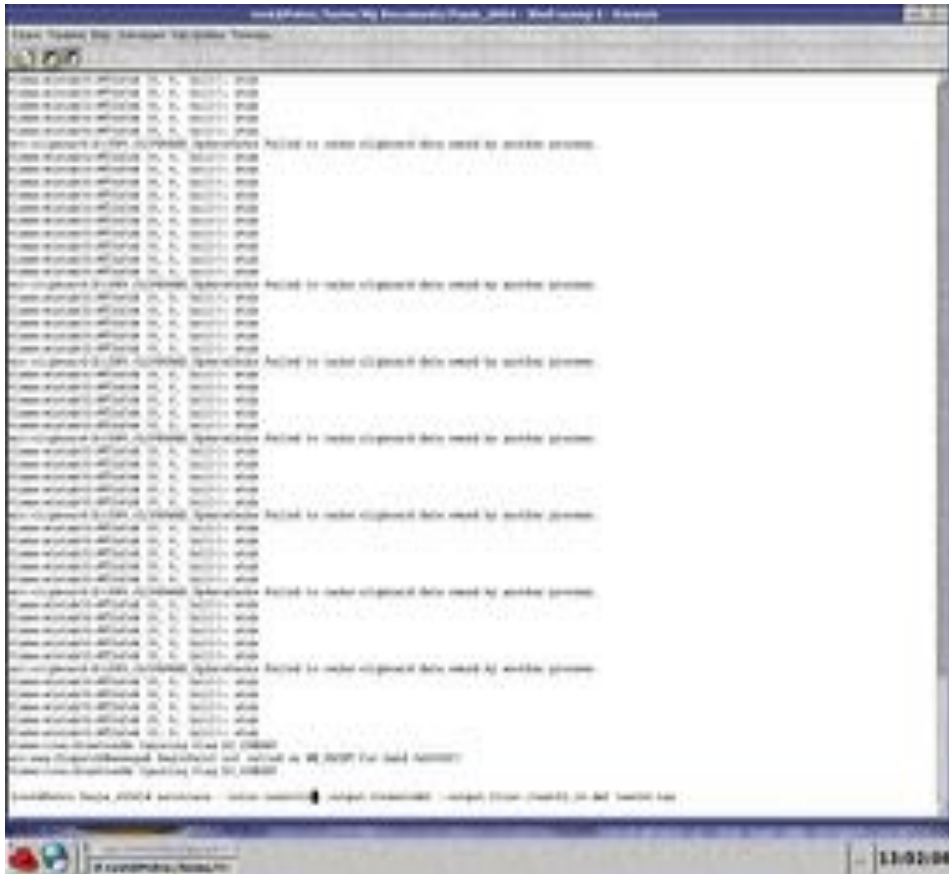


Рис. 27.

Изменение параметра $colour-count=n$ позволило рассмотреть несколько вариантов режима цифрования.

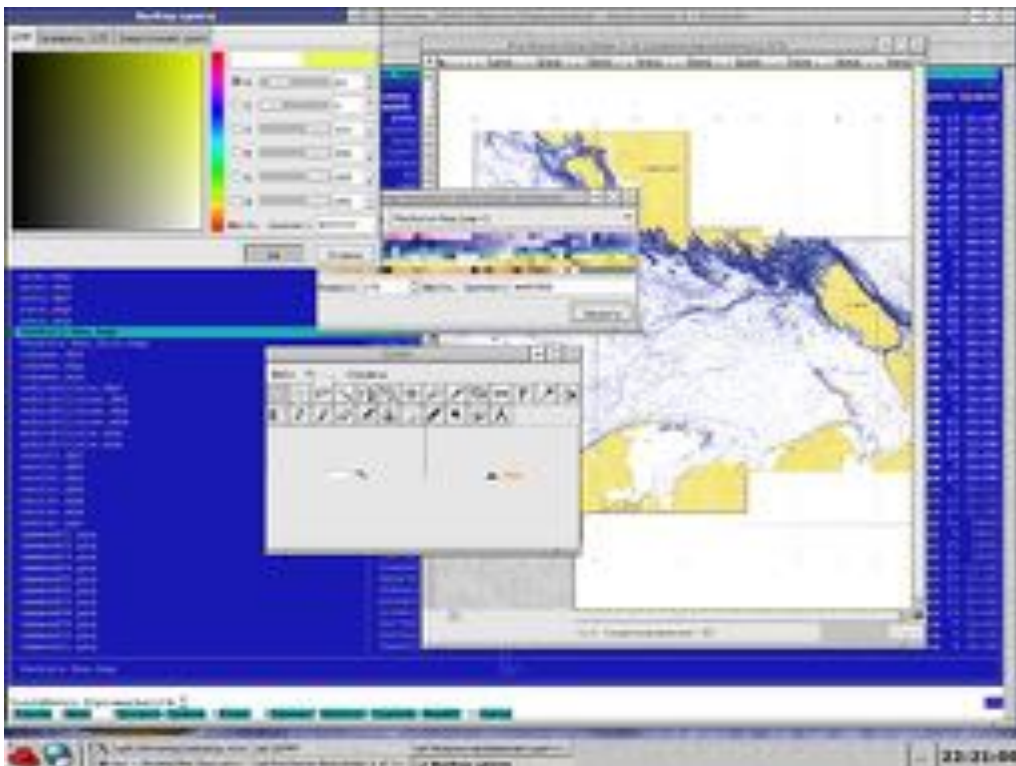


Рис.28.

Для удобства и быстроты работы мы пробовали различные варианты установленных параметров режима цифрования на небольшом участке, вырезанном из исходного изображения в программном пакете GIMP1.2.5. (см. Рис.28).

Фрагмент оцифрованных участков с 16- и 32-цветным исходным изображением (для удобства сравнения выбраны контрастные цвета)

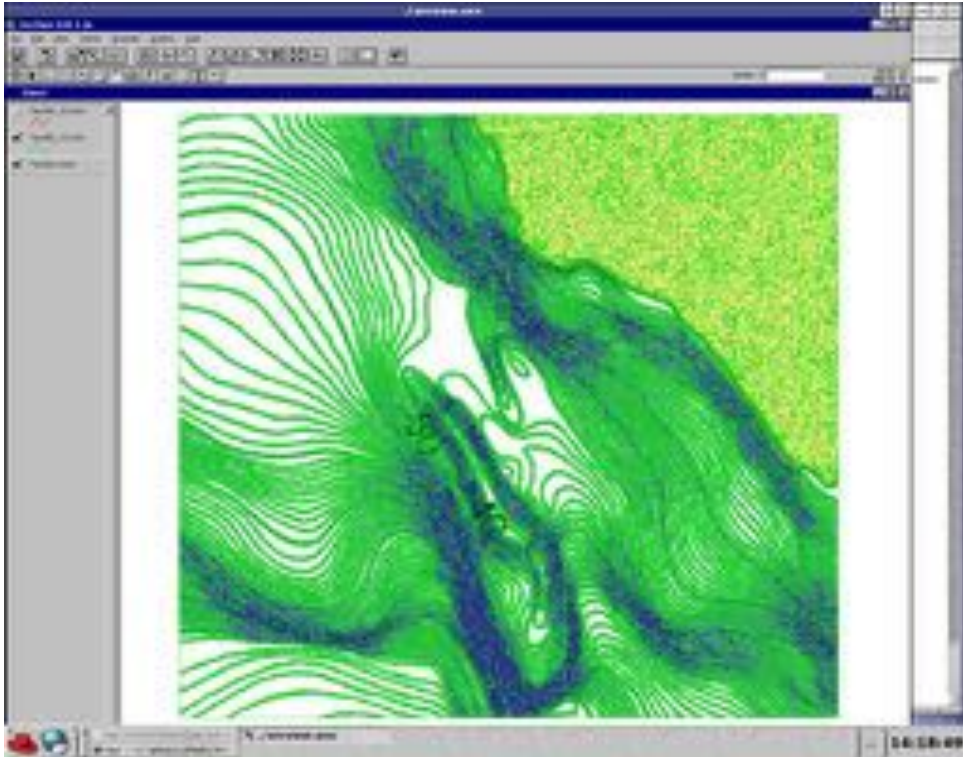


Рис.29.

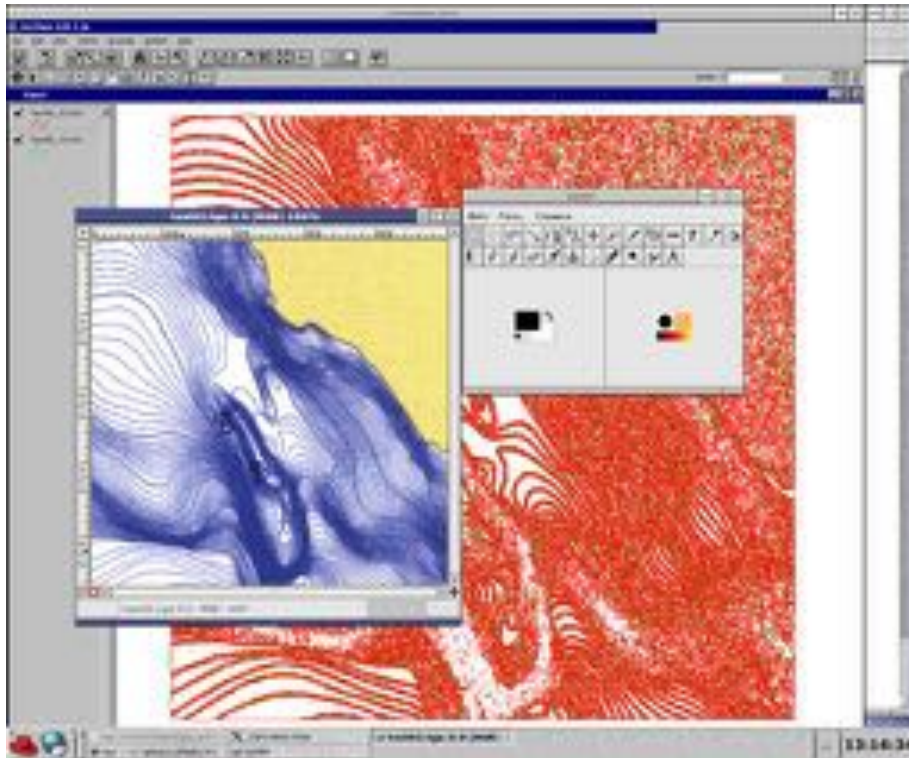


Рис . 30 .

Пример оцифрованных изобат на наиболее сложных для распознавания участках акватории: сильно расчлененный подводный рельеф.

Наибольшую трудность при цифровании представляли участки акватории, где изобаты сливаются (см.рис.29), в то время как горизонтали пологого рельефа были "отслежены" машиной достаточно точно.

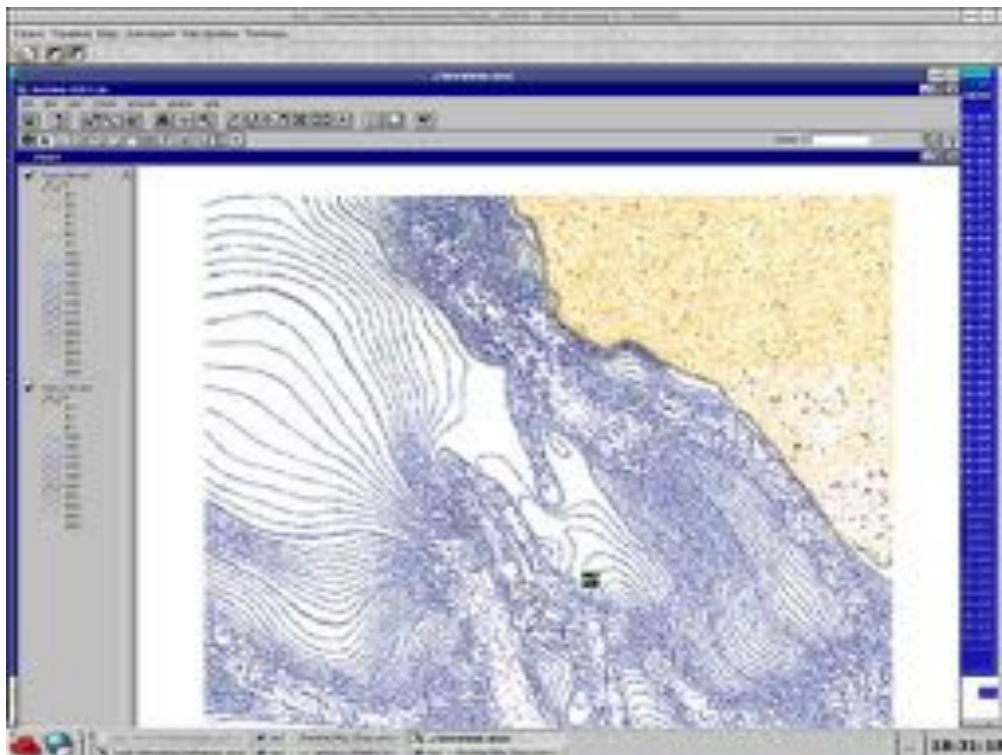


Рис . 31

Сравнение полученных результатов при выборе параметров цифрования линий с 16- и 32-цветным отображением линий.

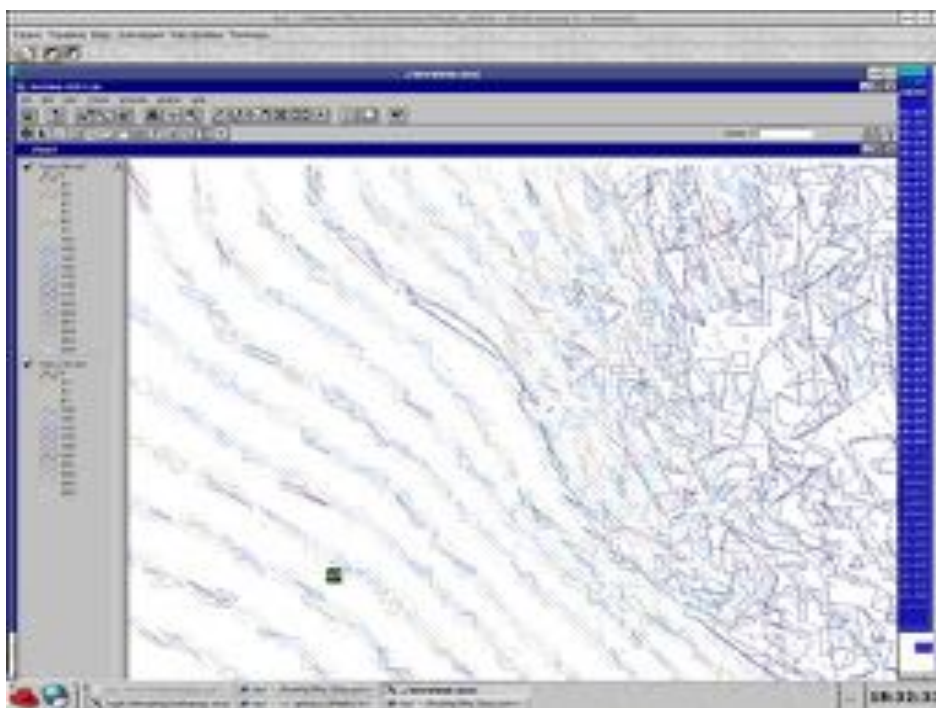


Рис. 32

Без задания функции 'centerline' в Autotracer линии горизонталей состоят из множества хаотично расположенных мелких отрезков, которые лишь в совокупности дают представление об общем направлении данной линии (см. рис. 32).

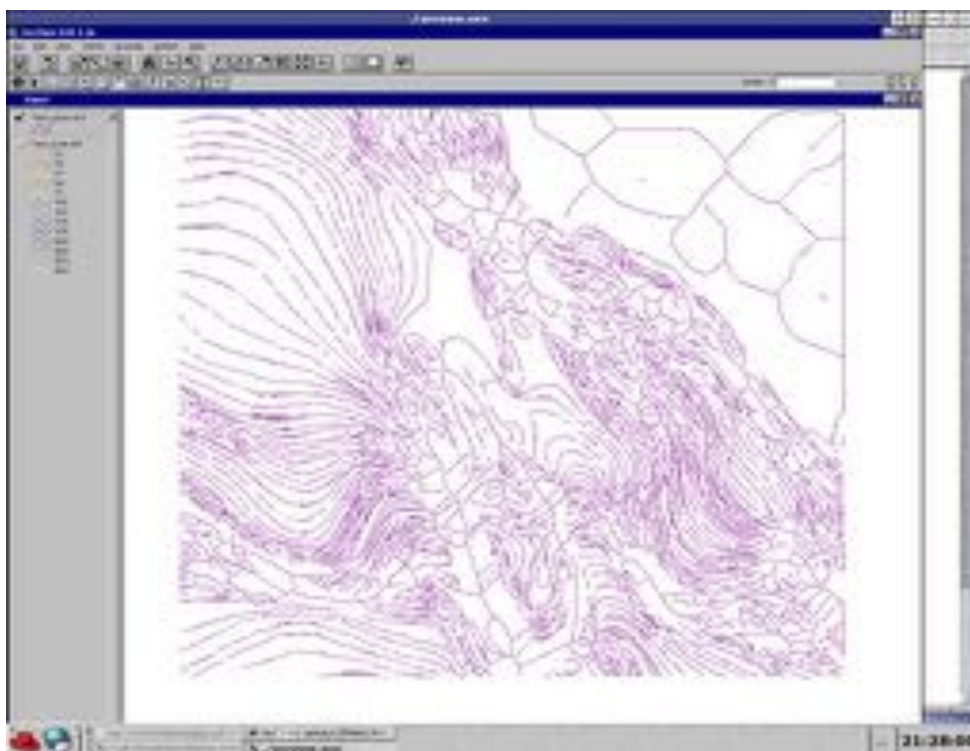


Рис. 33

Пример увеличенного фрагмента оцифрованных горизонталей (16 цветов)

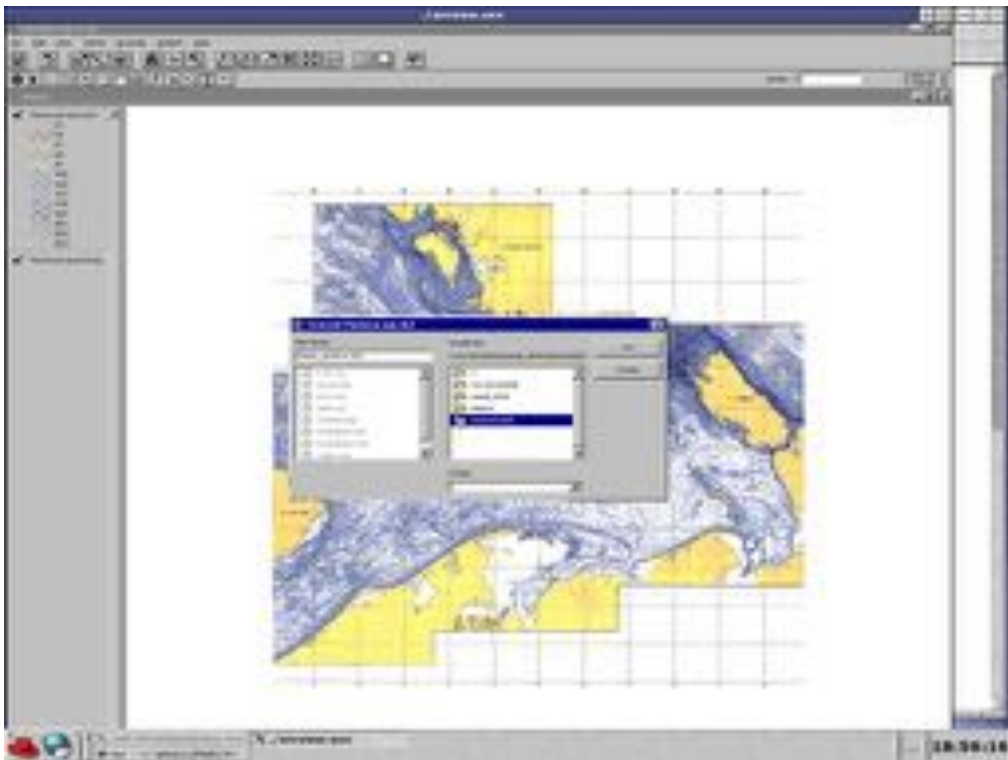


Рис. 34

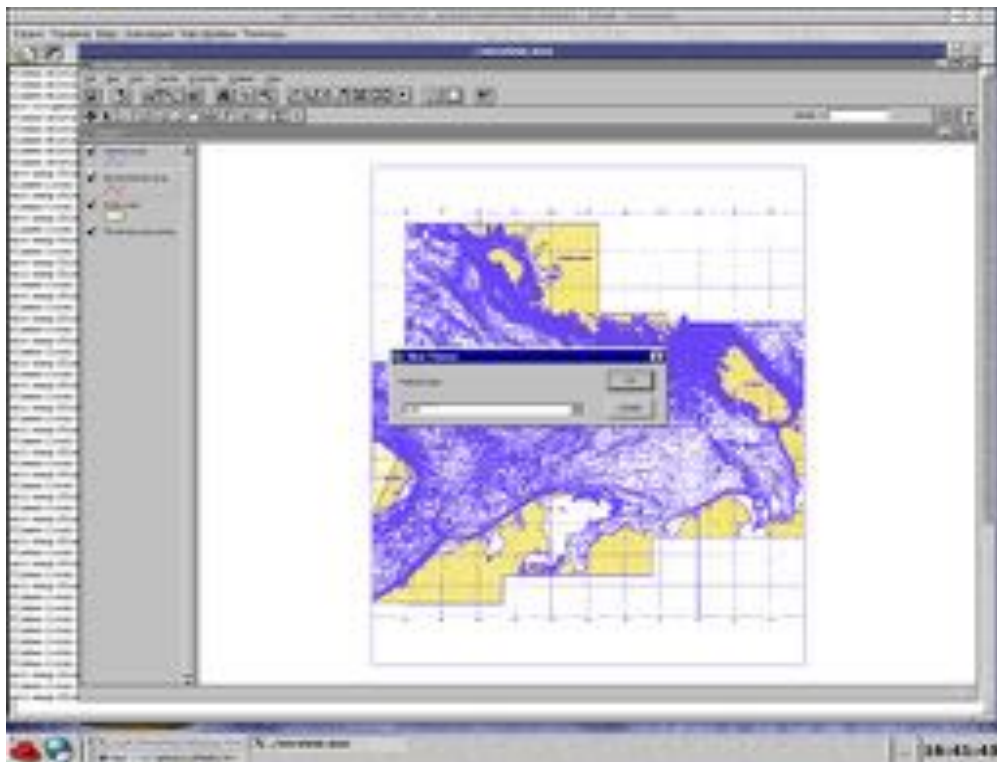


Рис 35.

К векторному слою с оцифрованными горизонталями были добавлены слои, содержащие географическую информацию, нанесенную впоследствии дополнительно: сетка, гидрографическая сеть, дорожная сеть, территория суши и т.д.

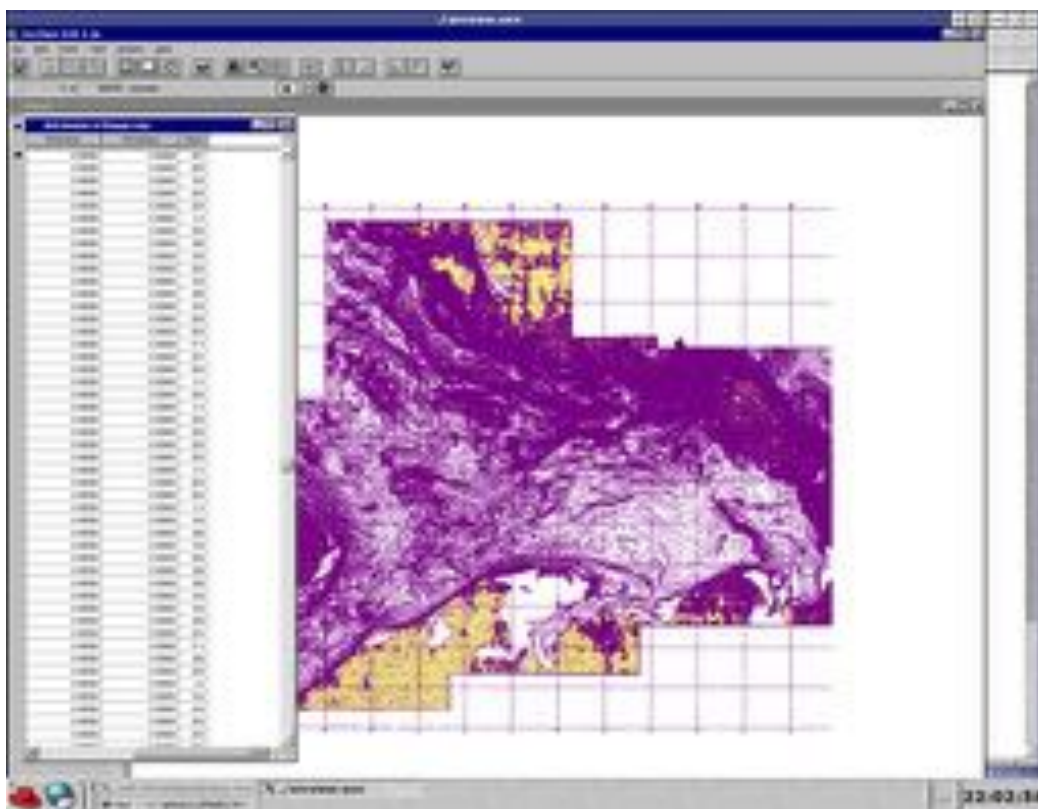


Рис 36.

Каждая оцифрованная линия имеет свой атрибут, на основании чего проводится классификации линий и их группировки в единые слои (см. рис.36: лишние линии, которые просто являются "шумами", выбраны посредством построения запроса в ArcView: *Select by Theme*).

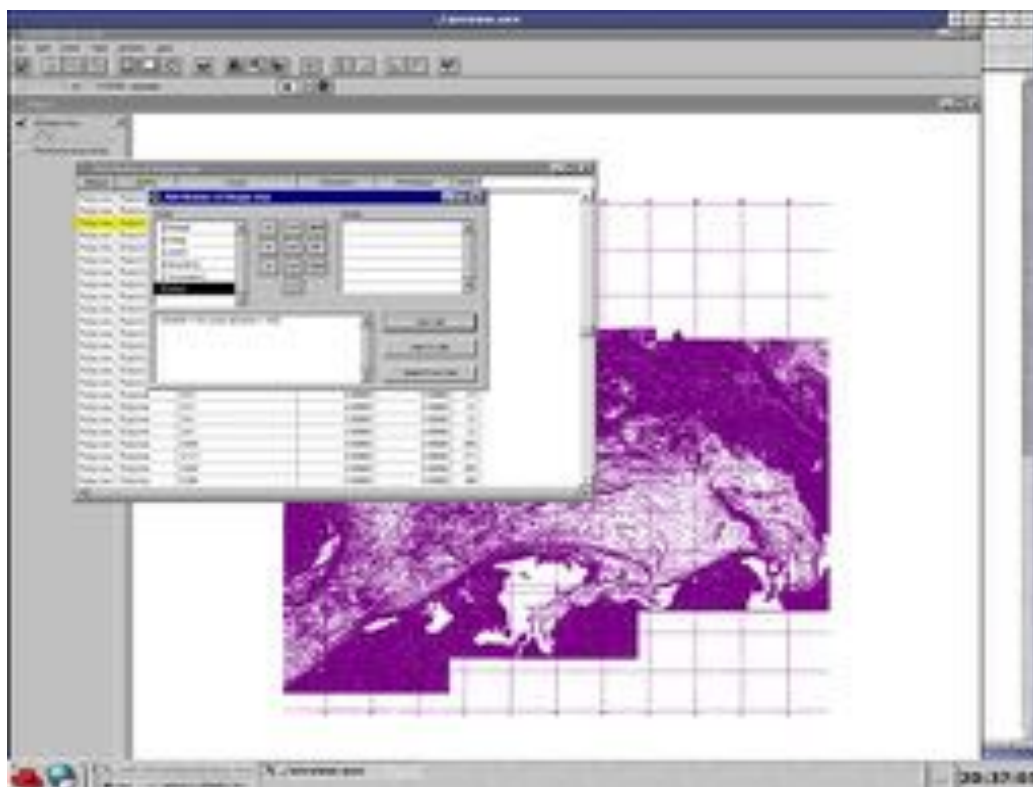


Рис 37.

Формировка запроса в ArcView: из данного слоя выбираются лишь горизонталы с заданными атрибутами: ID=247 (в данном случае)

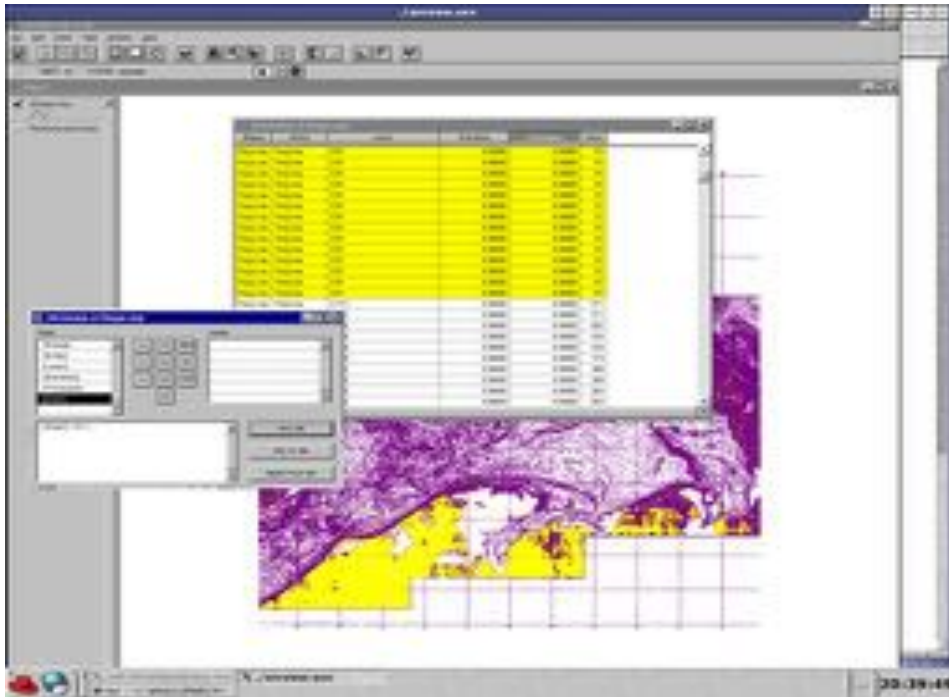


Рис 38.

Результат выбора: лишние линии, т.н. информационные шумы отобраны путем выполнения запроса.

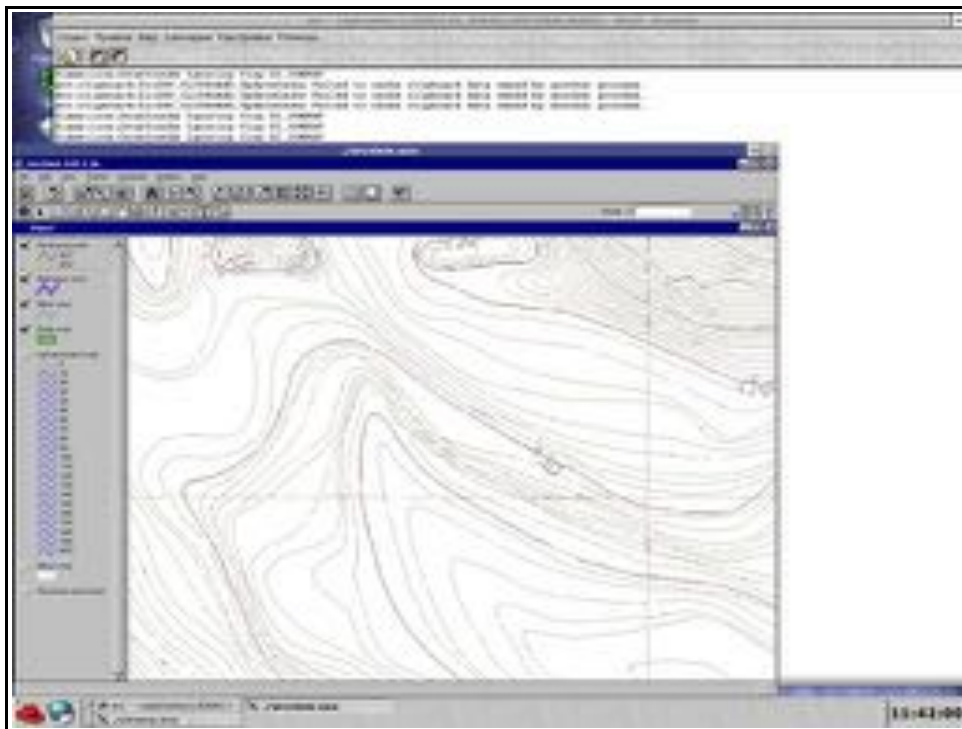


Рис 39.

Горизонтالي, проведенные через каждый метр, отличаются по насыщенности цвета от утолщенных горизонталей, благодаря чему их можно затем отличить от нужных.

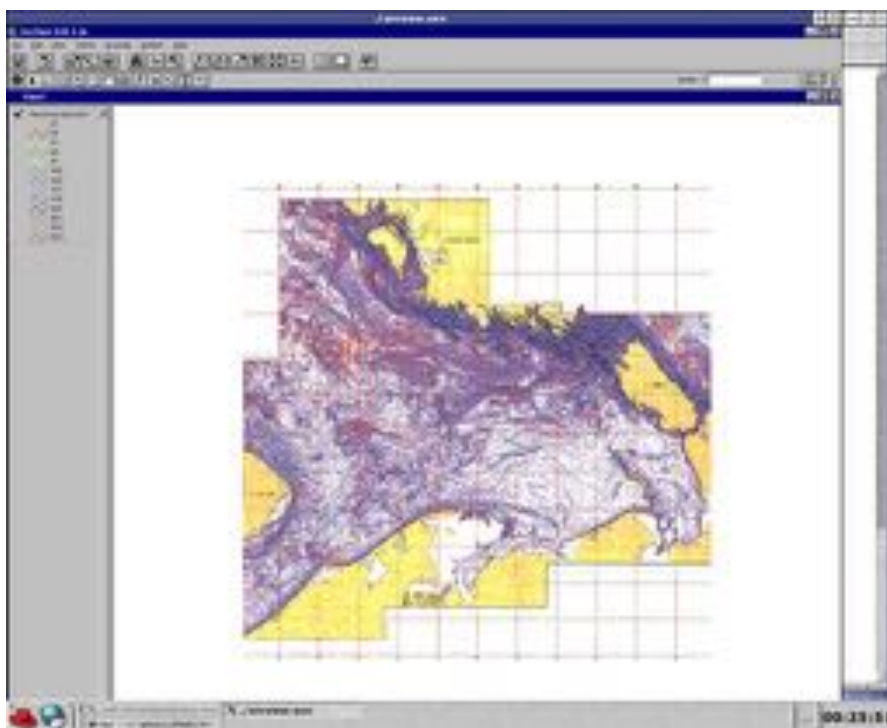


Рис 40.

Кроме того, отдельные "шумы" – например, оцифрованная сетка, линии, оцифрованные из-за дефектов бумаги и др. ненужная информация отличаются по тону и насыщенности цвета, что позволило их впоследствии удалить из проекта (см. рис. 40: отдельными цветами показаны "однородные по атрибутам" участки слоя: выбор контрастных цветов помог в отборе "лишних" и, наоборот, "нужных" горизонталей).

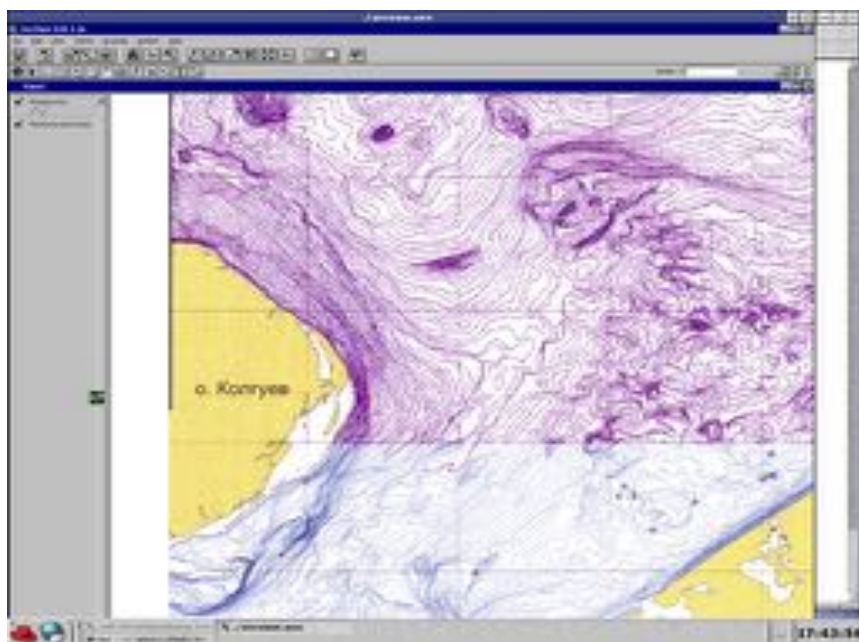


Рис 41.

Оцифрованный рельеф с изобатами, проведенными через каждый метр; синий цвет – изображение растрового оригинала (основа проекта); сиреневый – векторные линии изобат (снимок экрана был "захвачен" в момент прорисовки рельефа, поэтому можно сравнить

соответствие линий; естественно, отдельные линии "разорваны" и требуют дальнейшего редактирования, т.е. сшивки линий и присвоения им атрибутов глубин горизонталей).

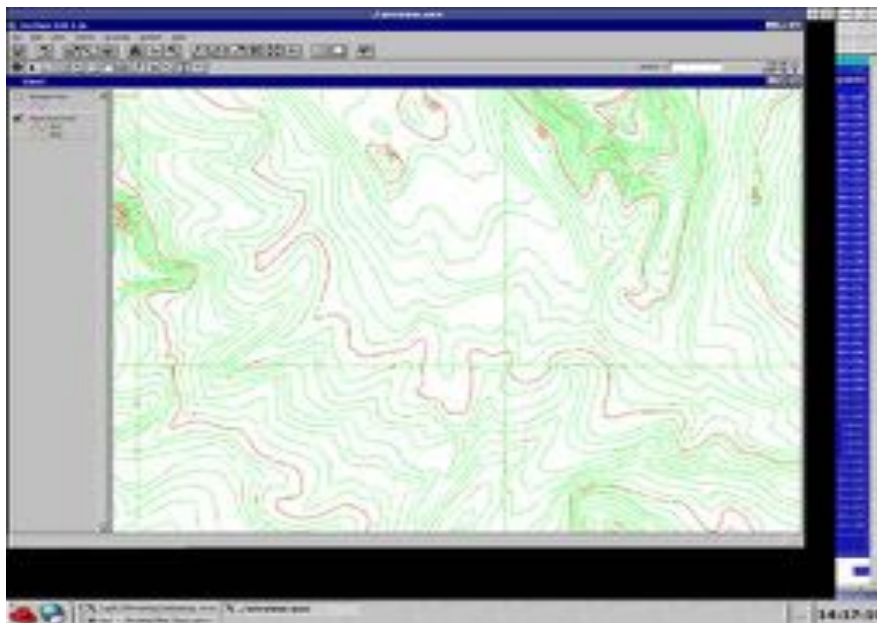
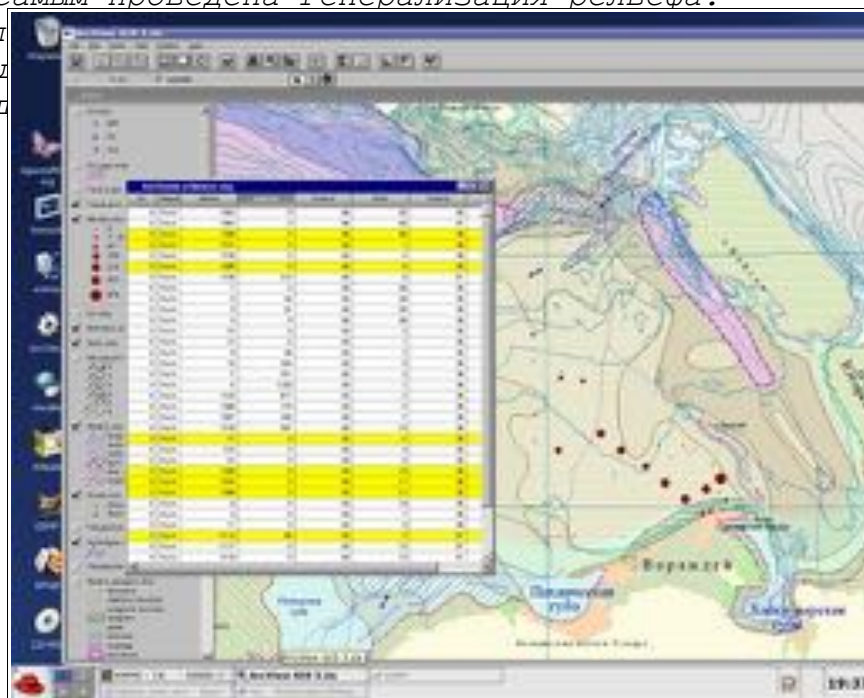


Рис 42.

Красным цветом проведены каждая 10-я горизонталь; впоследствии именно эти изобаты и были оставлены на картах, т.е. проведена генерализация исходного рельефа.

В векторном слое, содержащем горизонтали, были выделены те из них, которые проведены через 10 м. Это достигается благодаря тому, что на исходном растровом изображении эти горизонтали являются утолщенными и, соответственно, отличаются по цвету (более густой синий) и насыщенности; следовательно, при цифровании Autotrace присваивает им другие атрибуты, что позволяет впоследствии четко отделить их от остальных. Остальные горизонтали были удалены их слоя, тем самым проведена генерализация рельефа.

На сл
т.е. провед
рельефа и д



графически,
льные формы

Рис 43.

Увеличение концентраций ПХБ отражено с помощью функции **'Graduated symbol'**, где градуировка величины символа проведена через 1 единицу значений (выраженных в нг/г) и прямо пропорционально отражает степень загрязнения - т.о., шкала градаций равномерная (см. Рис. 23).

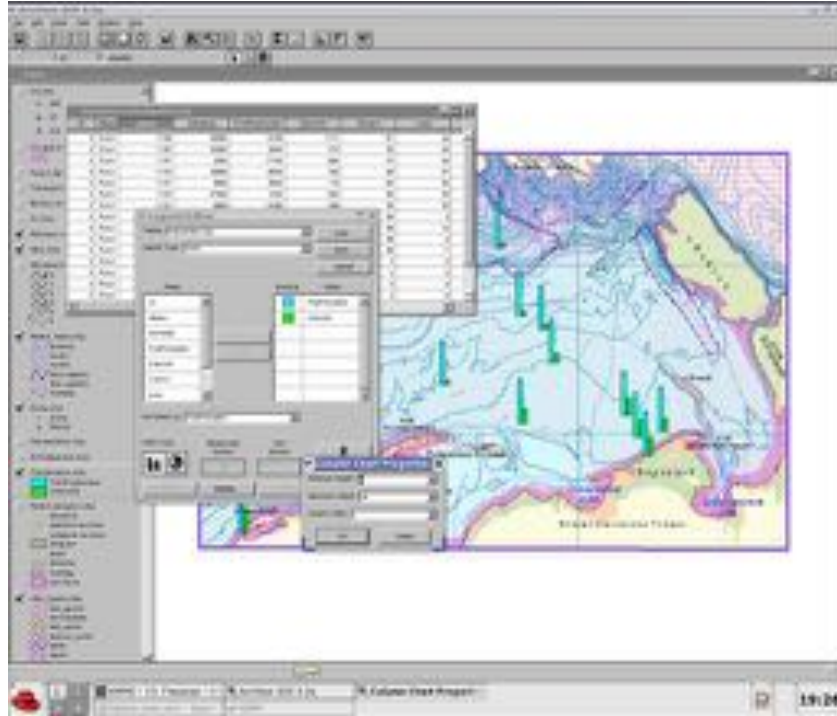


Рис 44.

Распределение пестицидов а-ГХЦГ и b-ГХЦГ на карте содержания пестицидов в донных осадках морей изображено столбчатыми диаграммами, построенными автоматизированно функцией **"Chart"** (см. Рис. 24).

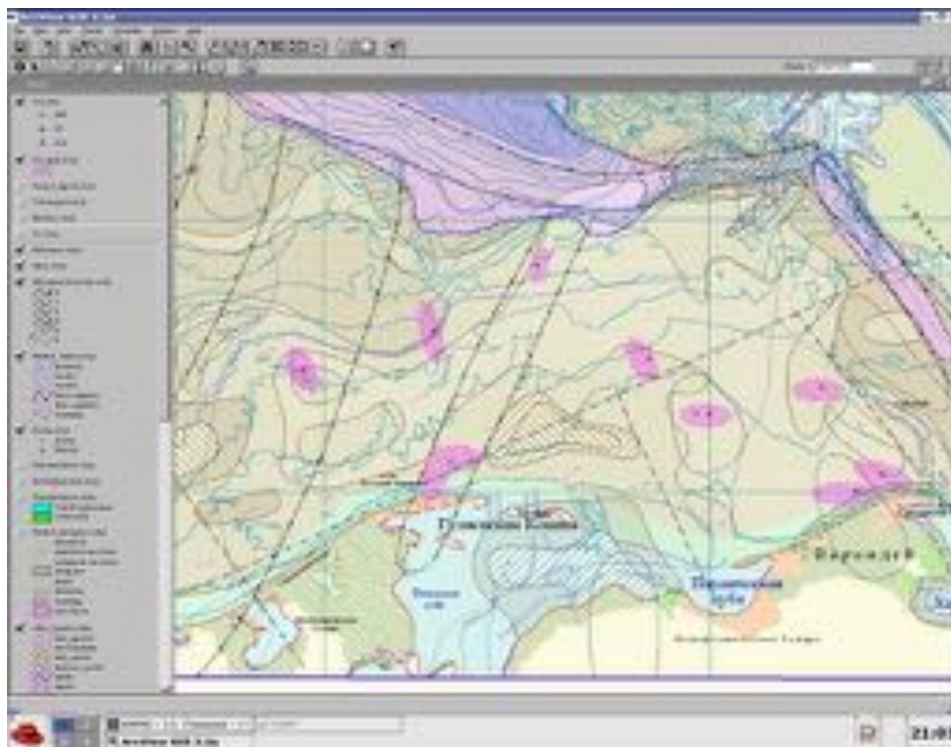


Рис. 45

Фрагмент карты содержания очагов нефтеобразования в Печорском море в процессе текущей работы.

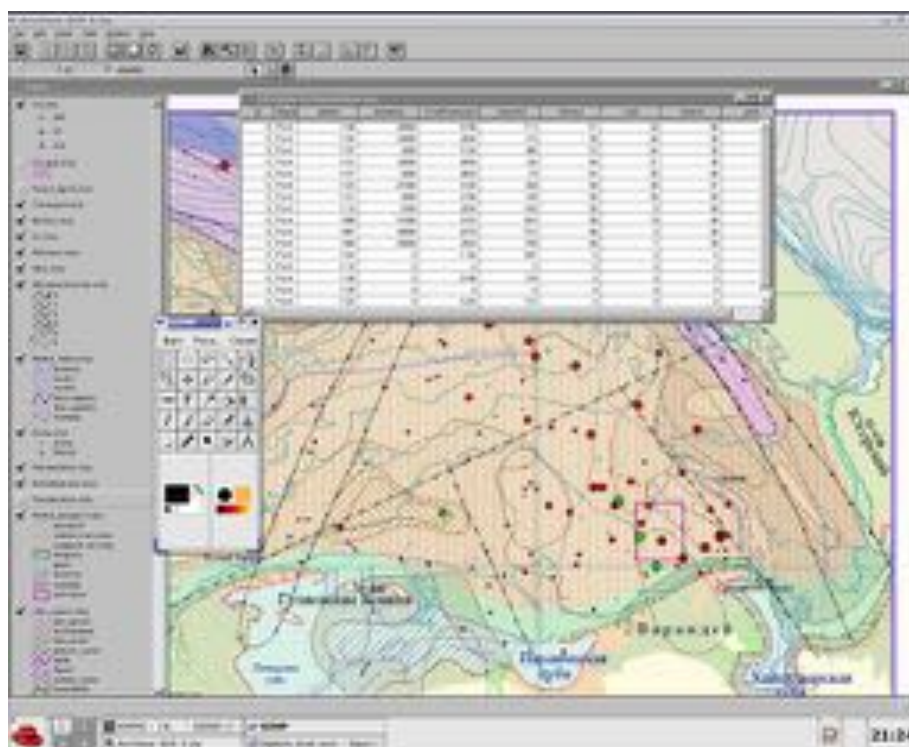


Рис. 46.

Фрагмент карты содержания бентоса и фитопланктона в Печорском море в процессе текущей работы.

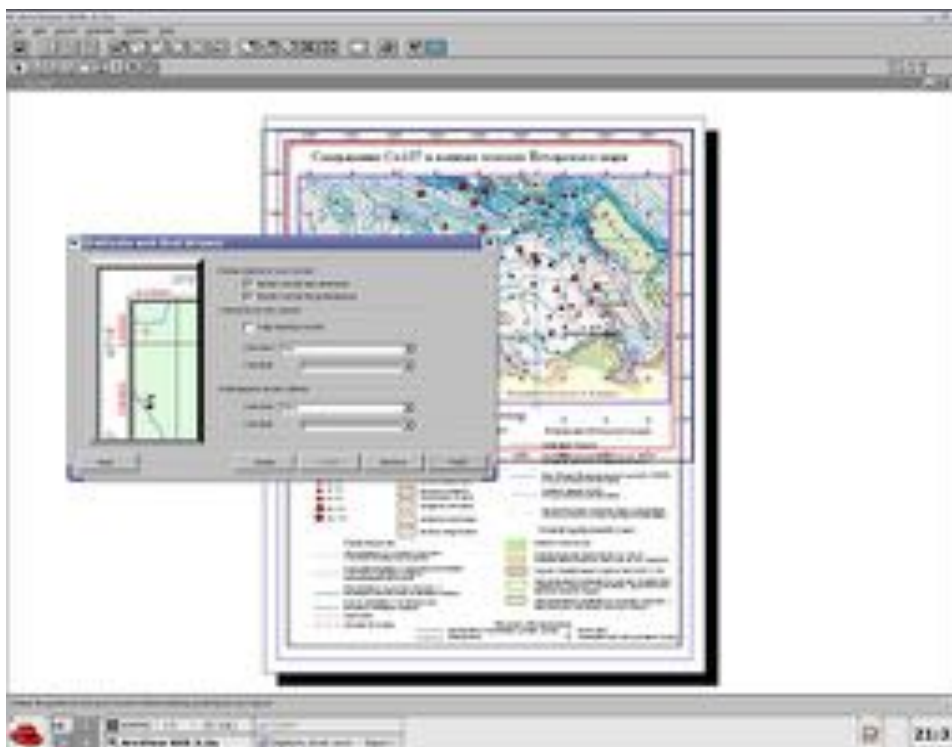


Рис. 47.

Точность построения координатной сетки была контролирована с помощью применения функции **Grid Wizard**. Изменение значений цезия-137 от «менее 10» до «более 40» представлено градуированным изменением значения символа;

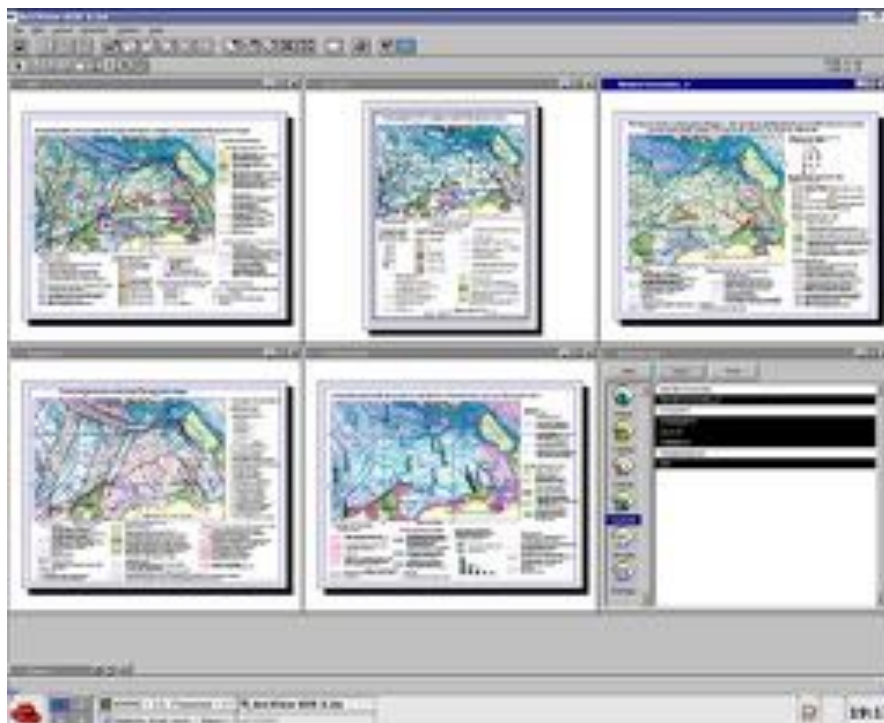


Рис. 48.

Окончательные экземпляры карт экспортировались в формат eps из Layout'ов проекта; печать производилась из Adobe Illustratore 9.0.

Заключение

В результате работы над дипломным проектом с использованием картографических и литературных и др. источников (см.: Глава 3 Методика составления... §3.2-3.3: Источники картографирования...) были созданы геоэкологические карты на акватории Баренцева и Печорского морей

Б а р е н ц е в о м о р е :

1. Геоэкологическое районирование Баренцева моря
2. Содержание Cs-137 в донных осадках Баренцева моря
3. Распределение нефтеуглеводородов в донных осадках Баренцева моря
4. Содержание пестицидов и тяжелых металлов в донных осадках Баренцева моря
5. Содержание ПХБ в донных осадках Баренцева моря

П е ч о р с к о е м о р е :

1. Геоэкологическое районирование Печорского моря
2. Распределение очагов нефтеобразования в донных отложениях Печорского моря
3. Содержание Cs-137 в донных осадках Печорского моря
4. Распределение суммарных биомасс диатомей в прибрежной части Печорского моря

При составлении данных карт были изучены общие географические условия акваторий, распространение и особенности отдельных элементов геосистем и процессы переноса вещества между элементами окружающей среды, а также проанализирована их значимость, степень их воздействия на общее экологическое состояние окружающей среды. При этом было акцентировано внимание не только на констатации самого факта загрязнения окружающей среды, но и изучены **причины** поступления загрязняющих веществ в Баренцево и Печорское моря из различных источников, возможные пути **переноса и осаждения** тяжелых металлов, пестицидов, нефтяных углеводородов и радионуклидов и др. контаминантов по направлению с суши в реки, эстуарии, дельты и на континентальный шельф - в результате было проанализировано **итоговое состояние экологической ситуации региона**.

На итоговых геоэкологических картах были определены зоны сосредоточения загрязняющих веществ (т.е. зоны схождения путей переноса контаминантов) и осаждения загрязняющих веществ в донные отложения.

В результате, в рамках дипломной работы были составлены как **аналитические и комплексные** карты, отражающие взаимосвязи компонентов геосистем, так и карты геоэкологического районирования, которые являются **синтетическими** по типологической классификации. Геоэкологические карты были созданы на завершающем этапе работы, являясь, по сути, итоговой оценкой настоящей, сложившейся на данный этап ситуации изучаемых акваторий.

С п и с о к и с п о л ь з о в а н н о й л и т е р а т у р ы :

- 1) Айбулатов Н.А. **Динамика твердого вещества в шельфовой зоне.** Л., Гидрометеиздат, 1990, с.274.
- 2) Айбулатов Н.А., Артюхин Ю.В. **Геоэкология шельфа и берегов Мирового Океана.** СПб: Гидрометеиздат, 1993, 304 стр.
- 3) Айбулатов Н.А., Плишкин А.Н., Сапожников Ю.А. и др. **Цезий – 137 в донных осадках западной части Карского моря.** Гидрометеиздат, 1993, с.304.
- 4) Айбулатов Н.А. **Экологическое эхо холодной войны в Российской Арктике.** М., ГЕОС, 2000, с.307.
- 5) под ред. проф. Н.А.Айбулатова. **Геоэкология шельфа и берегов России.** М., «Ноосфера», 2001, 428 стр.
- 6) Аксенов А.А. и др. **Арктический шельф Евразии в позднечетвертичное время.** М., Наука, 1987, с.227.
- 7) Баканев В.С. и др. **Живые ресурсы пелагиали и бентали Баренцева моря в районе обустройства и эксплуатации Штокмановского газоконденсатного месторождения (ГКМ)** Мурманск, ПИНРО, 1997, с.83.
- 8) Бойцов В.Д. и др. **Треска Баренцева моря (биолого-промысловый очерк).** Мурманск, ПИНРО, 1996, с.285.
- 9) Даувальтер В.А., Родюшкин И.В., Моисеенко Т.И. **Геохимическая миграция элементов в субарктическом водоеме.** Апатиты, 1997, с.127.
- 10) Добровольский А.Д., Залогин Б.С. **Моря СССР.** изд-во Моск.Ун-та, 1982, с.190.
- 11) Ильин Г.В., Петров В.С. **Исследование содержания тяжелых металлов в грунтах. Экологические исследования зоны промышленного освоения Штокмановского газоконденсатного месторождения на шельфе Баренцева моря.** Апатиты: ММБИ РАН, 1994, стр. 44-48.
- 12) Кийко О.А., Погребов В.Б. **Статистический анализ пространственно-временной структуры донного населения Баренцева моря и прилежащих акваторий // Биология моря.** М., 1998, с.3-9.
- 13) Кленова М.В. **Геология Баренцева моря.** М., АН СССР, 1967, с.367.
- 14) Лебедев В.Л. **Граничные поверхности в океане.** М., МГУ, 1986, с.192.
- 15) Лисицын А.П. **Процессы океанской седиментации: Литология и геоморфология.** М., Наука, 1978, с.392.

16) Лисицын А.П. **Ледовая седиментация в Мировом океане.**
М., Наука, 1994, 448.

17) Матишов Г.Г. **Кризис экосистемы Баренцева моря: причины дестабилизации.**

Апатиты, ММБИ АН СССР, 1990, 65 с.

18) Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Подобедов В.В. и др. **Радионуклиды на Кольском п-ове, Новой Земле, Земле Франца-Иосифа и в Баренцевом море.**

Апатиты, 1992, 67 стр.

19) Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Щипа Е., Риссанен К. **Радионуклиды в экосистеме региона Баренцева и Карского морей.**
Апатиты; 1997, 207 стр.

20) Матишов Г.Г., Павлова Л.Г., Ильин Г.В. и др./ под ред. Шпарковского И.А. **Химические процессы в экосистемах северных морей: гидрохимия, геохимия, нефтяное загрязнение.**

Апатиты: ММБИ РАН, 1994, 404 стр.

21) Михайлов В.Н. **Устья рек России и сопредельных стран: Прошлое, настоящее и будущее.**
М., ГЕОС, 1997, с.413.

22) Морецкий В.Н. и др. **К вопросу о структуре течений северо-восточной части Норвежского моря // Гидрологический режим и динамика воды и льда Северного Ледовитого океана.**

Л., Гидрометеиздат, 1985, с.107-117.

23) Новиков М.А. **Эколого-рыбохозяйственное картографирование акваторий Баренцева и Белого морей: теоретические основы и методические подходы.**

Мурманск, ПИНРО, 2002, с.6-11, 70-81.

24) **Обзор состояния сырьевых ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики на 2000 г.**

Мурманск, ПИНРО, 2000, с.71.

25) **Распределение цезия-137 в донных отложениях и макробентосе Белого, Баренцева Карского морей: тезисы докладов X междунар. к. морской геологии.**

М: ИО РАН, 1992, с.34-36.

26) под ред. проф. Романкевича Е.А., акад. Лисицына А.П., акад. Виноградова М.Е. **Печорское море: системные исследования. (Гидрофизика, гидрология, оптика, биология, химия, геология, экология, социо-экономические проблемы).**

М., 2003, с.27-48, 174-180, 217-230, 266-269, 313-315, 362-363, 386-392.

27) Суздальский О.В. **Литодинамика мелководья Белого, Баренцева и Карского морей.**

Л., Недра, 1974, с.27-33.

28) Танцюра А.И. **О течениях Баренцева моря.**

Тр.ПИНРО, 1973, Вып. 34, с.108-112.

29) Тарадин С.П. **Фронтальные зоны Баренцева моря.**

М., 1989, с.18.

29) Тикунов В.С. **Классификации в географии: ренессанс или увядание? (Опыт нормальных классификаций)** Москва-Смоленск, СГУ, 1997, с.367.