



005018714

*На правах рукописи*  
*МШ*

**НИКИТИНА Анна Владимировна**

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРОДНО-  
ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
(НА ПРИМЕРЕ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА ЮГА  
ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА)**

**Специальность 25.00.36 «Геоэкология»  
(науки о Земле)**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук**

1 2 АПР 2012

**Хабаровск – 2012**

Работа выполнена на кафедре нефтегазового дела и нефтехимии Дальневосточного федерального университета

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
Гульков Александр Нефедович

Официальные оппоненты: Ивашов Петр Васильевич,  
доктор геолого-минералогических наук, профессор,  
Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,  
главный научный сотрудник

Говорушко Сергей Михайлович,  
доктор географических наук, с.н.с.,  
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН,  
главный научный сотрудник

Ведущая организация: Морской государственный университет им. Г.И. Невельского

Защита диссертации состоится 26 апреля 2012 г. в 14.30 на заседании диссертационного совета Д 005.019.01 при Институте водных и экологических проблем ДВО РАН по адресу: 680000, г. Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65.

Факс: (4212) 32-57-55

E-mail: iver@iver.as.khb.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института водных и экологических проблем ДВО РАН

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор биологических наук



Н.А. Рябинин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** В настоящее время вопросы экономического развития регионов, в том числе и Дальневосточного федерального округа, занимают ведущее место в разрабатываемых программах регионального и государственного уровней. Основным направлением в области экономического развития Дальнего Востока Российской Федерации является успешная работа регионального топливно-энергетического комплекса. Восточная Сибирь и Дальний Восток обладают богатыми запасами энергоресурсов, эффективное использование которых может способствовать устойчивому развитию России и укреплению её позиций в странах Азиатско-Тихоокеанского региона.

Анализ существующей экологической ситуации показывает, что объекты топливно-энергетического комплекса оказывают мощное негативное воздействие на все компоненты природной среды. Нефтегазовая отрасль, являясь сложной по структуре, технологическому оснащению, характеризуясь большой протяженностью линейных объектов, транспортирующих углеводородные сырье или продукты их переработки, является одной из экологически неблагоприятных. При этом транспортные магистральные системы представляют собой связующие элементы трансграничных энергопотоков. Источниками загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы являются практически все технологические объекты и сооружения, эксплуатируемые в составе нефтегазовой и нефтехимической отраслей. Мощное негативное воздействие оказывается при авариях на линейных и площадных источниках. Современный опыт проектирования показывает, что безопасное и эффективное функционирование крупных промышленных объектов может быть достигнуто через применение комплексных оценок устойчивости проектируемого объекта с точки зрения его функционирования как единой природно-технической системы (ПТС).

В этом плане особую актуальность приобретает построение модели природно-технической системы нефтегазового комплекса с целью эффективного экономического и безопасного экологического управления развивающейся отраслью региона.

**Цель:** разработать модель природно-технической системы нефтегазового комплекса юга Дальнего Востока, учитывающую особенности её формирования в условиях региона и позволяющую оценить влияние различных факторов на стадиях размещения, строительства и эксплуатации объектов.

Для достижения поставленной цели предстояло решить следующие *задачи*:

- провести анализ тенденций развития нефтегазового комплекса Дальнего Востока, определить особенности размещения объектов отрасли;
- исследовать факторы, определяющие оптимальность размещения нефтегазового объекта на территории юга Дальнего Востока;
- исследовать условия формирования природно-технической системы нефтегазового объекта на различных стадиях существования объекта;

– разработать модель природно-технической системы нефтеперегрузочного терминала, провести её апробацию и разработать рекомендации при выборе оптимального размещения промышленного объекта на юге Дальнего Востока.

**Объект исследования:** сложившиеся и проектируемые природно-технические системы, прибрежные территориальные комплексы, перспективные для размещения нефтегазовых объектов, экологические показатели территорий, технологические объекты и сооружения нефтегазового комплекса Дальнего Востока, социально-инфраструктурные условия региона.

**Предмет исследования:** факторы, влияющие на формирование природно-технических систем в условиях юга Дальнего Востока.

**Методы исследования.** В работе при решении поставленных задач использовались: системный подход, сравнительный комплексный анализ, включая картографический, геоэкологический анализ, а также метод экспертных оценок, математическое моделирование.

#### **Научные положения, выносимые на защиту:**

1. Нефтегазовый комплекс Дальнего Востока формируется как природно-техническая система, определяющая развитие территорий, доминирующая функция которой состоит в обеспечении транзита углеводородных ресурсов с месторождений Восточной Сибири и Дальнего Востока в страны АТР.

2. Предложенная усовершенствованная методика взвешенной эколого-географической оценки размещения нефтегазового объекта на побережье учитывает особенности региона и позволяет прогнозировать формирование природно-технической системы.

3. Матричная математическая модель природно-технической системы позволяет оценить связи между техническими и экологическими компонентами, их динамику в период формирования и функционирования, а также прогнозировать изменения в системе.

4. Природно-техническая система нефтегазового комплекса юга Дальнего Востока формируется в сложных условиях, которые определяются показателями высокого биоразнообразия территории, слабой инфраструктурной освоенностью и природно-географическими факторами.

#### **Научная новизна работы заключается в следующем:**

1. Установлено, что развитие нефтегазового комплекса Дальнего Востока может осуществляться в виде формирования единой природно-технической системы, включающей элементарные подсистемы объектов добычи, транспорта, хранения, переработки сырья, а также природные подсистемы. Масштабность и интенсивность преобразования природной среды определяется сложностью природно-географических условий в районе строительства и его слабой транспортно-инфраструктурной освоенностью. При этом экологические риски связаны с природно-ресурсным потенциалом территории.

2. Определены перспективы использования участка побережья для размещения нефтегазовых объектов может осуществляться с применением методов взвешенной оценки формирования «зоны смежных интересов».

3. На основе анализа геоэкологических особенностей региона и технических характеристик предприятий нефтегазового комплекса разработана методика оценки вариантов размещения промышленного объекта на побережье.

4. Разработана матричная математическая модель для природно-технической системы нефтеперегрузочного терминала, позволяющая осуществлять мониторинг состояния элементов окружающей среды.

#### **Практическая значимость и реализация результатов работы:**

1. Разработаны рекомендации по взвешенной экологической оценке вариантов размещения промышленного объекта на побережье Дальнего Востока. Разработана модель природно-технической системы нефтеперегрузочного терминала.

2. Материалы исследований использованы при выполнении работ, связанных с поиском и обоснованием мест размещения объектов транспорта нефти на побережье Приморского края для компаний ОАО «АК «Транснефть»» и ОАО «НК «Альянс»».

3. Научные и практические результаты включены в учебно-методические материалы по курсу «Экология нефтегазового комплекса» для студентов специальности «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ» в Дальневосточном федеральном университете.

#### **Апробация работы**

Результаты работы докладывались и обсуждались на конференциях и семинарах различного уровня: «Вологдинские чтения» (Владивосток, 2004–2006 гг.); «Проблемы экологии, безопасности жизнедеятельности и рационального природопользования Дальнего Востока и стран АТР» (Владивосток, 2004–2005 гг.), «Sixth International Scholars' Forum of the Asia-Pacific Region Countries» (Владивосток, 2005 г.), «Тихоокеанский международный форум» (Владивосток, 2005); «Молодежь и научно-технический прогресс» (Владивосток, 2005–2008 гг.), методический семинар на кафедре промышленной экологии РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина (июнь 2009 г.), «Современное состояние естественных и технических наук» (апрель 2011 г.) и «Интеллектуальный потенциал молодых ученых России и зарубежья» (май 2011 г.).

#### **Публикации**

Материалы диссертации опубликованы в 15 печатных работах, в том числе в 6 статьях в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

#### **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов, 4 приложений, включающих 2 оценочные таблицы и 2 акта внедрения, списка литературы, включающего 137 наименований, в том числе 10 иностранных. Общий объем диссертации составляет 129 страниц, в том числе 12 таблиц, 9 рисунков и 4 приложения.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована ее цель и основные задачи.

Глава 1. «Анализ состояния и перспектив развития нефтегазового комплекса Дальнего Востока РФ». В главе представлен анализ тенденций и перспектив развития нефтегазового комплекса, а также основных экологических проблем, связанных с объектами данной отрасли. В настоящее время на территории Дальнего Востока нефтегазовый комплекс находится в стадии активного формирования, в перспективе число объектов, связанных с транспортировкой и переработкой нефти и нефтепродуктов, должно значительно увеличиться. Принимая во внимание отечественный и зарубежный опыт эксплуатации аналогичных объектов, мы должны учитывать опасность негативного воздействия на окружающую среду и возможность экологических катастроф. Наличие мощной ресурсной базы в центральной и северной частях Дальневосточного региона, существующие программы развития и модернизации топливно-энергетического комплекса, осуществляемые как на государственном уровне, так и с привлечением инвестиций крупнейших компаний страны, позволяют определить регион как высокоперспективный в промышленном освоении (рис. 1). В настоящее время активно построен крупнейший в регионе морской нефтеперезгрузочный терминал, завершается строительство магистрального нефтепровода, газопровода, в перспективе строительство нефтехимического комплекса, завода по сжижению газа и т.д. Особенностью данных объектов является необходимость выхода на морские экспортные пути, то есть строительство специализированных терминалов в прибрежной зоне, освоение новых и расширение существующих участков. Строительство подобных объектов осуществляется поэтапно: выбор площадки – технико-экономическое обоснование – проект.

В природно-географическом и инфраструктурно-технологическом аспектах наиболее перспективны для освоения южные участки побережья Приморского края, которые характеризуются богатейшим биоразнообразием и ландшафтно-экологической уникальностью, что вызывает ограничения по хозяйственному использованию территории. Существующая схема природопользования прибрежных участков весьма разнообразна и сложна по структуре, общему количеству затрагиваемых природопользователей так же, как и сложен природно-ресурсный потенциал. В связи с этим освоение прибрежных участков и обоснование их использования в тех или иных целях должно осуществляться с позиций системного взвешенного подхода.

Одним из недостатков применяемой в настоящее время системы экологического обоснования и размещения промышленных объектов является запаздывание системного экологического анализа и комплексной взвешенной оценки проекта. Решением проблемы является рассмотрение нового объекта в природной среде с позиций природно-технических систем.

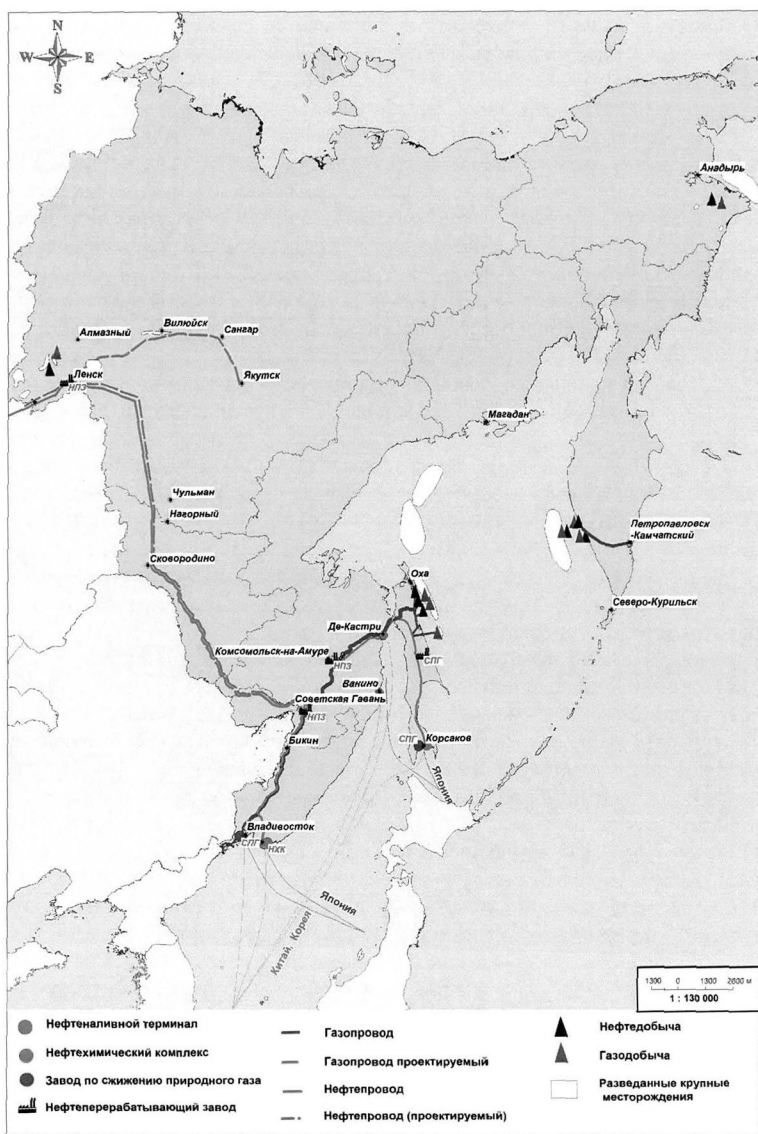


Рис. 1. Карта-схема «Основные направления развития нефтегазового комплекса Дальневосточного федерального округа»

Вопросам, связанным с воздействием нефтегазовых объектов на окружающую среду, а также со снижением их негативного влияния, уделяется значительное внимание как в области научно-теоретического обоснования, так и в области практического внедрения на производствах. Подробно рассмотрены вопросы в области территориальной организации производства и проблем природопользования региона в работах П.Я. Бакланова, С.С. Ганзея, С.М. Говорушко, В.Г. Белкина, А.В. Мошкова, М.Т. Романова и др. Вклад в решение задач экологического проектирования объектов и сооружений с системных позиций внесли следующие ученые и специалисты: И.И. Мазур, К.Н. Дьяконов, А.В. Дончева, А.Л. Ревзон, Г.К. Бондарик, О.Н. Толстихин, А.П. Камышев, О.И. Молдованов, В.Н. Шишов, А.Д. Потапов, В.Б. Коробов, В.В. Гутенев и др. Проблемы снижения негативного воздействия объектов и сооружений нефтегазового комплекса на окружающую среду рассмотрены в работах В.С. Яковлева, А.И. Владимировой, В.Р. Мкрытчана, А.И. Булатова и др.

Вопросам регионального освоения прибрежных территорий посвящены работы Б.В. Преображенского, П.Я. Бакланова, И.С. Арзамасцева, А.Н. Качура, Я.Ю. Блиновской, С.Ю. Монинца и др.

Современные методы проведения оценки воздействия объекта на окружающую среду направлены в основном на выявление негативных экологических последствий реализации проекта. При этом методика комплексной взвешенной оценки проекта с учетом влияния как природно-географических, ландшафтно-экологических факторов, так и аспектов инфраструктурного и технологического обеспечения экономики на стадии выбора площадки в настоящее время должным образом не используется.

В связи с этим автором сформулирован ряд задач, решение которых позволит на стадии выбора площадки представить и оценить взаимодействия ключевых групп факторов в рамках формируемой природно-технической системы. К ним относятся: разработка методики выбора оптимального варианта размещения нефтегазового объекта на побережье на основе пофакторного анализа; разработка модели природно-технической системы на примере нефтеперезгрузочного терминала.

Описаны система и методы исследований, характеристика объекта исследования.

**Глава 2. «Обоснование нефтеперезгрузочного терминала как самостоятельной природно-технической системы».** В главе дано описание современного нефтеперезгрузочного комплекса с позиций его воздействия на окружающую среду с учетом направленности и интенсивности как элементарной природно-технической системы. Приведено описание основных объектов и сооружений, их зонирование на территории, рассматривается оказываемое воздействие на среду.

С позиций пространственной классификации природно-технических систем нефтегазовый комплекс Дальнего Востока также может быть представлен как структурная система, состоящая из следующих трех уровней: региональный – локальный – элементарный. Объединяющим элементов всех уровней являются



ся потоки энергоресурсов, рациональное перераспределение которых для дальнейшего внутреннего потребления и экспорта является целью функционирования топливно-энергетического комплекса и основой экономического развития региона и страны в целом.

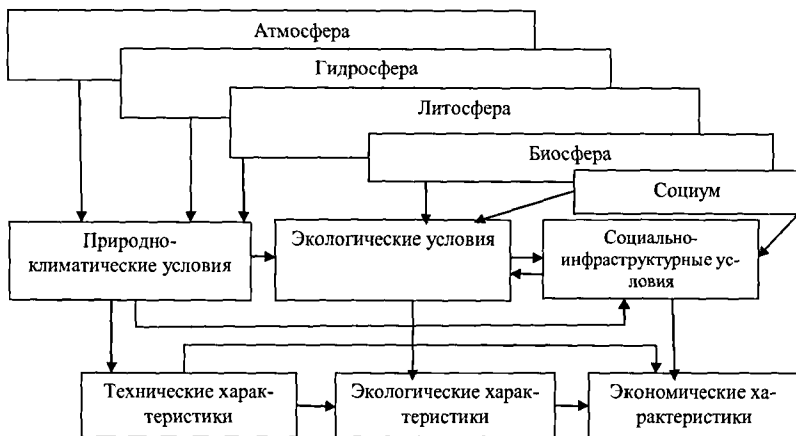
Элементарные природно-технические системы представляют собой отдельные технические сооружения, взаимодействующие с элементами окружающей среды (атмосферой, литосферой, гидросферой, биосферой), пространственно размещаемые на различных участках ландшафта. Объединение элементарных структур составляет локальную природно-техническую систему, характеризующуюся пространственным охватом нескольких геосистем, различных типов ландшафтов.

Локальная природно-техническая система нефтеналивного терминала обладает следующими признаками систем: единство природной и технической подсистем с общей целью управления; множество взаимодействующих элементов (иерархичность); «открытость» системы как по отношению к окружающей среде, так и по отношению к региональной эколого-экономической системе (посредством внутренних и внешних энергетических, материальных и информационных связей).

Таким образом, с позиций системного подхода комплекс сооружений нефтеналивного терминала в совокупности с состоянием и взаимодействиями с компонентами окружающей среды (и социумом) может быть определен как локальная природно-техническая система.

При этом активное влияние природной подсистемы на технические объекты происходит в основном на стадиях проектирования технического объекта (расчет надежности элементов, исходя из физико-географических условий строительства), строительства (активное преобразование среды в объемах и сроках, зависящих от условий строительства), на начальной стадии эксплуатации (выход на проектную мощность). Затем природно-техническая система (в условиях штатной эксплуатации) переходит в устойчивое состояние. Современные природоохранные сооружения и мероприятия позволяют на этапе эксплуатации минимизировать негативное воздействие объектов на окружающую среду посредством формирования в географических границах фактическую зону воздействия – границу ПТС. Чем меньше деградация природно-ресурсного потенциала в границах сформированной ПТС, тем устойчивее состояние системы.

Таким образом, для формирования устойчивой ПТС ключевым этапом является обоснование и эколого-планировочная оценка пространственного географического размещения объекта на предпроектной стадии (рис. 2).



**Рис. 2.** Влияние компонентов на характеристики объекта в локальной природно-технической системе

Особенностью ПТС нефтеналивного терминала является его локализация в прибрежной зоне, которая традиционно является зоной активного природопользования различных направлений: от рекреационного до промышленно-портового. Оценка природно-ресурсного потенциала участков побережья, малоосвоенных в промышленном отношении, по данным литературных источников, обычно завышается в аспекте экологических ограничений. Для формирования объективной оценки вариантов необходим совместный взвешенный анализ всех характеристик побережья с позиций устойчивого развития территории (рис. 3).



**Рис. 3.** Формирование зоны смежных интересов

Учитывая многокомпонентность и сложное взаимовлияние факторов, объектов и характеристик в ПТС, определение наиболее значимых из них, анализ которых необходим на этапе выбора и обоснования размещения объекта, необходимо провести, исходя из выявленных факторов и характеристик, подвергаемых изменению и/или влияющих на состояние ПТС на стадиях строительства, эксплуатации и аварий.

Для анализа выбраны наиболее значимые факторы, сформированные в группы (табл.1).

Таблица 1. Факторы, определяющие состояние ПТС

№	Группа факторов	Основные факторы	Показатели факторов	Характер влияния на состояние ПТС
1	2	3	4	5
1	Регионально-инфраструктурные показатели	Транспортная сеть	Категория, разветвленность (км/км <sup>2</sup> )	На сроки строительства и ввода в эксплуатацию; дополнительные земельные ресурсы под дороги, ЛЭП, жилой фонд и т.д.
		Энергообеспеченность	Мощность (МВт), удаленность (км)	
		Строительная база	Мощность (запас месторождения (тыс.т)); завод ЖБИ (наличие, удаленность)	
		Полигоны промышленных и бытовых отходов	Запас (тыс.т), удаленность (км)	
		Условия навигации	Интенсивность судоходства, СУДС, портовая инфраструктура	
		Кадровый потенциал	Специалисты (тыс. чел.), жилой фонд (тыс. м <sup>2</sup> ), объекты социальной инфраструктуры (больницы, магазины, сфера обслуживания)	
2	Экологические характеристики	Особоохраняемые природные территории	Статус, удаленность (км)	Прямое влияние на пространственное размещение объекта; оценка прямого и косвенного ущерба; оценка и прогноз загрязнения при аварии; разработка комплекса мер по минимизации воздействия
		Миграционные пути	Наличие, направление	
		Сезонные скопления животных	Наличие	
		Уникальные виды флоры и фауны	Статус охраны, численность (ед.), распространение, возможность компенсации потерь	
		Этнические территории	Статус, удаленность (км)	
		Историко-культурные зоны	Статус, удаленность (км)	
		Рекреационные зоны	Категория, потенциал (тыс.чел.)	

1	2	3	4	5
3	Технические характеристики объекта	Сейсмоустойчивость	Класс	На сроки строительства; сложность объектов, их пространственное размещение; оценка устойчивости и прочности
		Экологичность	Степень очистки выбросов, сбросов до норм ПДК (мг/м <sup>3</sup> )	
		Ресурсоемкость	Потребность в материалах, энергии	
		Землеемкость	Площадь под основные и сопутствующие сооружения (км <sup>2</sup> )	
		Отходность	Интегральная масса загрязнителей на единицу продукции (т/т)	
		Надежность	Запас прочности	
4	Природно-климатические условия	Сейсмичность	Балл	На сроки и условия строительства; на условия эксплуатации; на комплектацию ряда сооружений
		Температурный режим	Минимальные и максимальные температуры	
		Осадки	Количество (мм/год), тайфуны	
		Рельефные условия	Расчлененность, условия оврагообразования	
		Геологические условия	Класс сложности инженерно-геологических условий	
		Гидрогеологические условия	Запасы подземных вод	
		Гидрологические условия	Заболоченность, удаленность водотоков, запас	
		Туманы	Число дней в году	
		Ветровой режим	Скорость (м/с), штормовые, безветрие	
		Грозы	Число в год	
Ледовый режим	Максимальная толщина (м), сроки образования, разрушения			

Анализ данных факторов проводился балльным методом с использованием экспертной оценки с целью определения характера влияния фактора на состояние ПТС на стадиях строительства, эксплуатации, аварии (с позиций оценки фактора как возможной причины аварии, возможности изменения при аварии и степени влияния на ликвидацию последствий аварий).

С позиций минимизации экологического риска на этапе строительства объекта высокую значимость имеют факторы инфраструктуры, природно-климатические условия в зоне строительства, отсутствие ценных природных территорий в зоне влияния. Продолжительность воздействий на компоненты окружающей среды определяется общими сроками строительства как основных сооружений, так и необходимой инфраструктуры.

При эксплуатации объекта в штатном режиме негативное воздействие определяется техническими характеристиками объекта, степенью экологичности предприятия. Взаимодействие природной и технической подсистем осуществляется в границах сформированной зоны влияния.

При анализе аварийной ситуации наибольшую значимость имеют экологические компоненты, попадающие в зону возможного поражения.

Степень влияния группы факторов на состояние природно-технической системы (вес группы факторов) определяет структуру и порядок оценки варианта размещения объекта на площадке.

Таким образом, методика оценки выбора площадки для размещения объекта усовершенствована с позиций применения весовых коэффициентов, разделения факторов на функциональные группы

**Глава 3. «Модель природно-технической системы».** Глава посвящена анализу моделей природно-технических систем, выбору типа и разработке тематической структурной модели ПТС нефтеналивного терминала.

Исходя из выявленных характеристик, оказывающих влияние на состояние ПТС и подвергаемых воздействию, в структурную модель в виде множеств включены следующие свойства системы: экологичность (объем выбросов, сбросов, отходов, степень их очистки), эффективность (выполнение производственных функций), устойчивость (способность продолжать функционировать при изменении внешних и внутренних факторов), сбалансированность (использование потенциала территории и гармоничное сосуществование с другими ПТС). Каждая группа характеристик представлена набором факторов, значимость которых внутри группы определена в виде «веса». При этом каждая группа в ПТС имеет свою размерность, характеризуется принадлежностью к подсистемам и взаимодействием с ними (табл. 2).

**Таблица 2. Характеристики множеств и их влияние на подсистемы в ПТС**

Множество	Удельный вес параметра во множестве	Размерность множества	Природная подсистема	Техническая подсистема	Природно-техническая система
1	2	3	4	5	6
Множество Р (экологичность)	$\sigma(i)$	q	-	+	+
Множество S (устойчивость)	$\xi(i)$	f	+	+	+
Множество О (сбалансированность)	$\gamma(i)$	k	+	-	+
Множество Е (эффективность)	$\rho(i)$	h	+	+	+

Взаимодействия между множествами описываются в виде векторов состояний индивидуально для подсистем и для ПТС в целом. Для отражения из-

менений векторов состояний во времени определим множество  $T[z]$ . Параметры данного множества представляют собой фиксированные моменты времени, для которых описывается состояние ПТС и её подсистем.

Таким образом, записывая вектора состояний, зафиксированные в моменты времени, соответствующие определенному заранее множеству  $T[z]$ , друг под другом, получим матрицу состояний. Итоговая матрица состояний для ПТС имеет вид (формула (1)):

$$\left\{ \begin{array}{cccccc} P_{11}P_{21} & \dots & P_{q1}s_{11}s_{21} & \dots & s_{f1}o_{11}o_{21} & \dots & o_{k1}e_{11}e_{21} & \dots & e_{h1} \\ P_{12}P_{22} & \dots & P_{q2}s_{12}s_{22} & \dots & s_{f2}o_{12}o_{22} & \dots & o_{k2}e_{12}e_{22} & \dots & e_{h2} \\ \dots & & \dots & & \dots & & \dots & & \dots \\ P_{1z}P_{2z} & \dots & P_{qz}s_{1z}s_{2z} & \dots & s_{fz}o_{1z}o_{2z} & \dots & o_{kz}e_{1z}e_{2z} & \dots & e_{hz} \end{array} \right\} \quad (1).$$

Следующим шагом является определение удельного веса каждого вектора в каждой матрице индивидуально для подсистем (природной и технической) и общего фактора для ПТС в целом (формулы (2.1–2.4)).

Удельный вес каждого вектора в матрице для природно-технической системы:

$$U_{[E]} = \frac{\sum_{i=1}^h \rho^i e_i}{\sum_{i=1}^{h+q+f+k} \rho^i e_i + \sigma^i p_i + \gamma^i o_i + \xi^i s_i} \quad (2.1).$$

$$U_{[S]} = \frac{\sum_{i=1}^f \xi^i s_i}{\sum_{i=1}^{h+q+f+k} \rho^i e_i + \sigma^i p_i + \gamma^i o_i + \xi^i s_i} \quad (2.2).$$

$$U_{[O]} = \frac{\sum_{i=1}^k \gamma^i o_i}{\sum_{i=1}^{h+q+f+k} \rho^i e_i + \sigma^i p_i + \gamma^i o_i + \xi^i s_i} \quad (2.3).$$

$$U_{[P]} = \frac{\sum_{i=1}^q \sigma^i p_i}{\sum_{i=1}^{h+q+f+k} \rho^i e_i + \sigma^i p_i + \gamma^i o_i + \xi^i s_i} \quad (2.4).$$

На основании рассчитанного удельного веса каждого вектора в матрице определяется иерархическая структура множеств.

Таким образом, выделяются наиболее значимые параметры в каждом множестве и наиболее значимые множества в каждой матрице, что позволяет оптимизировать задачу размещения технологического объекта.

Определение состояния ПТС возможно с позиций оценки существующего положения относительно отклонения от критического и эталонного.

Вектор критического состояния для природно-технической системы определяется согласно формуле (3):

$$e_{1c}e_{2c} \dots e_{hc}s_{1c}s_{2c} \dots s_{fc}o_{1c}o_{2c} \dots o_{kc}p_{1c}p_{2c} \dots p_{qc} \quad (3).$$

Вектор эталонного состояния для природно-технической системы определяется по формуле (4):

$$e_{1m} e_{2m} \dots e_{hm} s_{1m} s_{2m} \dots s_{jm} o_{1m} o_{2m} \dots o_{km} p_{1m} p_{2m} \dots p_{qm} \quad (4).$$

Для определения среднего значения состояния ПТС воспользуемся формулой (5):

$$e_{1n} e_{2n} \dots e_{hn} s_{1n} s_{2n} \dots s_{jn} o_{1n} o_{2n} \dots o_{kn} p_{1n} p_{2n} \dots p_{qn} \quad (5).$$

Отклонения фактического состояния ПТС определяются с помощью приведенных ниже формул с использованием описанных ранее фиксированных векторов состояний (6–7):

– простая метрика, пример для множества  $E[h]$ :

$$l_i = d(e_i, e_{im}) = \sqrt{\sum_{i=1}^h (e_i - e_{im})^2} \quad (6);$$

– метрика Минковского (используется весовой коэффициент), пример для множества  $E[h]$ :

$$l_i = d(e_i, e_{im}) = \sqrt{\sum_{i=1}^h \rho_i^2 (e_i - e_{im})^2} \quad (7).$$

Для более полного понимания причин изменения параметров во множествах рассмотрим взаимодействие между множествами через контуры обратных связей. Здесь наблюдается как прямое влияние параметров одного множества на другое множество, так и косвенное влияние связей между множествами (рис. 4).

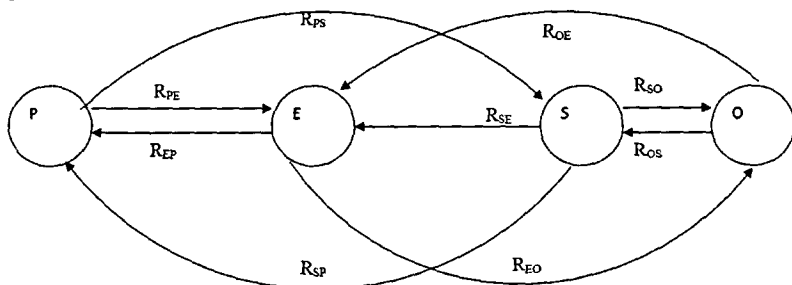


Рис. 4. Неориентированный граф взаимодействия между множествами в ПТС

Отношения между множествами обозначены соответственно:  $R_{EP}$   $R_{PE}$   $R_{SP}$   $R_{PS}$   $R_{SE}$   $R_{EO}$   $R_{OE}$   $R_{SO}$   $R_{OS}$ .

Множества параметров содержат в себе как простые параметры, отражающие состояние системы, так и параметры, оказывающие негативное влияние на систему.

В общем случае негативное влияние параметров множества на систему можно описать с помощью формулы (8):

$$w_E = f\left(\sum_{i=1}^r (p^{(i)}, e_i)\right) \quad (8)$$

– негативное воздействие множества  $E[h]$ ,  $r, r \leq h$  – количество негативно воздействующих параметров множества, пример для множества  $E[h]$ .

$$w_{P,S,O,E} = f\left(\sum_{i=1}^{r_1} (\sigma^{(i)}, p_i), \sum_{i=1}^{r_2} (\xi^{(i)}, s_i), \sum_{i=1}^{r_3} (\gamma^{(i)}, o_i), \sum_{i=1}^{r_4} \rho^{(i)}, e_i\right) \quad (9)$$

– суммарное негативное воздействие всех множеств,  $r_1 \leq q, r_2 \leq f, r_3 \leq k, r_4 \leq h$ , – количество негативно воздействующих параметров множеств.

Представленная математическая модель ПТС позволяет не только оценить состояние природно-технической системы в целом, но и отследить приближенность оцениваемых параметров к критическим и эталонным значениям, спрогнозировать изменение зависимых параметров, выявить взаимное влияние параметров и множеств, то есть осуществлять мониторинг и управление состоянием окружающей среды.

**Глава 4. «Практическое внедрение и апробирование предлагаемой методики».** В главе показаны результаты практической реализации разработанной методики выбора и оценки оптимального варианта размещения промышленного объекта на участке побережья при проведении комплексных экологических исследований.

Целью проведенных работ были осуществление поиска и оценки площадок (участка акватории и прилегающей прибрежной территории) для размещения морского терминала на побережье Приморского края, предназначенных для транспорта сырой нефти и нефтепродуктов.

При решении первой задачи заказчик проекта предложил определить оптимальное размещение нефтеперегрузочного комплекса с возможностями осуществления круглогодичной навигации и обслуживания танкеров неледового класса с условием доставки нефти трубопроводным транспортом при соблюдении экологических ограничений и природоохранного законодательства. Таким образом, выбор места размещения терминала (бухта, залив) осуществлялся в следующей последовательности (рис. 5).

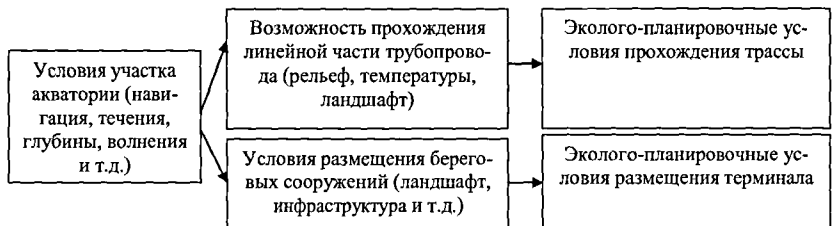


Рис. 5. Схема эколого-планировочной оценки вариантов размещения терминала и трубопроводной трассы



Техническим заданием была предусмотрена оценка не менее шести различных бухт, изначально удовлетворявших техническим условиям возможности строительства. Затем осуществлялась пофакторная оценка эколого-планировочных условий варианта. Основным методом выбран метод экспертных оценок. При формировании оценочных таблиц были выбраны наиболее значимые факторы, определяющие такие параметры, как сложность строительства в данных условиях, и факторы, определяющие прямые ограничения для возможности строительства. Оценка факторов проводилась по 3-балльной системе, весовые коэффициенты не применялись (рис. 6).

Разделив этапы проекта на оценку условий прохождения трассы (линейного сооружения) и оценку размещения площадных сооружений (терминала), мы выявили преимущества и недостатки различных вариантов. При этом совместно проводилась оценка как технических, так и экологических параметров.

Анализ выбранных вариантов показал, что некоторые из них при наличии положительной оценки по эколого-планировочным условиям размещения площадных объектов характеризовались неблагоприятными условиями по прохождению линейного объекта и наоборот.

Вариант размещения нефтепровода	Наличие ООПТ или расстояние до них		Обитание краснокнижных видов (в частности, типр. леопард)	Рекреационные зоны	Экологические коридоры и миграционные пути животных	Условия землепользования	Транспортная сеть	Энергетическая база	Строительная база	Рельефные условия	Сейсмичность	Гидрогеологические условия	Гидрологические условия	Ресурсобеспеченность	Экологичность	Надежность	...	Общая оценка варианта
	1	2																
	Экологические характеристики				Регионально-инфраструктурные условия				Природно-климатические условия				Технические характеристики					
Бухта Усть-Собольевка	1	1	3	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	...	31	
Залив Ольга	1	1	2	1	2	1	2	2	2	1	3	2	1	1	1	...	35	
Бухта Козьмино	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3	2	...	54	
Залив Стрелок	2	2	3	2	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	...	49	
Бухта Перевозная	1	1	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	3	3	3	...	62	

*Примечание.* Пофакторная оценка дана по балльной системе: «1» – неблагоприятные условия; «2» – условно неблагоприятные условия; «3» – благоприятные условия.

**Рис. 6.** Фрагмент оценочной таблицы «Экологические условия прокладки нефтепровода на побережье Приморского края (сопоставительный анализ)»

Результатом выполненной работы стал комплексный отчет, содержащий пофакторную оценку различных вариантов размещения терминала и участка

трубопровода к нему, сформированную на основе экспертного анализа. Анализ позволил комплексно оценить предложенные варианты размещения объекта, выявил основные эколого-планировочные ограничения и был представлен в разделе проектной документации «Альтернативные варианты реализации проекта».

При участии автора была выполнена также исследовательская работа по теме «Поиск площадки для размещения морского нефтепродуктоналивного терминала на побережье Приморского края». В качестве основных факторов и граничных условий, определенных заказчиком при выборе вариантов размещения объекта, были выбраны в приоритетном порядке следующие:

1. Наличие и доступность железной дороги для осуществления доставки нефтепродуктов.
2. Навигационные условия: возможность круглогодичной эксплуатации танкеров неледового класса, эффективная система управления судоходством.
3. Инфраструктурная обеспеченность района, в том числе таможенная, портовая, энергетическая.
4. Минимизация технических и экологических рисков.

В качестве приоритетных вариантов для размещения перегрузочного комплекса заказчик проекта предложил рассмотреть возможность локального расширения функционирующих портовых агломераций, реконструкции или перепрофилирования незагруженных портовых комплексов, поиск новых площадок.

При анализе условий функционирования и перспектив развития портовых агломераций Приморского края (Находкинская, Владивостокская, Славянская) нами выявлен ряд ограничений, определяющий потенциальную невозможность размещения дополнительных мощностей по перегрузке нефтепродуктов в существующих портах.

Алгоритм решения данной задачи был предложен следующий (рис.7).

Выбор участка железнодорожной ветки, примыкающей к побережью	Выбор бухты / участка побережья	Варианты размещения береговых сооружений	Варианты организации сливного фронта и прохождения технологического трубопровода	Экспертная оценка вариантов, балл
Дунайская ветка	Бухта Теляковского	2 варианта	В непосредственном примыкании к участку ж/д и технологическим коридором	146
		2 варианта	С дополнительной организацией ж/д разъезда	145
	Бухта Пяти Охотников	2 варианта	В непосредственном примыкании к участку ж/д и технологическим коридором	133
	Бухта Подьяпольского	1 вариант	В непосредственном примыкании к участку ж/д и технологическим коридором	137
Находкинская ветка (порт Восточный)	Затип Находка	1 вариант	В непосредственном примыкании к участку ж/д и технологическим коридором	128

Рис. 7. Алгоритм выбора и оценки оптимального варианта размещения объекта

Оценка вариантов размещения объектов проводилась пофакторно с использованием метода балльной оценки с учетом весовых коэффициентов групп факторов. Были определены три группы факторов, оценка проводилась по 3-балльной системе, для сводной оценочной таблицы дополнительно была включена ориентировочная стоимость строительства (табл. 4).

Отличием этой поисковой задачи от предыдущей являлось то, что варианты размещения объекта были привязаны к конкретным элементам инфраструктуры (участку железной дороги), не имели протяженных линейных сооружений (трубопроводов), вариациям подвергались лишь компоновка и размещение площадных объектов относительно причальных сооружений.

Таблица 4. Фрагмент оценочной таблицы по 1-ой группе факторов

№	Ранг	Фактор / критерий	Бухта Теляковского (подварианты)				Находка	Мыс Таран-ран-ный	Мыс Охот-ничий	Бухта-Подья-польского
			1	2	3	4				
1	1-го ранга важности (вес. коэф. 1,0)	Наличие автомобильных дорог	3	3	3	3	3	3	3	3
2		Наличие железных дорог	3	3	1	1	3	3	3	3
3		Наличие портовых сооружений	1	1	1	1	1	1	1	1
...		Сейсмичность территории	2	2	2	2	1	2	2	2
		Длина нефтепирса	2	2	2	2	3	3	3	3
		Административная принадлежность	3	3	3	3	2	2	2	2
		Закрытость гавани	3	3	3	3	3	2	2	2
		Площадь, пригодная под застройку	3	3	3	3	3	2	2	2
		Рекреационные зоны	3	3	3	3	1	3	3	3
		Энергетическая база	3	3	3	3	3	3	3	2
п	Водообеспечение подземными водами	3	3	3	3	1	1	1	1	
	Водообеспечение поверхностными водами	3	3	3	3	1	1	1	1	

Таким образом, применение комплексного анализа вариантов размещения промышленного объекта на побережье с использованием взвешенной пофакторной оценки позволяет без проведения масштабных натурных изысканий выявить на предпроектной стадии основные эколого-планировочные ограничения вариантов. В зависимости от категории выявленных ограничений этот анализ позволяет предусмотреть либо технические или компенсационные мероприятия по снижению негативного воздействия, либо планировочные решения, исключающие значительную потерю ресурса.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено что, в тенденциях развития нефтегазового комплекса Дальнего Востока основным направлением является создание и развитие трансрегиональных транспортных систем, в основном ориентированных на экспорт энергоресурсов. Данные объекты сложны по структуре экономических связей, технологическому оснащению и оказываемому экологическому воздействию. Конечными пунктами линейных транспортных систем являются морские терминалы, обоснование размещения которых в условиях региона является важной и сложной геоэкологической задачей.

2. Юг Дальнего Востока, рассматриваемый в качестве перспективного участка промышленного освоения, характеризуется сложными условиями: слабой инфраструктурной обеспеченностью, разнообразным природно-ресурсным потенциалом, экологической уникальностью. Эти особенности обязывают при размещении нефтегазовых объектов усиливать инфраструктуру района, максимально сохраняя природную среду.

3. При новом строительстве линейных и площадных объектов происходит преобразование природной среды и формирование природно-технических систем различного уровня. Из всего многообразия технологических объектов, эксплуатируемых в нефтегазовой отрасли, в наиболее сложных условиях формируются природно-технические системы нефтеперегрузочных терминалов.

4. На различных стадиях существования природно-технической системы нефтегазового объекта влияние элементов, входящих в её структуру, на общее состояние системы неравнозначно. На стадии строительства основным является создание необходимой инфраструктуры, на стадии эксплуатации – минимизация экологического ущерба от нестандартных ситуаций.

5. Применение экспертной оценки факторов и элементов, оказывающих влияние на природно-техническую систему на этапах строительства, эксплуатации, а также в случае нестандартных ситуаций, позволило сформировать общую структуру модели, реализованную в матричной форме, и определяющую состояние системы на различных стадиях.

6. С использованием усовершенствованной методики эколого-географической оценки вариантов размещения промышленного объекта на побережье выполнен ряд практических работ, связанных с обоснованием расположения объектов нефтегазового комплекса на побережье Приморского края для компаний ОАО «АК «Транснефть»», ОАО «НК «Альянс»». Предложены оптимальные варианты размещения объектов, разработаны рекомендации, материалы использованы в работе компаний, что подтверждено актами о внедрении.

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:**

### **Публикации в журналах, рекомендованных ВАК**

1. Никитина А.В., Гульков А.Н. и др. Методика экологического обоснования выбора места размещения нефтеналивного терминала на побережье Японского моря // Сб. «Известия Тульского государственного университета. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. Вып. 8. Тула, 2006. С. 60–65.
2. Гульков А.Н., Майсс Н.А., Никитина А.В. Методика экологического обоснования выбора места размещения нефтеналивного терминала на побережье Японского моря // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов 2008. № 3 С. 119–122.
3. Никитина А.В., Гульков А.Н. Природно-ресурсный потенциал прибрежных территорий как фактор возможности размещения промышленного объекта // Изв. Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 1 (3) (27). С. 511–516.
4. Никитина А.В., Гульков А.Н. Исследование природно-ресурсного потенциала прибрежных территорий в качестве фактора возможности размещения промышленного объекта // Технологии нефти и газа. 2010. № 1. С. 8–12.
5. Гульков А.Н., Никитина А.В., Щека О.О. К вопросу комплексной оценки потенциала развития территорий и формирования зон совместного природопользования // Изв. Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13(39). № 1(6). С. 1322–1325.
6. Гульков А.Н., Никитина А.В., Щека О.О. К разработке матричной тематической модели оценки состояния природно-технической системы // Изв. Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13(39). № 1(6). С. 1326–1330.

### **Публикации в журналах и сборниках трудов**

7. Никитина А.В., Гульков А.Н. К вопросу применения современных моделей проектирования с позиций охраны окружающей среды // Матер. I регион. конф. студентов, аспирантов, молодых ученых «Проблемы экологии, безопасности жизнедеятельности и рационального природопользования Дальнего Востока и стран АТР / под общ. ред. В.И. Петухова. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2004. С. 12–16.
8. Nikitina A. Bases of formation of naturally-technical system in an oil-and-gas complex of the Far East // Materials of the Sixth International Scholars' Forum of the Asia-Pacific Region Countries. P. II. Vladivostok: FENTU, 2005. P. 220–221.
9. Никитина А.В., Москаленко С.А. Экологические условия размещения нефтепорта в заливе Находка // Матер. II регион. конф. студентов, аспирантов,

молодых ученых «Проблемы экологии, безопасности жизнедеятельности и рационального природопользования Дальнего Востока и стран АТР» // под общ. ред. В.И. Петухова. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2005. С. 323–327.

10. Никитина А.В., Светлов И.Б., Гульков А.Н. Основы формирования природно-технических систем в нефтегазовом комплексе Дальнего Востока // Материалы Тихоокеанского энергетического форума. Владивосток: ООО «Рентон», 2005. С. 28–32.

11. Никитина А.В., Светлов И.Б. Особенности управления природно-технической системой нефтегазового комплекса // Матер. регион. науч.-техн. конф. «Молодежь и научно-технический прогресс». Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2006. Ч. 2. С. 20–22.

12. Никитина А.В. Особенности формирования природно-технической системы нефтеналивного терминала // Молодежь и научно-технический прогресс: сб. тез. докл. регион. науч.-техн. конф. В 2 ч. Ч. 1. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. С. 93–95.

13. Никитина А.В., Автомонов Е.Г. Роль инженерно-экологических изысканий в экологическом обосновании возможности строительства // Молодежь и научно-технический прогресс: сб. матер. регион. науч.-техн. конф. В 2 ч. Ч. 1. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2008. С. 299–301.

14. Морозов А.А., Никитина А.В., Щека О.О. Об общем подходе к применению теории графов в решении задач оптимизации размещения объектов на территории // Матер. I Междунар. науч.-практ. конф. «Интеллектуальный потенциал молодых ученых России и зарубежья» (30.04.2011). М.: Изд-во «Спутник», 2011. С. 80–84.

15. Никитина А.В., Щека О.О. Применение матричной модели при оценке влияний факторов на формирование природно-технической системы // Матер. II Междунар. науч.-практ. конф. «Современное состояние естественных и технических наук» (25.05.2011). М.: Изд-во «Спутник», 2011. С. 64–69.

**НИКИТИНА Анна Владимировна**

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРОДНО-  
ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
(НА ПРИМЕРЕ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА ЮГА  
ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА)**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук**

Подписано в печать 23.03.2012 Формат 60x84/16

Усл. печ. л. 1,33 Уч-изд. 1,24

Тираж 100 экз. Заказ 201

Отпечатано в Типографии №2 ИПК ДВФУ  
690990, г. Владивосток, ул.Пушкинская, 10