

УДК 551.465.4:681.518

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ

**В.И. Петухов, Д.Д. Минаев,
И.Г. Лисицкая**

Инженерная школа ДВФУ¹

Рассматриваются методика и результаты ведения комплексных морских экспериментальных исследований по оценке экологического состояния участка морской акватории, расположенного в Уссурийском заливе. Апробировано применение программно-аппаратного комплекса на базе многолучевого эхолота Reson SeaBat 7125. Новый с точки зрения экологических исследований метод позволил локализовать места и районы сброса грунта, а также оценить их пространственные размеры с высокой степенью точности и привязкой к абсолютным географическим координатам. Данный метод позволил произвести микрорайонирование исследуемого участка морской акватории по типам подводного ландшафта и составить схему расположения районов и мест сброса грунта. Комплексный анализ информации выявил устойчивую прямую зависимость между наличием находящихся на морском дне исследуемого полигона районов (участков) сброса грунта и значительным ростом количественных характеристик контролируемых показателей загрязнения морской экосистемы. Кроме того выявлена обратная зависимость между количественными оценками показателя средней биомассы макробентоса и высокими количественными характеристиками оцениваемых показателей загрязнения морской среды.

ВВЕДЕНИЕ

Оценка современного состояния и прогноза возможных изменений окружающей природной среды под влиянием антропогенной нагрузки с целью предотвращения, минимизации или ликвидации вредных и нежелательных экологических, экономических и других последствий выполняется в процессе инженерно-экологических изысканий. В состав наземных изысканий входят маршрутные наблюдения с описанием ландшафтов, состояния экосистем, источников и визуальных признаков загрязнения [1]. Такие наблюдения позволяют уточнить распространение различных типов ландшафтов, карту современного экологического состояния, возможные пути миграции и участки аккумуляции загрязнений. В отличие от ана-

логичных работ на суше морские экологические изыскания выполняются в виде традиционных геологических и геохимических съемок по регулярной сети без рекогносцировочного обследования морского дна. Плотность сетей этих съемок обычно низкая, что обусловлено высокой стоимостью их технического обеспечения. При этом весьма велика вероятность пропуска опробования наиболее загрязненных участков дна, вследствие чего полученные количественные оценки параметров загрязнения могут оказаться не вполне адекватными реальной ситуации.

В последние годы появилось компактное оборудование для детального картографирования морского дна, что позволяет включить этап, аналогичный «визуальному осмотру территории», в технологию экологического мониторинга участков

морского дна, подверженных техногенному воздействию. В этом случае геохимическое опробование может быть произведено в зонах максимальных антропогенных изменений подводных ландшафтов, а полученные оценки содержания загрязняющих веществ в донных осадках будут наиболее точно отражать реальное положение дел. Для Приморского края, где ведется масштабное строительство объектов, расположенных в прибрежной и береговой зоне акваторий, имеющих рыбохозяйственное значение, это обстоятельство имеет важное практическое значение.

В настоящей статье представлены новая методика и некоторые результаты экологического обследования участка шельфовой зоны (райо-

¹ Владивосток, ул. Крыгина, 42а-134, e-mail: minaev_dd@inbox.ru

на дампинга грунта вблизи о-ва Русский, Японское море) с использованием программно-аппаратного комплекса на базе многолучевого эхолота SeaBat-7125. Работы были выполнены в сентябре 2009 г. специалистами ДВГТУ (Инженерной школы ДВФУ) совместно с сотрудниками Института биологии моря ДВО РАН (гидробиологические исследования).

■ Материалы и методы

Работы по оценке экологического состояния полигона выполнялись поэтапно, в логически обоснованной последовательности. На первом этапе проводились поиск, анализ и обобщение доступной информации об экологической изученности района, уточнялись возможные границы полигона. На втором этапе было проведено гидроакустическое обследование морского дна, что позволило визуализировать основные

формы рельефа подводного ландшафта, определить их пространственную протяженность, выявить техногенные объекты и места сброса грунта, находящиеся на дне. На следующем этапе по результатам батиметрической съемки поверхности морского дна на выявленных ключевых участках была разработана графическая схема распределения станций комплексного пробоотбора. На завершающем этапе натурных исследований с привлечением водолазов по обоснованной схеме выполнен сбор материала для лабораторных исследований.

Гидроакустическое обследование было выполнено с использованием программно-аппаратного комплекса на базе многолучевого эхолота SeaBat-7125 [2]. Оборудование, входящее в состав комплекса, было смонтировано на борту маломерного катера типа F-26 (Япония) с подвесным двигателем Yamaha-150, который исполь-

зовался в качестве его носителя. Оборудование комплекса и входящие в его состав программно-аппаратные компоненты были объединены в единую информационную систему в соответствии со схемой межприборных соединений, настроек портов ввода-вывода информации компонент программно-аппаратного комплекса многолучевого эхолота SeaBat-7125, представленной на рис. 1.

Водолазные работы в ходе выполнения исследований выполнялись с одного водолазного поста, разворачиваемого на обеспечивающем плавсредстве (катер «Беркут»).

Лабораторные химико-аналитические исследования проводились в соответствии с требованиями нормативной документации. Использовались только государственные стандарты и аттестованные методики определений [3-7], внесенные в Реестр методик количественного химического

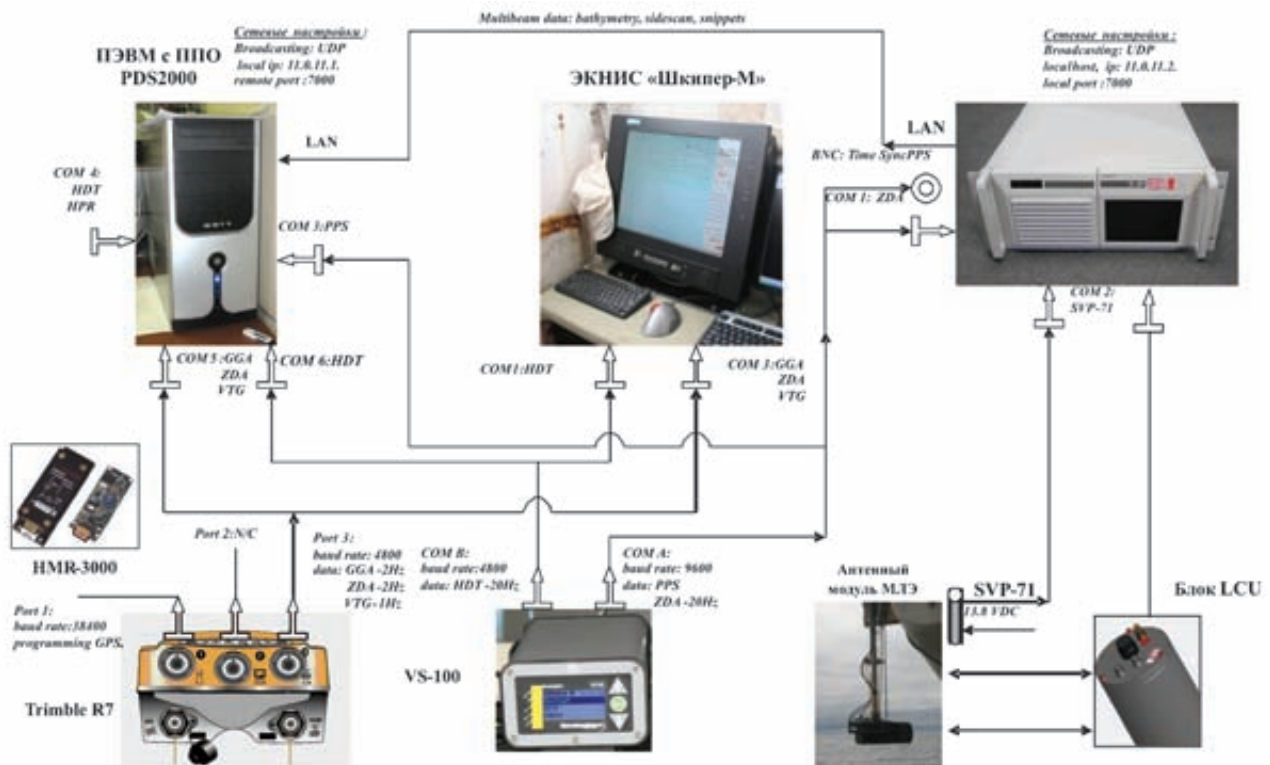


Рис. 1. Схема программно-аппаратного комплекса на основе многолучевого эхолота SeaBat-7125

анализа, допущенных для целей государственного контроля и мониторинга источников загрязнения. Все используемое измерительное оборудование сертифицировано фирмами-производителями, имеет сертификаты об утверждении типа средств измерений Госстандарта России, зарегистрировано в Госреестре средств измерений и допущено к применению в РФ.

■ Результаты и обсуждение

Морские подводные ландшафтные карты – самый удобный способ представления комплексной информации и о природно-ресурсном потенциале, и об экологическом состоянии акваторий. С появлением соответствующей аппаратуры с конца прошлого века получает развитие ландшафтно-экологическое направление исследований морей и океанов, исследуются основы управления морскими экосистемами на основе эколого-географической паспортизации и экспертизы, разрабатываются методики оценки трансформации подводных ландшафтов при ожидаемом изменении гидрологического режима, изучаются механизмы переформирования подводных ландшафтов при антропогенном воздействии и т.д.

В настоящей работе выполнен комплекс геоэкологических исследований ландшафта морского мелководья, испытывающего «сильный антропогенный стресс».

Для подтверждения факта продолжающегося дампинга грунта и оценки экологического состояния полигона в районе о-ва Русский порта Владивосток проведена батиметрическая съемка поверхности морского дна со 100% -ным покрытием при помощи программно-аппаратного

комплекса на базе многолучевого эхолота SeaBat-7125. На основе анализа батиметрической информации в среде специализированного прикладного программного обеспечения PDS-200 в режиме Sonar-Snippets выполнено построение 3D-модели морского дна. Далее на основе анализа данных 3D-модели морского дна и отражательной способности грунтов выявлены основные формы рельефа подводного ландшафта, определена их пространственная протяженность и произведено микрорайонирование, выявлено наличие техногенных объектов и мест сброса грунта, находящихся на дне (рисунки 2,3).

В результате гидроакустического обследования участка морского дна в пределах границ обследуемого участка акватории по характерным признакам обнаружены 38 мест сброса грунта диаметром от 14 до 57 метров и выделены 9 районов, где наблюдается сплошное покрытие естественного грунта. Наиболее высокая концентрация мест сброса грунта наблюдалась в северо-восточной четверти обследуемого района. По своим характерным признакам (коэффициенту отражения, форме представления поверхности дна в виде 3D модели, геометрическим параметрам, наличию объектов техногенного происхождения) эти участки идентифицированы как места свалки грунта и производственных отходов.

На основе полученной информации составлен картографический планшет района и разработана схема распределения станций комплексного пробоотбора (рис. 4).

Проведение гидроакустического обследования позволило минимизировать количество наблюдательных станций, вы-

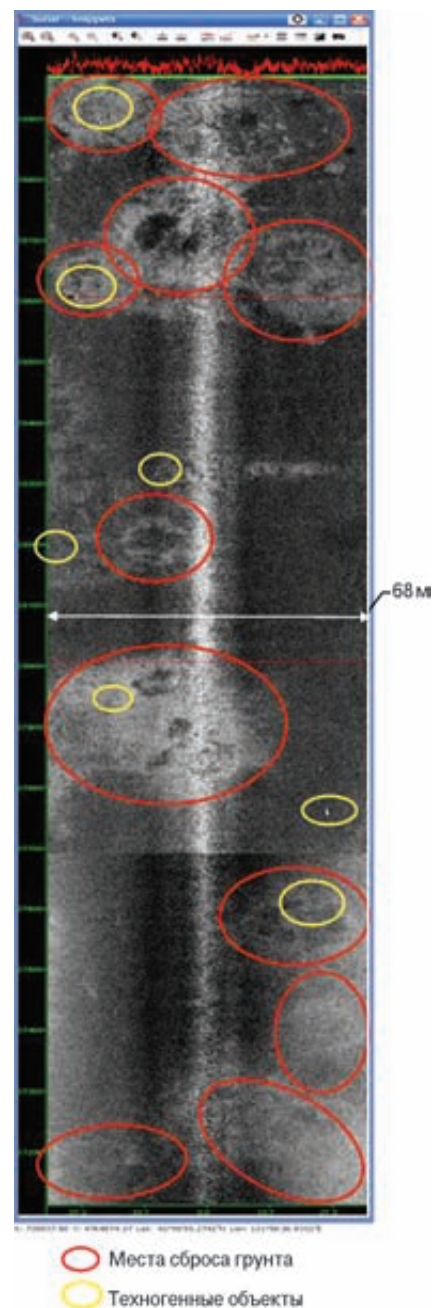


Рис. 2. Эхограмма участка дна (район дампинга), полученная в результате обработки батиметрической информации в среде прикладного программного обеспечения PDS2000 в режиме Sonar-Snippets с характерными местами сброса грунта и объектами искусственного (техногенного) происхождения

делив 11 точек для получения необходимой и достаточной информации для характеристики экологического состояния обследуемого участка акватории. Разработанная схема предполагала проведение комплексного пробоотбора на 11 станциях,

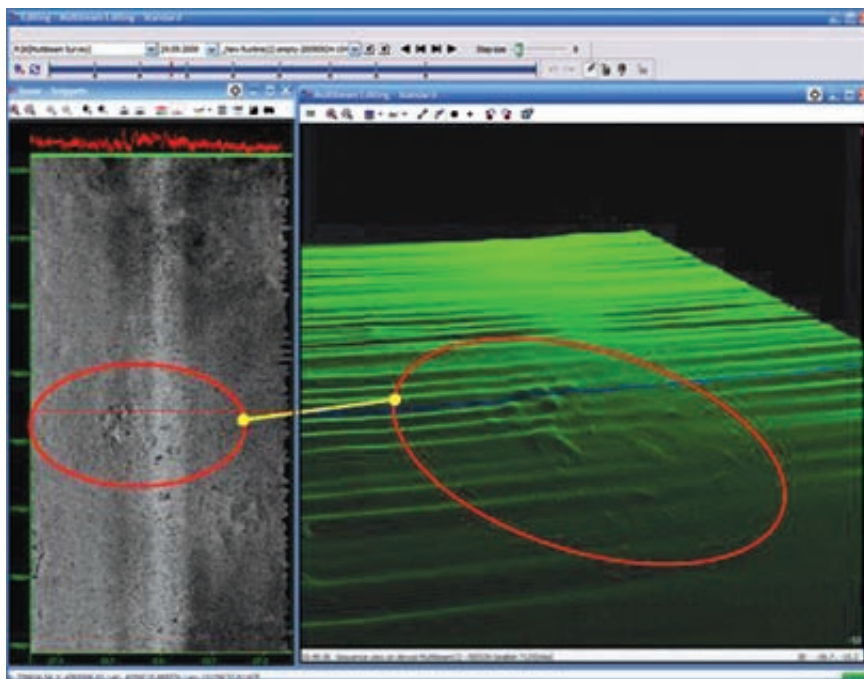


Рис. 3. Эхограмма северо-восточного участка дна (район дампинга грунта №326), полученная в результате обработки батиметрической информации в среде прикладного программного обеспечения PDS2000 в режиме Sonar-Snippets и Maltibeam Editing-Standard с отображением одного из мест сброса грунта в 3D-виде

указанных на графической схеме (рис. 4), на которых с привлечением водолазной группы

выполнен отбор проб донных отложений, необходимых для оценки количественных пока-

зателей их геохимического состава, а также отбор бентосных проб, необходимых для оценки состояния морской среды по биологическим параметрам. По результатам анализа гидродинамических характеристик района отбор проб морской воды для исследования гидрохимических показателей морской воды и планктона осуществлялся на трех станциях (станции №№ 1, 10 и 11) по направлению вектора доминирующих течений.

Степень и характер антропогенного воздействия на состояние морской экосистемы можно оценить прежде всего по результатам исследования химического состава верхнего слоя морских донных отложений, т.к. именно донные осадки являются конечным этапом миграции загрязняющих веществ [8]. В местах дампинга они искусственно привносятся в морскую среду, вызывая переформирование осадочного вещества. Значитель-

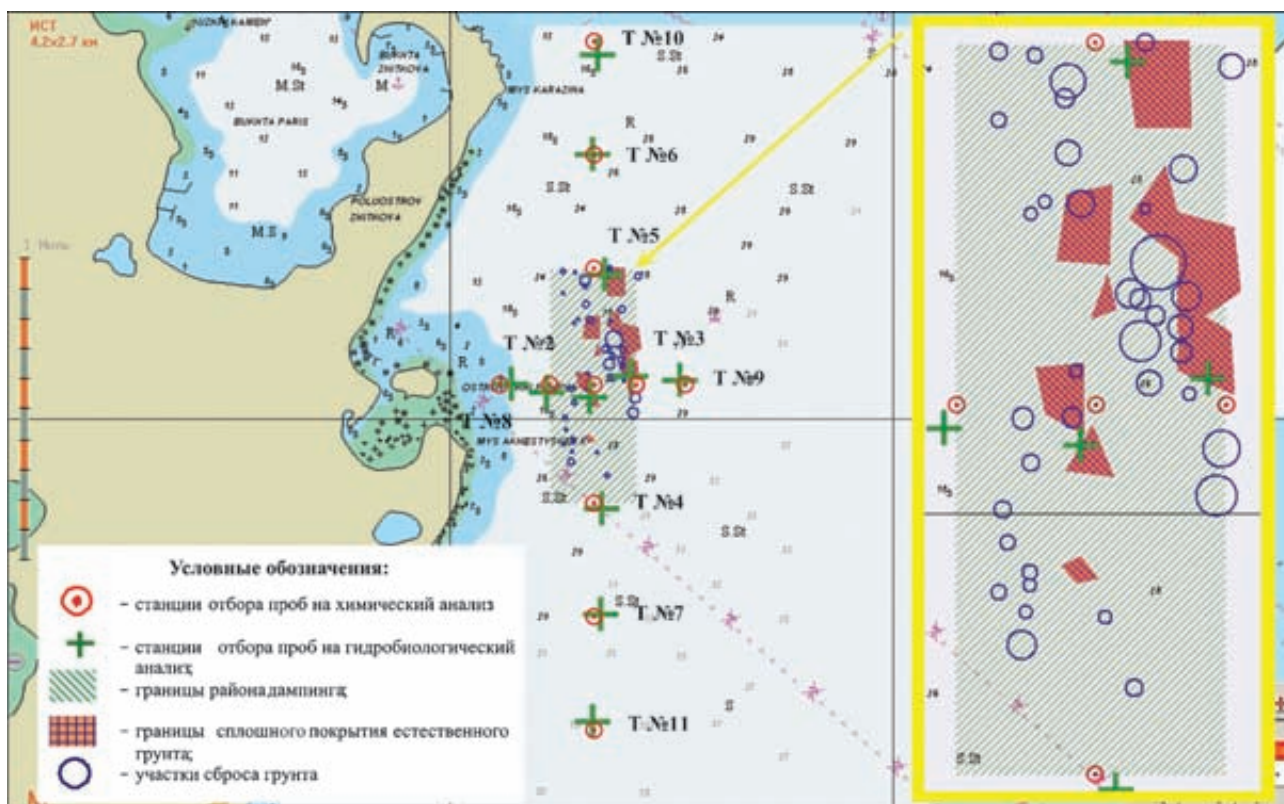


Рис. 4. Картографический планшет мест дампинга и схема расположения контрольных станций

ная часть донных отложений отличается высоким содержанием антропогенных загрязнителей и оказывает долгосрочное негативное воздействие на морскую экосистему в целом. Оценку экологического состояния обследуемой акватории проводили по контролируемым показателям, являющимся общепризнанными индикаторами, используемыми при оценке техногенного воздействия на состояние морской среды. Пробы донных отложений были проанализированы на содержание нефтепродуктов (НП) и тяжелых металлов: кадмия (Cd), свинца (Pb), цинка (Zn), меди (Cu), хрома (Cr), железа (Fe), никеля (Ni), кобальта (Co) и ртути (Hg).

Анализ пространственного распределения количественных характеристик содержания тяжелых металлов показывает, что наибольшей степенью загрязнения характеризуются

пробы донных отложений, отобранные на контрольных станциях № 1, № 3, № 6 и № 5. Эти станции пробоотбора расположены в местах выявления сплошных участков сброса грунта, находящихся в основном в северо-восточной четверти района дампинга грунта (рис. 4). На рис. 5 в качестве примера представлено распределение таких маркеров антропогенного воздействия, как свинец и цинк, в донных отложениях обследуемой акватории вдоль осей «запад-восток» и «север-юг».

Наиболее ярким показателем мощной техногенной нагрузки на морскую экосистему является содержание нефтепродуктов в отобранных пробах морской воды и грунтов. Распределение нефтепродуктов в донных отложениях (рис. 6) подчиняется той же закономерности, что и тяжелых металлов (рис. 5), максимальные концен-

трации НП зафиксированы на станциях №3 и №5.

Количественные показатели содержания нефтепродуктов в пробах морской воды в данном случае могут рассматриваться как второстепенные, так как воды исследуемого района являются весьма динамичной системой. Тем не менее наибольшие концентрации нефтяных углеводородов, которые существенно (на порядок) превышают предельно допустимую концентрацию нефтепродуктов, также зафиксированы в придонных слоях станций №3 и №5.

Таким образом, можно говорить об устойчивой прямой зависимости между наличием находящихся на морском дне исследуемого полигона участков сброса грунта и значительным ростом количественных характеристик контролируемых показателей загрязнения морской экосистемы.

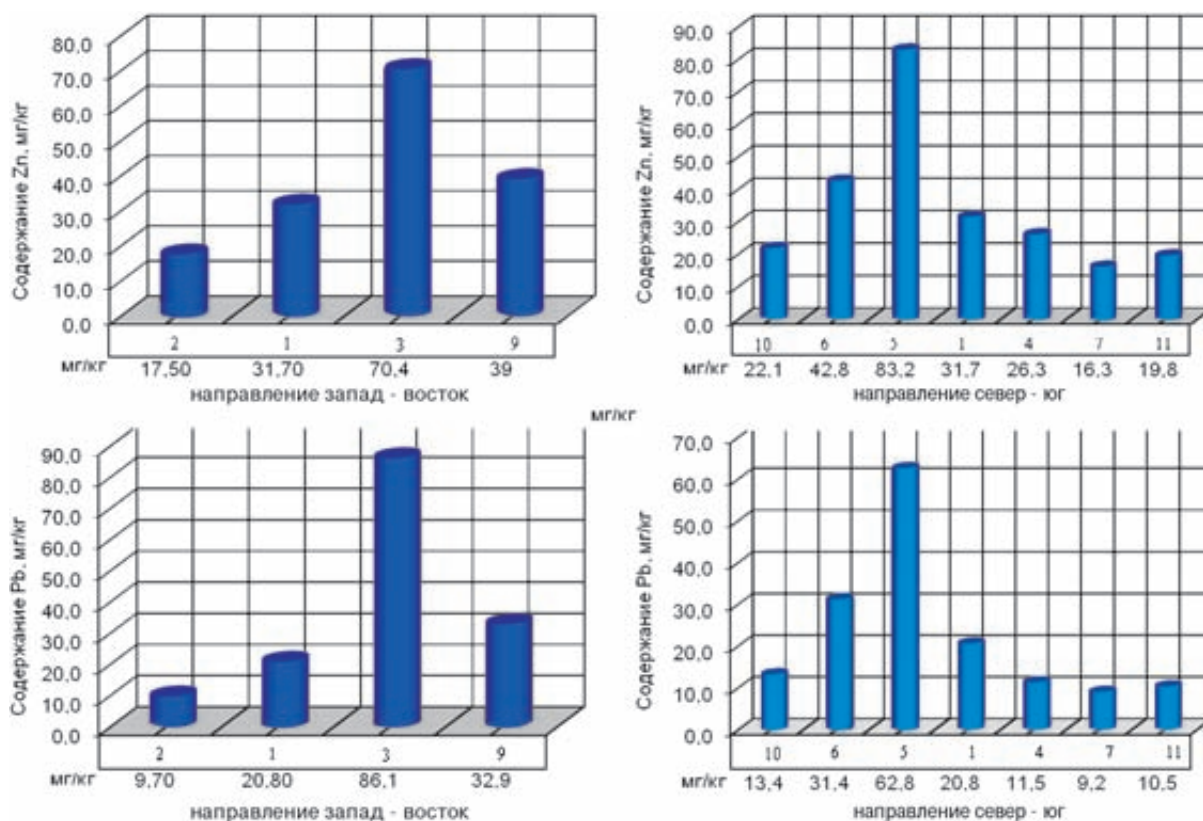


Рис. 5. Пространственное распределение содержания кислоторастворимых форм цинка (Zn) и свинца (Pb) в донных отложениях

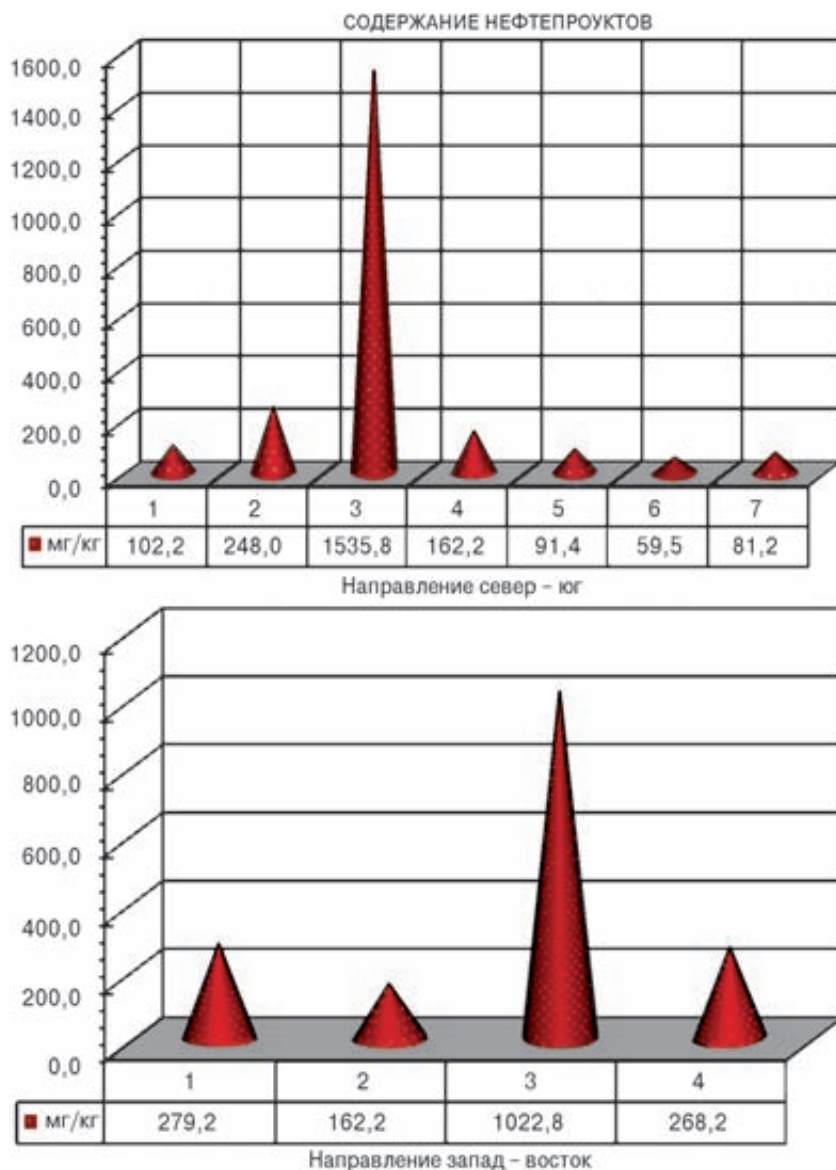


Рис. 6. Пространственное распределение содержания нефтепродуктов в донных отложениях

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнены исследования экологического состояния морской акватории с применением метода гидроакустического обследования морского дна, позволившего выявить места сброса грунта, а также с высокой степенью точности оценить их пространственные размеры с привязкой к абсолютным географическим координатам. На основании результатов гидроакустического обследования произведено микрорайонирова-

ние исследуемого участка морской акватории по типам подводного ландшафта, составлена и обоснована схема расположения наблюдательных станций экологического мониторинга.

Комплексный анализ информации выявил устойчивую прямую зависимость между наличием находящихся на морском дне исследуемого полигона участков сброса грунта и значительным ростом количественных характеристик контролируемых показателей загрязнения морской экосистемы.

Показаны эффективность и универсальность применения гидроакустических комплексов, обеспечивающих высокие производительность и качество, снижающих себестоимость инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий на морских акваториях.

ЛИТЕРАТУРА

- СП 11-102-97: Инженерно-экологические изыскания для строительства: Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Введ. 15.08.97. М.: Государственный комитет Российской Федерации по жилищной и строительной политике, 1997. 43 с. (Система нормативных документов в строительстве).
- Application Multibeam SeaBat-7125. Stuttgartstraat (Netherlands): RESON, 2006. 123 с.
- ГОСТ 12536-79. Грунты: Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) микроагрегатного состава. Введ. 07.01.80. М.: Изд-во стандартов, 1979.
- РД 52.18.685-2006. Определение массовой доли металлов в пробах почв и донных отложениях: Методика выполнения измерений методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Методические указания. М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; НПО «Тайфун», 2006. 56 с.
- МУ № 43. Методические указания по определению загрязняющих веществ в морских донных отложениях / под ред. Орадовского С.Г. М.: Гидрометеоиздат, 1982. 40 с.
- РД 52.10.556-95 Определение загрязняющих веществ в пробах морских донных отложений и взвеси. М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. 1996. 50 с.
- ПНД Ф 16.1:2.2.22-98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органоминеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии. М.: Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, 1998. 21 с. (Количественный химический анализ почв).
- Проблемы мониторинга природно-технических систем шельфовых зон в связи с развитием нефтегазового комплекса Дальнего Востока / под ред. Фаткулина А.А. Владивосток: Изд-во ДВТГУ, 2010. 332 с.