

Определение линий отступа прибрежной застройки с позиций природоориентированных решений (NbS): пример города Далянь

Ан Ибинь, Сюй Сяоли, Жун Юэцзин, Чжан Нин, Ян Ликун

Аннотация

Линии отступа прибрежной застройки являются широко применяемым в прибрежных странах инструментом контроля развития прибрежных зон; они служат важной основой для планирования и строительства и занимают ключевое место в специализированном планировании прибрежных территорий. Поскольку прибрежные зоны включают многомерные потребности развития, существующие методы определения таких линий остаются ограниченными при работе с разными типами береговой линии и задачами защиты экосистем. Исходя из потребностей пространственного управления прибрежными зонами, настоящее исследование усиливает принципы координации суши и моря и экологического приоритета. На основе существующих технических подходов вводится концепция природоориентированных решений (NbS), интегрируется многофакторный пространственный оверлей-анализ и формируется технический метод определения линий отступа прибрежной застройки с позиций NbS. Метод апробирован в Даляне, важном прибрежном городе Северного Китая. Результаты показывают, что по сравнению с прежними подходами предложенный метод задает более комплексные пороговые значения отступа для сложных береговых линий в практическом планировании. Он может обеспечить техническую поддержку планирования и управления прибрежными территориями Даляня, а также охраны и устойчивого развития экосистем прибрежной зоны.

Ключевые слова

специализированное планирование прибрежной зоны; природоориентированные решения (NbS); линия отступа прибрежной застройки; риск бедствий и устойчивость; экосистемные услуги

1 Предпосылки и анализ линий отступа прибрежной застройки

Прибрежные зоны как переходные комплексные экосистемы, связывающие сушу и море, характеризуются разнообразием типов экосистем, богатством природно-ресурсного потенциала и множественностью социально-экономических видов деятельности. Поэтому они являются важнейшими пространственными носителями стратегии скоординированного развития суши и моря [1]. Территориально-пространственное планирование Китая переходит от подготовки отдельных планов к системной конструкции, в которой координируются планы разных уровней и типов. Нижние предельные границы и контрольные линии используются для усиления эффективности реализации планов [2-3]. Специализированные планы охраны и использования прибрежных зон, подготовленные с позиций координации суши и моря, выходят за рамки традиционного мышления "определять море через сушу" и в системной рамке обеспечивают целостную оптимизацию пространственной структуры и комплексное управление прибрежными территориями [4].

В зависимости от свойств береговой линии и характеристик природной среды линия отступа прибрежной застройки представляет собой контрольную линию, которая, принимая береговую линию за базу, отступает на определенное расстояние в сторону суши и запрещает либо

ограничивает строительную деятельность. Она комплексно учитывает воздействие морских бедствий, защиту целостности экосистем и расширение общественного пространства у моря [5]. Научное определение таких линий является ключевым звеном управления прибрежными зонами, важным инструментом реализации координации суши и моря и значимой мерой снижения риска морских бедствий и защиты прибрежных экосистем.

1.1 Развитие международной практики

Исследования и практика, связанные с линиями отступа прибрежной застройки, впервые получили развитие в основных прибрежных странах Европы и Северной Америки в 1970-1980-е гг. Обозначая запретные или ограничительные зоны строительства в пляжно-приливных участках побережья, эти страны ввели строгий контроль над прибрежной девелоперской активностью (табл. 1) [6]. Соответствующие случаи обычно учитывают несколько факторов, включая экстремальные климатические события, геоморфологическую эволюцию и изменение климата. Расстояния отступа существенно различаются по регионам, главным образом из-за различий природных условий и функциональных потребностей. На Гавайях, где высок спрос на водно-ориентированную активность, расстояние отступа прибрежной застройки составляет лишь 12 м [7]. В районах индонезийских мангровых лесов с более строгими требованиями экологической охраны оно достигает 400 м [8-18]. Такие различия стимулировали более глубокую разработку теоретической системы определения линий отступа.

Таблица 1. Сравнение систем отступа прибрежной застройки в отдельных странах и регионах [9-18]

Страна	Правовая или политическая основа	Ключевой механизм управления	Примеры расстояний отступа	Период реализации	Основа определения
США	Закон об управлении прибрежной зоной и федеральные/штатные законы, включая законы Калифорнии и Флориды, 1972	Динамические линии отступа на основе исторической эрозии и буферных зон; скользящие отступы	Калифорния: 30-60 м в среднем; Флорида: динамическое определение по скорости эрозии, в отдельных районах 50-100 м; Гавайи: расстояние, равное 40 годовым скоростям эрозии, около 20-100 м	С 1970-х гг.	Скорость эрозии и модели штормового нагона
Австралия	Закон об охране побережья, уровень	Линии столетней эрозии, адаптивное	Новый Южный Уэльс: линия столетней эрозии плюс буфер 20 м, общий отступ около 50-150 м; Квинсленд:	С 1980-х гг.	Прогноз повышения уровня моря и GIS-анализ

	штатов, 1979	обновление, запрет нового строительства в зонах отступа	динамическое определение с учетом прогноза повышения уровня моря, средний отступ 30-80 м		
Новая Зеландия	Закон об управлении ресурсами, 1991	Зонирование природных опасностей, динамическое моделирование и общественные консультации	Окленд: базовый отступ 30 м плюс дополнительный буфер риска, всего до 100 м; побережье Веллингтона: на основе штормов с годовой вероятностью 1%, отступ 50-200 м	С 1991 г.	Вероятностные модели риска
Нидерланды	Национальный водный план, 2009	Пространство для отступа, сочетание защиты от наводнений и экологии; устойчивое проектирование	Низменные дельтовые районы: обязательный отступ 500-1000 м; дельта Рейна-Мааса: частичный отступ 300-500 м в сочетании с дамбами	С 1990-х гг.	Гидрологические модели и стандарты защиты от тысячелетнего паводка
Япония	Закон о побережье, 1956	Зоны охраны побережья и двойные линии отступа в районах цунами	Обычные прибрежные зоны: 30-50 м с ограничениями по типу зданий; зоны высокого риска цунами, например Фукусима: более 1 км; Окинава: 50-100 м в районах частых тайфунов	С 1956 г., с изменениями	Исторические данные о бедствиях и топографический анализ
Великобритания	Закон о морском и прибрежном доступе, 2009	Гибкое планирование на основе управляемого отступления	Побережье Норфолка: 100-200 м в сильно эродированных районах; восточная Англия: динамическая корректировка, при годовой эрозии более 2 м отступ не менее 50 м	С 2000-х гг.	Мониторинг береговой эрозии и прогнозы изменения климата

1.2 Исследования и практика в Китае

Хотя исследования линий отступа прибрежной застройки в Китае начались сравнительно поздно, в последние годы они стали связывать экосистемные услуги с определением отступа. Одни работы исходят из функциональных потребностей и определяют отступы по функциям использования морского пространства, функциям побережья или функциям морских экосистемных услуг [7,18-19]. Другие строят научные аналитические рамки и комплексные методы оценки для более рационального определения линий отступа [7,20]. Существуют также подходы на основе трехмерных моделей реальной сцены, однако их применение пока ограничено [21].

В 2021 и 2024 гг. Министерство природных ресурсов опубликовало "Руководство по подготовке провинциальных планов комплексной охраны и использования прибрежных зон (пробное)" [5] (далее - Руководство) и "Технические указания по определению линий отступа прибрежной застройки (проект для утверждения)" [22] (далее - Технические указания), что продвинуло работу по определению линий отступа в прибрежных регионах. Однако из-за многомерных потребностей развития прибрежных зон методы, предложенные в этих документах и связанных исследованиях, сохраняют ряд ограничений. Они в основном базируются на анализе одного типа береговой линии и не могут в полной мере отразить требования реагирования на бедствия, экосистемных услуг, потенциала поглощения углерода и контроля использования производственных и жилых пространств в условиях координации суши и моря. Это усиливает противоречия между социально-экономическим спросом на использование суши и моря и охраной морской экологии [23-24].

1.3 Анализ проблем и размышления

Определение прибрежных линий отступа стало важной темой академических исследований и практики. Поскольку прибрежные зоны включают многомерные потребности развития, условия ограничений и системы классификации для определения линий отступа требуют дальнейшего углубления. Во-первых, исследования механизмов ограничений остаются недостаточными и еще не сформировали системной теоретической рамки. Существующие методы преимущественно опираются на анализ одного типа береговой линии и поэтому с трудом отражают многоплановые требования координации суши и моря, включая риск бедствий и устойчивость, экосистемные услуги и потенциал поглощения углерода. В определенной степени это усиливает противоречие между социально-экономическим развитием и охраной морской экологии. Во-вторых, системное мышление пока не закрепилось в полной мере: часто игнорируется связь между определением линий отступа и пространственным управлением в целом. На стороне суши прибрежных зон располагаются разные формы рельефа, элементы природных ресурсов и искусственные сооружения; одна фиксированная дистанция не может обеспечить связность и целостность пространства отступа и может привести к пересечению контрольных линий и пространственной фрагментации [25]. Одновременно существующие меры контроля в зонах отступа предъявляют строгие требования главным образом к новым строительным проектам, тогда как управление существующей застроенной территорией не обеспечено достаточной политической и технической поддержкой. Это снижает практичность и эффективность определения линий отступа [26].

1.4 Исследовательские потребности и направление

В ответ на эти проблемы исследование исходит из требований координации суши и моря в территориально-пространственном планировании и использует природные процессы как основу для совершенствования технического метода определения линий отступа прибрежной застройки. Предлагаемый метод рассматривает контроль с позиций пространственной системности,

подчеркивает согласование с природными процессами и стремится усилить экологическую устойчивость территории и функции экосистемных услуг при реагировании на такие социальные вызовы, как изменение климата, предупреждение бедствий и снижение ущерба. Он также учитывает воспроизводимость в разных природно-экономических условиях, эффективно связывается с местными ресурсными особенностями и потребностями и нацелен на то, чтобы метод определения был операциональным, а линия контроля - реализуемой [27-29].

2 Методическая рамка определения линий отступа прибрежной застройки

2.1 Введение технической рамки NbS

Природоориентированные решения (NbS) являются важным техническим путем построения экологической цивилизации и хорошо согласуются с целями экологической охраны и безопасного развития прибрежных зон. Их сущность состоит в защите, восстановлении и оптимизации экосистем для координации предупреждения и смягчения бедствий, сохранения биоразнообразия, увеличения поглощения углерода и других целей [30-32]. Это позволяет преодолеть ограничения традиционных линий отступа прибрежной застройки, основанных на одном пороге бедствия или изолированных экологических факторах. По сравнению с контролем фиксированной дистанции NbS подчеркивают комплексное регулирование на основе функций экосистем и дают теоретическую основу для перехода от "контроля расстояния" к "контролю функций". Такой подход согласуется с целями прибрежной экологии, сформулированными в Национальном генеральном плане крупных проектов по охране и восстановлению важных экосистем (2021-2035).

2.2 Рамка определения линий отступа

С опорой на NbS исследование предлагает многофакторную аналитико-оценочную модель отступов прибрежной застройки, а также системный метод корректировки линий отступа по характеру использования береговой линии (рис. 1). Исходя из NbS, рамка интегрирует четыре технических подхода как основу формирования пространства отступа: экосистемно-ориентированную адаптацию (EbA), экосистемно-ориентированное снижение риска бедствий (Eco-DRR), природоориентированную инфраструктуру (NbI) и природные климатические решения (NCS). EbA подчеркивает повышение адаптационного потенциала к климату через защиту, восстановление и устойчивое управление функциями экосистемных услуг. Eco-DRR фокусируется на повышении устойчивости экосистем для сокращения ущерба от бедствий. NbI использует природные процессы для решения задач климатической адаптации, управления рисками бедствий и обеспечения ресурсами. NCS использует потенциал поглощения углерода и функции климатического регулирования природных экосистем.

Поскольку существующие подходы к определению отступов прибрежной застройки недостаточно связаны с этими четырьмя техническими целями NbS, исследование формирует три пространственных измерения: риск бедствий и устойчивость (DRR-NbI), экосистемные услуги (EbA) и потенциал поглощения углерода (NCS). Затем используется многофакторный пространственный оверлей-анализ, а наибольшая дистанция принимается для задания базовой линии отступа. Далее исследование учитывает тип береговой линии и вводит управленческие факторы координации суши и моря, включая текущее и планируемое освоение земель, существующие здания, границы городского развития и границы сельского строительства. Эти факторы используются для

корректировки базовой линии и формирования окончательной линии отступа прибрежной застройки.

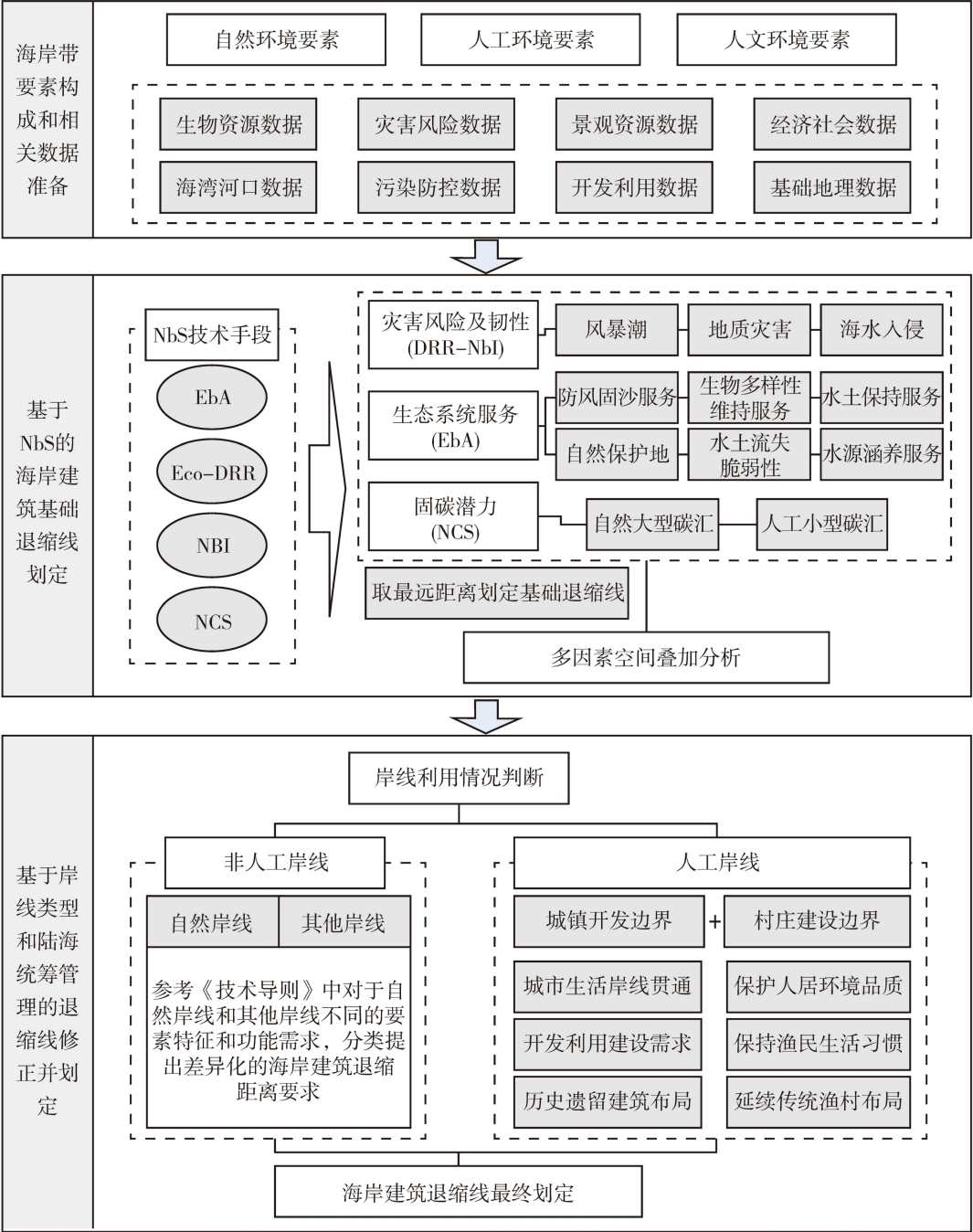


Рисунок 1. Техническая схема определения линий отступа прибрежной застройки.

2.3 Многофакторная модель анализа и оценки на основе NbS

2.3.1 Риск бедствий и устойчивость (DRR-NbI)

На основе исторических пространственных данных о разных бедствиях исследование учитывает воздействие трех основных природно-ресурсных угроз: штормового нагона, геологических опасностей и вторжения морской воды. Формируется модель оценки риска бедствий, а внешняя

граница зоны наивысшего уровня риска используется как расстояние прибрежного отступа. Модель оценки фактора DRR-NbI имеет вид:

$$R = (H / H_{\max}) \times (E / E_{\max}) \times (V / V_{\max}) \quad (1)$$

где R - индекс риска бедствия; H - опасность, то есть вероятность и физическая интенсивность бедствия; E - экспозиция, включая население, имущество и инфраструктуру в затронутых районах; V - уязвимость, то есть восприимчивость объектов к ущербу и их способность сопротивляться бедствиям.

2.3.2 Экосистемные услуги (EbA)

Для оценки экосистемных услуг, с учетом водных местообитаний и безопасности питьевой воды, исследование использует метод случайного леса в машинном обучении для анализа количественной связи между порогами прибрежного отступа и качеством воды. Вокруг пунктов мониторинга качества морской воды Даляня были собраны пять наборов данных: типы рыбохозяйственного использования моря, расстояние от зданий до береговой линии, текущее функциональное использование береговой линии, класс качества воды и метеорологические данные. Они были разделены на тестовую и обучающую выборки в соотношении 1:4. После повторных итераций подгонки, при коэффициенте соответствия выше 0,7, были смоделированы пороговые расстояния отступа, необходимые для защиты качества воды.

Исследование также учитывает важные зоны услуг ветроломной и пескозакрепляющей защиты, водоохранного питания, сохранения почв и воды, уязвимости к водной эрозии и поддержания биоразнообразия. Цель состоит в максимально полном предотвращении и снижении негативных экологических эффектов девелоперской активности, а также в приоритетной защите горячих точек биоразнообразия, местообитаний исчезающих видов, миграционных коридоров и уникальных экосистем.

2.3.3 Потенциал поглощения углерода (NCS)

В части потенциала поглощения углерода исследование сначала рассматривает защиту природных углеродных поглотителей. Например, мангры являются ключевыми прибрежными экологическими барьерами, и линии отступа должны оставлять достаточное пространство для сохранения их функции смягчения бедствий. Для природных охраняемых территорий применяются жесткие контрольные ограничения: линии отступа должны полностью обходить ядра охраняемых территорий, а для буферных зон задаются строгие условия развития. Для меньших углеродных поглотителей, таких как уличные деревья, кустарники, городские зеленые пространства и парки, используется оценка с позиций пространственного планирования, чтобы максимально сохранить их функцию поглощения углерода и сформировать зоны координации и защитные буферы вокруг прибрежных территорий.

2.3.4 Многофакторный пространственный оверлей

Указанные факторы интегрируются с помощью метода взвешенного многофакторного пространственного оверлея, объединяющего риск бедствий и устойчивость (DRR-NbI), экосистемные услуги (EbA) и потенциал поглощения углерода (NCS). Формула имеет вид:

$$M = f \max \sum_{i=1}^m (D_i \times R_i) \quad (2)$$

где M - расстояние отступа под влиянием нескольких факторов, D_i - расстояние отступа под влиянием фактора i , R_i - корректирующий коэффициент фактора i , а m обозначает совокупность факторов, включая DRR-NbI, EbA и NCS. Корректирующий коэффициент R_i оценивается семью

экспертами в области экологии, бедствий и планирования методом Delphi и может умеренно калиброваться в зависимости от природных условий и характеристик риска разных территорий исследования.

На основе пространственного оверлея граница отступа прибрежной застройки корректируется по типу береговой линии. Для искусственных берегов метод учитывает потребности управления городским и сельским строительством и делает акцент на непрерывности городских жизненных береговых линий, потребностях освоения и использования, а также обеспечении пространства сельского развития. Он корректирует линии отступа внутри границ городского развития и границ сельского строительства. Для не искусственных береговых линий предлагаются дифференцированные требования к расстояниям отступа в зависимости от элементных характеристик и функциональных потребностей природных и иных берегов.

3 Эмпирическое исследование: определение линий отступа прибрежной застройки в Даляне

3.1 Современное состояние прибрежной зоны Даляня

Далянь расположен на южной оконечности Ляодунского полуострова, с трех сторон окружен морем и контролирует проход между Желтым морем и Бохайским морем. Это важный прибрежный город, соединяющий Северо-Восточную Азию и Евразийский континент, обладающий самой длинной и наиболее разнообразной береговой линией Северного Китая. Хотя Генеральный план города (2001-2020) и Положение города Далянь об охране морской среды задали принципиальные требования к отступам прибрежной застройки, эти требования долгое время не имели ясных технических методов и институциональной поддержки и не реализовывались эффективно. В результате природные береговые линии и прибрежное экологическое пространство Даляня продолжали сокращаться (рис. 2), усиливались риски штормового нагона и вторжения морской воды, а связность прибрежных общественных пространств, качество жилой и ландшафтной среды оставались ограниченными. Это показывает практическую срочность создания научной и операциональной системы определения и контроля линий отступа прибрежной застройки.

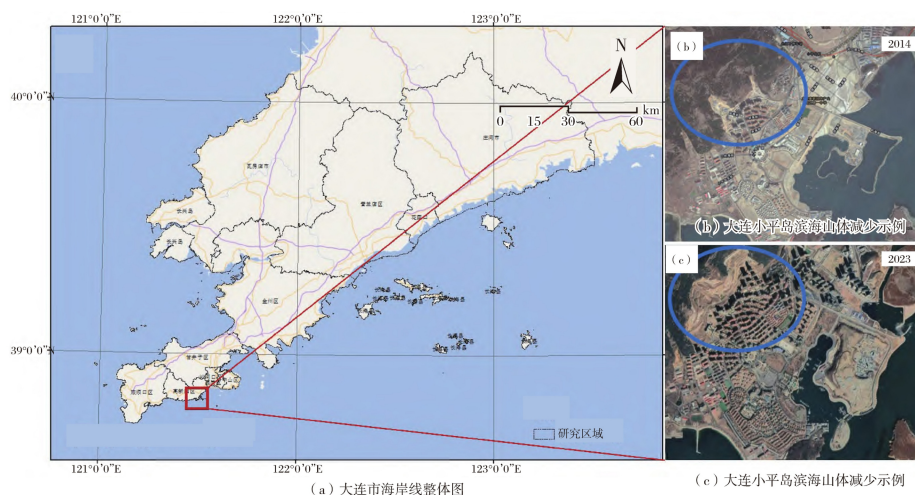


Рисунок 2. Общая береговая линия Даляня и пример сжатия прибрежного экологического пространства.

3.2 Риск бедствий и устойчивость (DRR-NbI)

Для риска бедствий и устойчивости исследование классифицирует три основные природные угрозы, с которыми сталкивается прибрежная зона Даляня. Риски штормового нагона и геологических опасностей делятся на четыре уровня, а риск вторжения морской воды - на два уровня. Территории, затронутые каждым видом бедствия за последние десять лет, а также зоны их максимального воздействия пространственно локализованы, как показано на рис. 3(a)-(c). За последнее десятилетие зоны высокого риска штормового нагона в Даляне были сосредоточены главным образом на стороне Бохайского моря, в заливах Пуланьдянь и Хулушань. Некоторые зоны высокого риска простираются примерно на 1 км от обследованной береговой линии. Три зоны высокого геологического риска расположены близко к обследованной береговой линии - в заливах Тайпин, Пуланьдянь и Сяояо; их максимальная удаленность от нее составляет около 2 км. Четыре зоны сильного вторжения морской воды находятся в заливах Цзиньчжоу и Далянь, на болоте Синшу и в заливе Чжанся, также достигая примерно 2 км от обследованной береговой линии.

3.3 Экосистемные услуги (EbA)

В части экосистемных услуг рис. 3(d)-(h) показывает, что огражденная аквакультура на стороне Бохайского моря приводит к сравнительно высокой доле воды хуже IV класса - около 17,39%, что угрожает водным местообитаниям и биоразнообразию. Поэтому масштабы аквакультуры следует контролировать, а соответствующий отступ для береговых линий огражденной аквакультуры должен составлять не менее 86 м, чтобы снизить влияние загрязнения от аквакультуры на прибрежное качество воды. На стороне Желтого моря качество воды в целом хорошее: 94,05% относится к III классу и выше. Поэтому отступ устанавливается не менее 19 м, чтобы защитить существующие экосистемы и предотвратить повреждение водных местообитаний развитием. Для береговых линий рыбохозяйственной инфраструктуры требуется не менее 21 м, чтобы не допустить ущерба прибрежным морским экосистемам. Для неиспользуемых береговых линий, с учетом потребностей защиты экосистемных услуг, на сторонах Бохайского и Желтого морей следует строго контролировать намыв земель, огражденную и открытую аквакультуру. Отступ застройки для неиспользуемых берегов должен быть не менее 56 м.

3.4 Потенциал поглощения углерода (NCS)

Потенциал поглощения углерода рассматривается в двух аспектах: крупные природные углеродные поглотители и малые углеродные поглотители. К крупным природным поглотителям относятся мангры и природные охраняемые территории. На основе биологических и географических границ прибрежной зоны и с учетом дистанций избегания исследование определяет расстояния отступа в сторону суши от берега. По экспертному опыту это расстояние задается равным 50 м. Малые углеродные поглотители включают линейные элементы, такие как уличные деревья и кустарники, а также площадные элементы, такие как городские зеленые пространства и парки. Исследование использует их наиболее удаленную в сторону суши внешнюю кромку как границу для формирования новой линии отступа застройки, как показано на рис. 3(i).

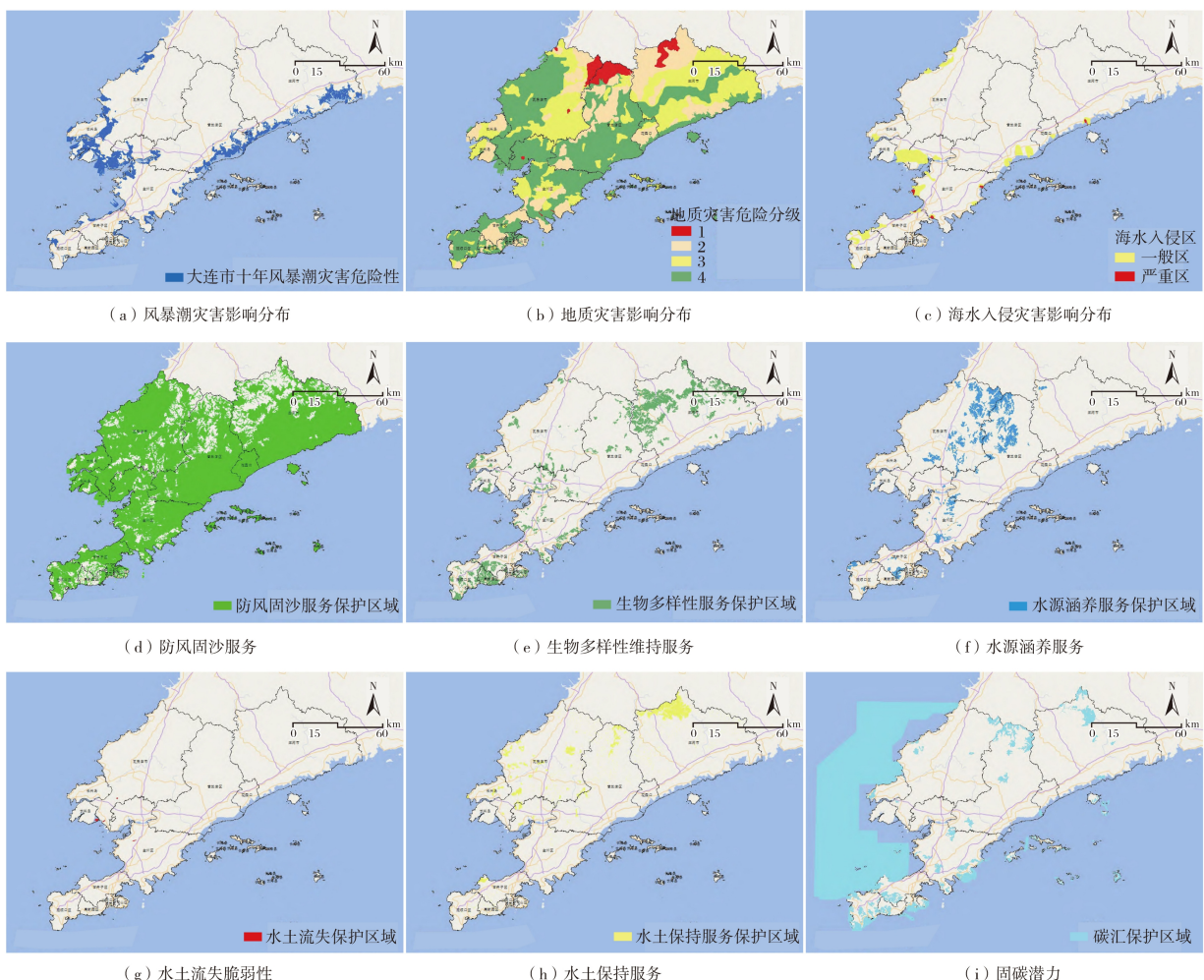


Рисунок 3. Пространственный анализ риска бедствий и устойчивости, экосистемных услуг и потенциала поглощения углерода в Даляне.

3.5 Определение линий отступа прибрежной застройки в Даляне

На основе трех измерений модели отступа, ориентированной на NbS, - DRR-NbI, EbA и NCS - исследование использует многофакторный пространственный оверлей для предварительного определения линий отступа прибрежной застройки Даляня (рис. 4). Ключевые пороги трех измерений применяются как нижние ограничительные условия для проверки оверлея. В измерении DRR-NbI зоны высокого геологического риска и зоны сильного вторжения морской воды, простирающиеся до 2 км от берега, рассматриваются как красные линии безопасности, чтобы линии отступа обходили высокочувствительные к бедствиям районы. В измерении EbA интегрируются экологические ограничения: береговые линии огражденной аквакультуры на стороне Бохайского моря отступают не менее чем на 86 м для контроля загрязнения, а неиспользуемые береговые линии на стороне Желтого моря - не менее чем на 19 м для защиты хорошего качества воды; горячие точки биоразнообразия полностью обходятся. В измерении NCS накладывается линия защиты углеродных поглотителей: природные поглотители отступают в сторону суши не менее чем на 50 м, а локальные диапазоны отступа для малых поглотителей

корректируются по их внешним кромкам. Так формируется предварительная линия отступа прибрежной застройки, объединяющая все три измерения.

На этой основе линии отступа корректируются по типу берега. Внутри границ городского развития расстояние отступа устанавливается не менее 70 м (рис. 4). Внутри границ строительства прибрежных рыбацких деревень расстояние отступа составляет не менее 30 м. Для разных типов береговой линии, включая природные, искусственные и прочие берега, исследование предлагает дифференцированные базовые расстояния отступа в соответствии с Руководством (табл. 2), которые служат базовыми принципами и основанием контроля линий отступа прибрежной застройки.

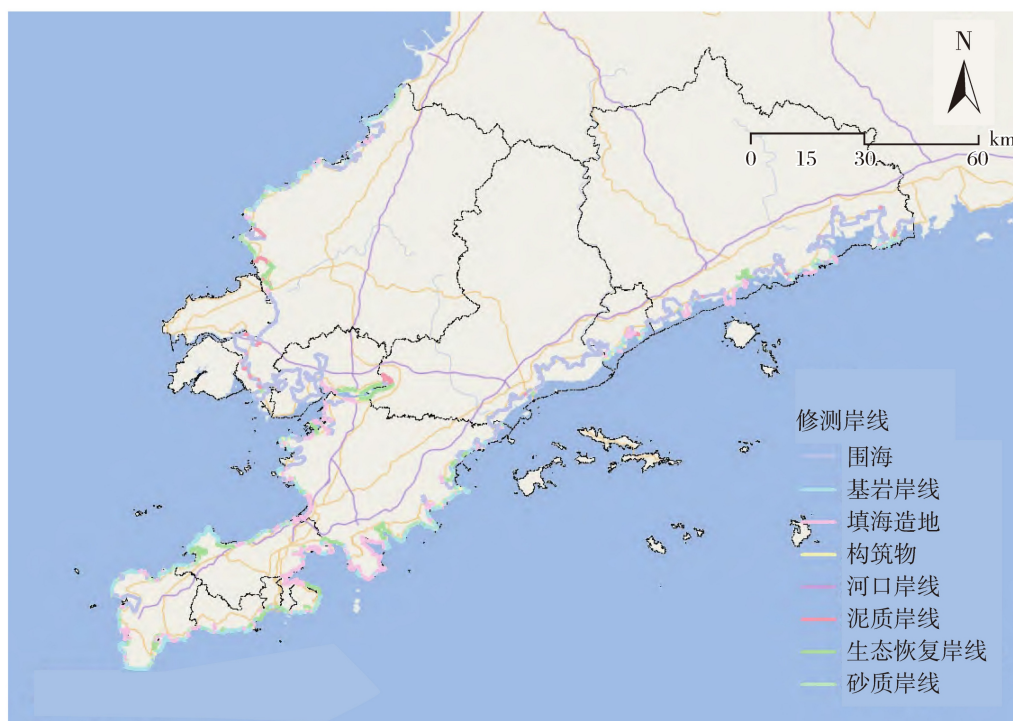


Рисунок 4. Предварительный диапазон определения линий отступа прибрежной застройки после многофакторного пространственного оверлея.

Таблица 2. Базовые расстояния отступа для разных типов береговой линии

Категория берега	Тип береговой линии	Внутри границы городского развития	Внутри границы сельского строительства	Вне этих границ	Основные соображения
Природная береговая линия	Скальный берег	-	-	≥ 100 м	Общественный доступ к морю и ландшафтное строительство

Природная береговая линия	Песчаный берег	-	-	≥ 200 м	Охрана пляжных ресурсов и береговая эрозия
Природная береговая линия	Илистый берег	-	-	≥ 100 м	Охрана приливно-отливных болот и потенциал поглощения углерода
Иная береговая линия	Устьевой берег и берег экологического восстановления	≥ 70 м	≥ 30 м	≥ 100 м	Безопасность паводкового стока, экологическое восстановление и охрана, потенциал поглощения углерода
Искусственная береговая линия	Обычный искусственный берег	≥ 70 м	≥ 30 м	-	Формирование прибрежного общественного пространства, ландшафтное строительство и городской дизайн
Искусственная береговая линия	Намывной берег	≥ 30 м	-	-	Земельное пространство и стоимость намыва
Искусственная береговая линия	Портовый и портово-промышленный берег	≥ 0 м	-	-	Производственные потребности, требующие прибрежного расположения
Искусственная береговая линия	Соляные поля и огражденная аквакультура	сторона Бохайского моря ≥ 100 м; сторона Желтого моря ≥ 30 м	-	-	Воздействие на качество воды морской акватории и экологическую среду

Корректировки по специальным факторам: (1) если часть или весь участок дороги Биньхай (G228) расположен в контрольной зоне, границей для новой линии отступа принимается территория по сухопутной стороне дороги внутри контрольной зоны. (2) Если существующие пространства

доступа к морю, такие как пляжи, купальные зоны, прибрежные парки и общественные открытые зеленые пространства, либо зоны воздействия морских бедствий выходят за пределы контрольной зоны, границей новой линии отступа прибрежной застройки принимается наиболее удаленная внешняя кромка этих пространств.

4 Результаты и обсуждение

4.1 Результаты определения линии отступа с позиций NbS

Определение линий отступа прибрежной застройки является ключевым элементом специализированного планирования прибрежных зон с позиций координации суши и моря. Вводя метод определения на основе NbS, исследование формирует многофакторную рамку координации, объединяющую риск бедствий и устойчивость, экосистемные услуги и потенциал поглощения углерода. В ней системно рассматриваются несколько целей: охрана прибрежной экологической среды и важных углеродных поглотителей, снижение воздействия природных бедствий, а также контроль упорядоченного расширения городского развития и строительной активности в сторону моря. Через дифференцированное задание порогов и адаптацию к типам береговой линии, например порог ≥ 86 м для берегов огражденной аквакультуры на стороне Бохайского моря и ≥ 70 м внутри границ городского развития, метод переводит линии отступа из технического расчета в инструмент планировочного контроля. Он дает практическую поддержку сохранению прибрежной экологической безопасности, предотвращению и контролю риска бедствий и упорядоченному городскому развитию Даляня.

4.2 Связь и оптимизация специализированного планирования прибрежной зоны через NbS

Введение NbS помогает устранить недостатки специализированного планирования прибрежных зон в координации нескольких факторов. В рамках NbS исследование строит многофакторную аналитическую модель. С одной стороны, оно количественно выражает связь между качеством воды и расстоянием отступа в измерении экосистемных услуг и преобразует экологические функции в измеримые пороги. С другой стороны, оно интегрирует штормовой нагон, геологические опасности и потенциал поглощения углерода. Границы отступа, определенные этой моделью, могут служить основой для зонирования экологической безопасности и зон предотвращения бедствий в специализированном планировании, продвигая переход от качественных ориентиров к количественному контролю. Дифференцированные пороги и механизмы функциональной корректировки, ориентированные на NbS, также усиливают связь между специализированными планами и иерархическим планированием.

Руководство и Технические указания задают рамку для определения линий отступа прибрежной застройки в Китае. Сохраняя их принципы, данное исследование дополнительно устраняет дефицит многомерной координации на уровне реализации. Хотя эти документы подчеркивают координацию суши и моря и экологический приоритет, они еще не предлагают конкретного метода сопряжения нескольких факторов. В местной реализации это может привести к акценту на типах береговой линии при недостаточном внимании к системной координации. На основе технической концепции NbS исследование переводит принцип координации суши и моря из Руководства в трехмерную пространственную модель сопряжения DRR-NbI, EbA и NCS. Через многофакторный оверлей она объединяет цели городского развития на суше, реагирования на

бедствия и морской экологической охраны в пороги отступа, обеспечивая практический ориентир для локализации Руководства и Технических указаний в северных прибрежных городах.

4.3 Классификационный контроль береговых линий с учетом нескольких факторов

По мере роста потребности в многомерной координации все отчетливее проявляются ограничения одноцелевых подходов. Фиксированные расстояния отступа, основанные только на одном риске бедствия или одном экологическом факторе, могут удовлетворять базовым требованиям предотвращения бедствий, но не включают наложение факторов риска и координацию комплексных экосистемных услуг. В результате пространство отступа с трудом формирует региональную сеть предотвращения рисков. В ответ исследование в измерении EbA различает расстояния отступа для защиты качества воды на сторонах Бохайского и Желтого морей и требует обхода ядер природных охраняемых территорий. В измерении NCS в определение линии отступа включаются требования защиты крупных углеродных поглотителей и корректировки по кромкам городских зеленых пространств. Кроме того, чтобы преодолеть жесткость расстояний отступа и пространственную фрагментацию в существующей практике, исследование реализует классификационный контроль по типу береговой линии и потребностям городского и сельского строительства. Дифференцированные расстояния отступа повышают адаптивность линии отступа.

4.4 Сопутствующая система контроля линий отступа прибрежной застройки

После определения линий отступа исследование, исходя из реальных потребностей управления побережьем, предлагает контрольный механизм, сочетающий жесткость и гибкость, и внедряет зональное управление на основе положительных и отрицательных списков. Для экологически чувствительных и строго контролируемых территорий, таких как ядра природных охраняемых зон, зоны высокого риска бедствий и ключевые участки природных берегов, применяется подход положительного списка. Разрешаются только порты, транспортная инфраструктура, общественные услуги и промышленные исследовательские объекты, действительно требующие прибрежного размещения, берегозащитные сооружения и крупные проекты провинциального уровня и выше. Для относительно гибких территорий, таких как соответствующие требованиям зоны внутри границ городского развития и вспомогательные зоны вдоль искусственных берегов, применяется подход отрицательного списка. Явно запрещаются жилая недвижимость, необязательные прибрежные промышленные объекты и строительные действия, влияющие на прибрежные ландшафты, общественные пространства, качество воды акватории или экологическую среду.

4.5 Перспективы планирования линий отступа прибрежной застройки

С точки зрения реализации планирования скоординированное управление существующей застроенной территорией, сформированной историческим намывом, остается ключевым узким местом. Некоторые строительные действия на намывных участках в сторону моря нарушили связность пространства отступа и его экологическую буферную функцию, а также породили конфликты соответствия между существующими зданиями и новыми правилами. Без гибких механизмов урегулирования эффективность управления линиями отступа будет напрямую ослаблена. Поэтому будущую связь планирования следует усиливать в трех направлениях. Во-первых, на техническом уровне необходимо создать механизм динамической корректировки, чтобы веса нескольких факторов обеспечивали адаптацию линии отступа к природным процессам и потребностям развития. Во-вторых, на уровне реализации планирования контрольные

требования следует переводить в количественные показатели и эффективно связывать с Руководством и Техническими указаниями. В-третьих, на институциональном уровне для намывных строительных земель следует формировать схемы, отдающие приоритет экологическому восстановлению и оптимизации функциональной классификации, используя опыт зонального управления по положительным и отрицательным спискам для решения проблем управления существующим пространством. Одновременно необходимо усилить передачу и реализацию планировочных требований, чтобы линии отступа прибрежной застройки определялись научно, строго контролировались и корректировались в стандартизированном порядке.

Список литературы

- [1] Liu Zhengyi, Hu Feilong, Xiao Kai, et al. Прогресс исследований по определению границ и охвата прибрежных зон[J]. Journal of Applied Oceanography, 2025, 44(1): 15-20.
- [2] Duan Jin, Zhao Min, Zhao Yanjing, et al. Академическая дискуссия о соотношении стратегического руководства и жесткого контроля в системе территориально-пространственного планирования[J]. Urban Planning Forum, 2021(2): 6-14.
- [3] Wu Zhiqiang, Guo Renzhong, Zhang Bing, et al. Академическая дискуссия о системном построении национальной системы пространственного планирования[J]. Urban Planning Forum, 2024(5): 1-11.
- [4] Gao Jinzhu, Zhang Hongfen, An Taitian, et al. Инновации механизмов детального морского пространственного планирования при координации суши и моря[J]. Planners, 2023, 39(12): 15-21.
- [5] Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Руководство по подготовке провинциальных планов комплексной охраны и использования прибрежных зон (пробное)[EB/OL]. (2021-07-23) [2024-12-26].
https://gi.mnr.gov.cn/202109/t20210913_2680305.html.
- [6] Li Yanping, Cao Chengwei, Wang Pengfei, et al. Опыт и выводы из координации суши и моря в морском пространственном планировании Великобритании[J]. Planners, 2021, 37(23): 84-90.
- [7] Wen Chaoxiang, Liu Xi, Zhang Qibang. Обсуждение расстояний отступа прибрежной застройки в малых прибрежных городах[J]. Urban Planning International, 2016, 31(4): 58-63.
- [8] Dong Huangbiao, Pan Ningning, He Weidong, et al. Исследование методов определения линий отступа прибрежной застройки на основе практики Вэньчжоу[C]//Urban Planning Society of China. People's City, Planning Empowerment: Proceedings of the 2023 China Annual National Planning Conference (20: Master Planning). Wenzhou Urban Planning and Design Research Institute Co., Ltd., 2023.
- [9] Sano M, Marchand M, Medina R. Coastal setbacks for the Mediterranean: a challenge for ICZM[J]. Journal of Coastal Conservation, 2010, 14(4): 33-39.
- [10] Cai F, Su X, Liu J, et al. Coastal erosion in China under the condition of global climate change and measures for its prevention[J]. Progress in Natural Science, 2009, 19(4): 415-426.
- [11] Marra J J, Komar P D, McDougal W G, et al. The rational analysis of setback distances: applications to the Oregon coast[J]. Shore and Beach, 1999, 67(1): 41-49.

- [12] Fish M R, Cote I M, Horrocks J A, et al. Construction setback regulations and sea-level rise: mitigating sea turtle nesting beach loss[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2008, 51(4): 330-341.
- [13] Nicholls R J, Hoozemans F M J. The Mediterranean: vulnerability to coastal implications of climate change[J]. *Ocean & Coastal Management*, 1996, 31(31): 105-132. DOI: 10.1016/S0964-5691(96)00037-3.
- [14] Smythe T C. Can coastal management programs protect and promote water-dependent uses?[J]. *Coastal Management*, 2010, 38(6): 665-680.
- [15] Cambers G. Planning for coastline change: guidelines for construction setbacks in the Eastern Caribbean Islands[R]. Paris: UNESCO, 2011.
- [16] Clark. Руководство по управлению прибрежными зонами[M]. Пер. Wu Keqin. Beijing: China Ocean Press, 2000.
- [17] Wang Peng, Wang Weiwei, Cai Yueyin. Определение линий отступа прибрежной застройки на основе функций использования морского пространства[J]. *Ocean Development and Management*, 2009, 26(11): 16-20.
- [18] Tu Zhenshun, Huang Yue, Huang Jinliang, et al. Методы и практика установления линий отступа прибрежной застройки[J]. *Marine Environmental Science*, 2018, 37(3): 432-437.
- [19] Cao Shenxi, Guo Yuchen, Zhang Yifan, et al. Метод определения линий отступа прибрежной застройки на основе функций побережья[J]. *Marine Information Technology and Application*, 2022, 37(3): 18-27.
- [20] Wang Gang, Zhang Jiabo, Bai Yuchuan, et al. Интегрированная система определения линий отступа прибрежной застройки: пример побережья Циньхуандао[J]. *Ocean Development and Management*, 2021, 38(12): 58-66.
- [21] Liu Shidong, Zhao Yan, Ma Shaowei, et al. Новый метод определения и контроля линий отступа прибрежной застройки на основе трехмерных моделей реальной сцены[J]. *Shandong Land and Resources*, 2023, 39(9): 54-59.
- [22] Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Технические указания по определению линий отступа прибрежной застройки (проект для утверждения)[EB/OL]. (2024-04-19) [2024-12-26]. <https://gi.mnr.gov.cn/202404/P020240419663306513014.pdf>.
- [23] Wu Z, Zhao G, Xu H, et al. Multi-view clustering analysis of mega-city regions based on intercity flow networks[J/OL]. *Frontiers of Urban and Rural Planning*, 2024, 2(20). <https://link.springer.com/article/10.1007/s44243-024-00047-w>.
- [24] Yu T, Shu T, Xu J. Spatial pattern, and evolution of China's urban agglomerations[J/OL]. *Frontiers of Urban and Rural Planning*, 2024, 2(7). <https://link.springer.com/article/10.1007/s44243-023-00027-6>.
- [25] Tang Shuang, Zhang Jingxiang. Исследование системного контроля городских резервных пространств для гибкого управления: сравнение Китая и Сингапура[J]. *Urban Planning Forum*, 2023(5): 29-36.
- [26] Yu Haitao, Lin Jian, Peng Zhenwei, et al. Академическая дискуссия о "совершенствовании системы контроля использования территориального пространства"[J]. *Urban Planning Forum*, 2023(5): 1-11.
- [27] Zhang Shangwu, Jin Zhongmin, Wang Xinzhe, et al. Стратегическое руководство и жесткий контроль: инновации системы результатов генерального планирования в новую эпоху -

базовая логика построения системы результатов Генерального плана Шанхая 2040[J]. Urban Planning Forum, 2017(3): 19-27.

[28] Dai Ming, Li Meng. Контроль городского дизайна в системе территориально-пространственного планирования: новое исследование дополнительных регламентных схем Шанхая[J]. Urban Planning Forum, 2022(6): 95-101.

[29] Sun Shiwen. Базовое исследование системы надзора за реализацией территориально-пространственного планирования[J]. Urban Planning Forum, 2024(2): 12-17.

[30] Cohen-Shacham E, Janzen C, Maginnis S, et al. Nature-based solutions to address global societal challenges[R]. Gland, Switzerland: IUCN, 2016.

[31] World Bank. Biodiversity, climate change, and adaptation: nature-based solutions from the World Bank portfolio[R]. Washington, DC: World Bank, 2008.

[32] Maes J, Jacobs S. Nature-based solutions for Europe's sustainable development[J]. Conservation Letters, 2015, 10(1): 121-124.

Вспомогательный перевод