



ГРЕГОРИ ДЮБУА

ПРИЛОЖЕНИЕ I: ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ УГРОЗ ЛИНЕЙНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ БИОЛОГИЧЕСКОМУ РАЗНООБРАЗИЮ В АЗИИ

ПРАВОВАЯ ОГОВОРКА: Мнения автора, изложенные в данной публикации, основаны на доступной информации, предоставленной заинтересованными лицами, и не обязательно отражают мнения Агентства по Международному развитию Соединенных Штатов Америки или Правительства Соединенных Штатов Америки. Версии данного отчета(ов) на английском языке являются официальными версиями. Версии отчета(ов) в переводе предоставляются по требованию.

СОДЕРЖАНИЕ

СОКРАЩЕНИЯ	1
ВСТУПЛЕНИЕ	3
ЧАСТЬ I: ОБОБЩЕННЫЙ ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ УГРОЗ ЛИНЕЙНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ БИОЛОГИЧЕСКОМУ РАЗНООБРАЗИЮ АЗИИ	5
МЕТОДЫ	5
ПРИОРИТЕТ ОХРАНЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ	5
СЛОИ ВНЕСЕНИЯ ДАННЫХ ПО БИОЛОГИЧЕСКОМУ РАЗНООБРАЗИЮ	6
ОБРАБОТКА СЛОЕВ	10
КОМПЛЕКСНЫЙ ИНДЕКС БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ	11
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ	11
СРАВНЕНИЕ С ГЛОБАЛЬНЫМИ СХЕМАМИ ПРИОРИТЕТОВ	12
КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ЛИ	16
ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ	17
РЕЗУЛЬТАТЫ	18
КАРТОГРАФИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ	18
ПРОТЯЖЕННОСТЬ ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ ЛИ	28
ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ЛИ НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ	31
ОБСУЖДЕНИЕ	35
УГРОЗЫ БИОЛОГИЧЕСКОМУ РАЗНООБРАЗИЮ	36
ДЛЯ БОЛЕЕ ПОЛНОГО ПОНИМАНИЯ УГРОЗ ЛИ	38
ВКЛАД	39
ДОСТУПНОСТЬ ДАННЫХ	40
ЧАСТЬ II: КРУПНОМАСШТАБНЫЙ АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ ЛИ НА ВЫБОРОЧНЫЕ АЗИАТСКИЕ ЛАНДШАФТЫ	40
АНАЛИЗ 1: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ ДОРОГ С АСФАЛЬТНЫМ ПОКРЫТИЕМ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕЙ НА ПОПУЛЯЦИИ СНЕЖНОГО БАРСА В МОНГОЛИИ	40
МЕТОДЫ	42
РЕЗУЛЬТАТЫ	42
ОБСУЖДЕНИЕ	45
ВКЛАД	46
АНАЛИЗ 2: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ И Ж/Д МАГИСТРАЛЕЙ НА ПОПУЛЯЦИЮ ТИГРА В ЛАНДШАФТАХ ТЕРАЙСКОЙ ДУГИ НЕПАЛА	47
МЕТОДЫ	47
РЕЗУЛЬТАТЫ	48
ОБСУЖДЕНИЕ	51
ВКЛАД	53
АНАЛИЗ 3: МЕРЫ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ВЛИЯНИЯ НА ДИКУЮ ФАУНУ В ПРОЦЕССЕ РАСШИРЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АВТОМАГИСТРАЛИ 37 В Ш. АССАМ, ИНДИЯ	53
МЕТОДЫ	55
РЕЗУЛЬТАТЫ	55
ОБСУЖДЕНИЕ	59
ВКЛАД	60

АНАЛИЗ 4: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ А/М ЦЕНТР-ЗАПАД НА ПОПУЛЯЦИЮ САЙГИ В РАЙОНЕ БЕТПАК-ДАЛА КАЗАХСТАНА.	61
МЕТОДЫ	62
РЕЗУЛЬТАТЫ	62
ОБСУЖДЕНИЕ	64
ВКЛАД	65
АНАЛИЗ 5: УГРОЗЫ ВАЖНЫМ ЗОНАМ ОБИТАНИЯ ПТИЦ СО СТОРОНЫ БУДУЩЕГО СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЭП В ТАИЛАНДЕ	67
МЕТОДЫ	67
РЕЗУЛЬТАТЫ	68
ОБСУЖДЕНИЕ	70
ВКЛАД	73
АНАЛИЗ 6: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ АСФАЛЬТНЫХ ДОРОГ И Ж/Д МАГИСТРАЛЕЙ НА ПОПУЛЯЦИЮ КУЛАНА И ДЖЕЙРАНА МОНГОЛИИ	74
МЕТОДЫ	74
РЕЗУЛЬТАТЫ	75
ОБСУЖДЕНИЕ	82
ВКЛАД	84
СИНТЕЗ КРУПНОМАСШТАБНЫХ АНАЛИЗОВ	85
ЧАСТЬ III: ОБЗОР ПРИМЕРА КРУПНОМАСШТАБНЫХ АНАЛИЗОВ	86
ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 1: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ И Ж/Д ПУТЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ИНДОНЕЗИЙСКОГО БОРНЕО (АЛАМГИР И ДР. 2019)	86
ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 2: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ И ЛЭП НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ О. СУМАТРА, ИНДОНЕЗИЯ (СЛОАН, АЛАМГИР И ДР. 2019)	88
ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 3: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МАЛАЙСКОГО БОРНЕО (СЛОАН, КЕМПБЕЛ И ДР. 2019)	89
ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 4: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ И Ж/Д ПУТЕЙ НА ПОПУЛЯЦИЮ ТИГРА В ИНДИИ (ПАРИВАКАМ И ДР. 2018)	90
ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 5: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ЛЭП НА БЕНГАЛЬСКОГО ФЛОРИКАНА В КАМБОДЖЕ (МАХУД И ДР. 2018)	91
ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 6: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ И Ж/Д ПУТЕЙ НА ПОПУЛЯЦИЮ ДЫМЧАТОГО ЛЕОПАРДА В МЬЯНМЕ (КАСЗТА И ДР. 2020)	92
ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 7: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ НА ПОПУЛЯЦИЮ СНЕЖНОГО БАРСА В НЕПАЛЕ (ВФДП 2018)	93
ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 8: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ НА ПОПУЛЯЦИЮ ТИГРА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ИНДИИ (ТАТ И ДР. 2018)	95
ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 9: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ И Ж/Д ПУТЕЙ НА ПОПУЛЯЦИЮ ДЫМЧАТОГО ЛЕОПАРДА МАЛАЙСКОГО БОРНЕО (КАСЗТА И ДР. 2019)	96
ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 10: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ В ЛАОСЕ (ДАНИО И ДР. 2018)	97
ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 11: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ И Ж/Д ПУТЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ТЕРАЙСКОЙ ДУГИ, НЕПАЛ (ШАРМА И ДР. 2018)	98
СИНТЕЗ ПРИМЕРОВ ИССЛЕДОВАНИЙ	99
РАЗНООБРАЗИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ	100
ВЛИЯНИЕ НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ	100

ДАННЫЕ ЛИНЕЙНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	100
БИОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ	101
МЕТОДЫ АНАЛИЗА	102
ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	103
ВКЛАД	103
КЛЮЧЕВЫЕ ВЫВОДЫ	104
РЕКОМЕНДАЦИИ	106
ЦИТИРУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	108

ТАБЛИЦА ДАННЫХ

Рисунок 1: Слои биологического разнообразия, учтенные в анализе. (А) Девственность на основе численности особей. (Б) Девственность на основе численности видов. (В) Девственность эко-региона. (Г) Человеческие изменения. (Д) Девственность сообщества млекопитающих. (Е) Зоны глобального приоритета для расширения охраняемых территорий. (Ж) Зоны национального приоритета для расширения охраняемых территорий. (З) Численность видов амфибий. (И) Численность видов птиц. (К) Численность видов млекопитающих. (Л) Численность вымирающих видов амфибий. (М) Численность вымирающих видов птиц. (Н) Численность вымирающих видов млекопитающих. (О) Взвешенный эндемизм с учетом глобальных угроз. Слои Б, Г, З, И и К были удалены из анализа для уменьшения повторений в слоях.	7
Рисунок 2: Существующие глобальные схемы приоритетов охраны биологического разнообразия. (А) Девственные лесные ландшафты. (Б) Точки биологического разнообразия Фонда партнерства по важнейшим экосистемам. (В) 200 глобальных эко-регионов. (Г) Ключевые зоны биологического разнообразия. (Д) Важнейшие ареалы обитания Стандартных показателей Международной финансовой корпорации 6.	14
Рисунок 3: Комплексный индекс биологического разнообразия (КИБР) в 1 км разрешении по территории исследования в Азии. КИБР был рассчитан как медиана количественных значений показателей по всем слоям биологического разнообразия.	20
Рисунок 4: Вариативность показателей биологического разнообразия по всем слоям. Каждая панель отображает различные суммарные статистические данные по набору из девяти количественно видоизмененных показателей (по одному на каждый слой биологического разнообразия) в каждой ячейке сети: максимальные количества (сверху слева), минимальные количества (сверху справа), стандартное отклонение показателей (снизу слева) и число слоев с количеством >0.9 (снизу справа).	21
Рисунок 5: Крупные центры биологического разнообразия континентального уровня (темно-зеленые участки), занимающие порог в 0.9 (верхняя панель), 0.8 (средняя панель) или 0.7 (нижняя панель) в определении высокого показателя биологического разнообразия.	22
Рисунок 6: Региональные центры биологического разнообразия, занимающие порог в 0.9 (верхняя панель), 0.8 (средняя панель) или 0.7 (нижняя панель) в определении высокого показателя биологического разнообразия. Темные участки указывают центры, а светлый фон отображает регионы (зеленый = Центральная Азия, оранжевый = Восточная Азия, коричневый = Южная Азия, красный = Юго-Восточная Азия).	23
Рисунок 7: Национальные центры биологического разнообразия, занимающие порог в 0.9 (верхняя панель), 0.8 (средняя панель) или 0.7 (нижняя панель) в определении высокого показателя биологического разнообразия. Разные цвета отображают разные центры в разных странах.	24
Рисунок 8: Пути и потенциальные зоны влияния (ПЗВ) предполагаемых проектов линейной инфраструктуры в Азии.	30
Рисунок 9: Перекрытие потенциальных зон влияния (ПЗВ) предполагаемых путей ЛИ (всех режимов) и верхних 20% центров биологического разнообразия континентального уровня (верхняя панель) и национального уровня (нижняя панель).	33
Рисунок 10: Перекрытие потенциальных зон влияния (ПЗВ) предполагаемых путей ЛИ и центров биологического разнообразия внутри отдельных регионов Азии. Центры биологического разнообразия, отображенные здесь, основаны на верхних 20% показателей КИБР на	

национальном уровне. Отображаемые пути ЛИ включают все три режима (автомагистрали, железнодорожные магистрали и ЛЭП).	34
Таблица 11: Зоны потенциального конфликта популяции снежного барса и предполагаемых асфальтных дорог и ж/д магистралей. Верхняя панель: перекрытие предполагаемой ЛИ и территорий обитания снежного барса. Участки предполагаемых частей ЛИ, перекрывающих территории обитания, выделены жирными линиями. Нижняя панель: точки пересечения между предполагаемыми ЛИ и потенциальными коридорами миграции снежного барса. Жирные линии зеленого цвета отображают коридоры миграции, наиболее подходящие для перемещения снежного барса.	44
Рисунок 12: Пересечения между предполагаемыми путями ЛИ и зона приоритета по охране популяции тигра. Участки путей ЛИ, пересекающие зоны, представляющие интерес в охране популяции тигра, отражены линиями большей толщины. (А) Полная площадь исследования, включая все охраняемые территории, буферные зоны, лесные коридоры и зоны высокой плотности популяции тигра; (Б) зона вокруг национального парка Шуклафанта; (В) зона вокруг комплекса Банке-Бардия; (Г) зона вокруг комплекса Читван-Парса.	50
Рисунок 13: Результаты оптимизированного точечного анализа показывают большую плотность обнаружений темно-красными линиями, а зоны, не представляющие статистической ценности - белым цветом. А) Точки обнаружения мертвых животных. Б) Точки обнаружения животных пересекающих дорогу живыми. В) Точки обнаружения животных вблизи дороги живых. Фиолетовые полигоны - это коридоры миграции слона по определению Менон и др.(2017).....	57
Рисунок 14: Результаты оптимизированного точечного анализа показывают большую плотность обнаружений темно-красными линиями, а зоны, не представляющие статистической ценности - белым цветом. А) Точки обнаружения мертвых пресмыкающихся вне сезона муссона. Б) Точки обнаружения мертвых пресмыкающихся в сезон муссона. Г) Точки обнаружения живых копытных (вблизи дорог или пересекающих) вне сезона муссона. Д) Точки обнаружения живых копытных (вблизи дорог или пересекающих) в сезон муссона. Фиолетовые полигоны - это коридоры миграции слона по определению Менон и др.(2017).	58
Рисунок 15: Территории постоянного обитания Торгайской группы (в центре слева) и Тенгизской группы (сверху справа) популяции сайги Бетпак-Дала в центральном Казахстане. Предполагаемый маршрут дороги Центр-Запад разделяет территории постоянного обитания обеих групп.....	63
Рисунок 16: Предполагаемые ЛЭП и зоны Высокого разнообразия птиц и биологического разнообразия (ВПБР) в Таиланде. Жирные линии указывают предполагаемые ЛЭП, которые пересекут ВПБР.....	70
Рисунок 17: Наложение линейной инфраструктуры с территориями постоянного обитания 20 особей джейрана. Жирные линии указывают на пересечение существующих или предполагаемых ЛИ с территориями постоянного обитания.....	77
Рисунок 18: Места пересечений 20 особей джейрана предполагаемых ж/д путей, предполагаемых дорог и ж/д путей в стадии строительства.....	78
Рисунок 19: Наложение линейной инфраструктуры с территориями постоянного обитания 20 особей кулана. Жирные линии указывают на пересечение существующих или предполагаемых ЛИ с территориями постоянного обитания.....	80
Рисунок 20: Места пересечений 20 особей КУЛАНА предполагаемых ж/д путей, предполагаемых дорог и ж/д путей в стадии строительства.....	81
Рисунок 21: Точки пересечения особей кулана и джейрана на существующих асфальтных дорогах.	82

ТАБЛИЦА ГРАФИКОВ

Таблица 1: Описание набора данных по биологическому разнообразию	8
Таблица 2: Описание существующих глобальных схем приоритетов биологического разнообразия	15
Таблица3: Источники данных по Линейной инфраструктуре	16
Таблица4: Пропорции крупных центров биологического разнообразия континентального уровня внутри каждого биома.....	26
Таблица5: Перекрытие между показателями биологического разнообразия предыдущих глобальных схем приоритетов и крупными центрами биологического разнообразия данного анализа.....	27
Таблица6: Протяженность предполагаемых проектов ЛИ в Азии	28
Таблица7: Пропорции общей площади центров биологического разнообразия внутри потенциальных зон влияния (ПЗВ) предполагаемых путей линейной инфраструктуры.....	32
Таблица8: Перекрытие потенциальных зон влияния (ПЗВ) предполагаемых путей ЛИ и охраняемых территорий	34
Таблица9: Степень перекрытия предполагаемой линейной инфраструктуры (асфальтных дорог и ж/д путей) и территорий обитания снежного барса и его потенциальных коридоров миграции...	43
Таблица 10: Протяженность (км) предполагаемых/строющихся автомагистралей и ж/д путей, пересекающих важные территории охраны популяции тигра в пределах Терайской дуги.....	49
Таблица 11: Количество обнаруженных животных в каждой таксономической категории	56
Таблица 12: Наложение территорий постоянного обитания Тенгизской и Торгайской групп популяции сайги Бетпак-Дала с маршрутом дороги Центр-Запад	64
Таблица 13: Количество обнаруженных пересечений предполагаемого маршрута дороги Центр-Запад 43 особями с ошейниками из популяции Бетпак-Дала за период исследований	64
Таблица 14: Протяженность предполагаемых ЛЭП в Таиланде и в границах зон повышенного разнообразия птиц и биологического разнообразия (ВПБР)	68
Таблица 15: Наложение ЛИ с территориями постоянного обитания 20 особей джейрана по режимам.....	76
Таблица 16: Число пересечений в год по типу ЛИ 20 особей джейрана	77
Таблица 17: Наложение ЛИ с территориями постоянного обитания 20 особей кулана по режимам	79
Таблица 18: Число пересечений в год по типу ЛИ 20 особей Кулана	80

СОКРАЩЕНИЯ

АБР	Азиатский банк развития
ПИАД	Природоохранная инициатива Алтын Дала
АСЕАН	Ассоциация государств Юго-Восточной Азии
ОПОП	ИНИЦИАТИВА «ОДИН ПОЯС – ОДИН ПУТЬ»
ЦАРЭС Азии	Программа субрегионального экономического сотрудничества стран Центральной Азии
КИБ	Комплексный индекс биологического разнообразия
ФПВЭ	Фонд партнерства по важнейшим экосистемам
ЦОКЛ	Центр по охране крупных ландшафтов
ДНПОДФ	Департамент национальных парков и охраны дикой фауны
СБМ	СУБРЕГИОН БОЛЬШОГО МЕКОНГА
ГСОМ	Глобальная система определения координат
СБ	Инициатива "Сердце Борнео"
ВПБРТ	Важная для птиц и биологического разнообразия территория
МФК	Международная финансовая корпорация
СПМФК	Стандартные показатели Международной финансовой корпорации
КИС	Комплексный индекс сообщения
МСОП	Международный союз охраны природы
КТБР	Ключевая территория биологического разнообразия
ЯОП	Ядерная оценка плотности
ЛИ	Линейная инфраструктура
НПО	Неправительственная организация
ВНАИ	Ведомство национальных автомагистралей Индии
НА-37	Национальная автомагистраль Индии 37

С-Ю	Север-Юг
ОТ	Охраняемая территория
ПЗВ	Потенциальная зона влияния
Дороги	Система наблюдения и сбора данных по сбитым животным
ЮАСЭС	Южно-Азиатская субрегиональная программа экономического сотрудничества
ЛТД	Ландшафты Терайской дуги
ТСА	Транс-Суматранская автомагистраль
АМРСША	Агентство по международному развитию Соединенных Штатов Америки
ОДП	Общество по охране дикой природы
ЗИТ	Западный институт транспорта
ВФДП	Всемирный фонд дикой природы (бывший Всемирный фонд дикой фауны)

ВСТУПЛЕНИЕ

Влияние строительства линейной инфраструктуры (ЛИ) на биологическое разнообразие весьма пространственно. Без сведений о местоположении путей ЛИ и важных показателей биологического разнообразия, на которые они влияют (таких как охраняемые территории, важные места обитания и коридоры миграции диких животных), возможность осознания степени влияния ЛИ остается ограниченной. Пространственный анализ позволяет нам характеризовать объем и типы влияния, установить места с наибольшей степенью существующего (или будущего) влияния, а также объективно рассчитать приоритетные меры по избежанию или уменьшению влияния.

Множественные пространственные анализы проводились в последние годы для документирования видимого влияния существующих автодорог, железнодорожных путей и линий электропередач на биологическое разнообразие Азии; мы изложили данные этих исследований в Приложении 4 к данному отчету. Однако, существует острая необходимость в исследованиях перспектив влияния с использованием пространственного анализа для прогнозирования влияния на биологическое разнообразие проектных ЛИ на стадии планирования и перед началом строительства. Перспективный пространственный анализ потенциального влияния ЛИ в целом мало освещен в литературе. Однако, они являются особо ценными, так как способны предоставить рекомендации по предотвращению или минимизации потери биологического разнообразия из-за ЛИ перед тем, как это произойдет, что намного проще, чем пытаться обратить процессы потери биологического разнообразия после строительства ЛИ.

Данное приложение рассматривает возможности пространственного анализа в оценке потенциальных угроз биологическому разнообразию от строительства проектируемых ЛИ для разнообразия пространственных показателей, географических местностей, режимов ЛИ и таксонов доходности. Он содержит оригинал анализа, проведенного специально для данного отчета Агентства по международному развитию Соединенных Штатов Америки, а также обзор подобных анализов, проведенных ранее другими исследователями. Мы предлагаем примеры для иллюстрирования широких возможностей подходов к пространственному анализу, а также его преимущества и недостатки. Приложение разделено на три части.

В Части I изложен оригинал пространственного анализа угроз биологическому разнообразию Азии со стороны крупнейших проектов строительства ЛИ. Несколько недавних перспективных пространственных анализов исследовали потенциальное влияние строительства ЛИ на биологическое разнообразие на обобщенном уровне, охватывая всю или почти всю Азию и учитывая только крупнейшие проекты строительства дорог и железнодорожных магистралей согласно инициативе Китая "Один пояс и один путь". (Hughes, 2019; Ng et al., 2020) Данный анализ более глубоко рассматривает ранее проведенные исследования с учетом большего масштаба проектов ЛИ, включая строительство линий электропередач и проектов, ассоциируемых с инициативами экономического развития помимо ОПОП. Оно также предлагает единую метрическую систему количественных показателей биологического разнообразия по всей Азии и определяет территории с исключительным биологическим разнообразием, где строительство ЛИ стоит избегать вовсе.

Обобщенные анализы, включая данный и проводимые ранее, не полностью охватывают потенциальное влияние проектов ЛИ, запланированных и финансируемых на национальном или региональном уровне. Кроме того, они основаны на данных о биологическом разнообразии континентального или глобального уровня пространственного охвата, который обязательно является обобщенным. И хотя такие данные полезны для характеристики угроз биологическому разнообразию Азии от строительства ЛИ, их обобщенный охват не имеет достаточно точных данных для правильного описания угроз биологическому разнообразию индивидуальных ландшафтов или видов; такие уровни требуют более точного пространственного анализа. Исходя из вышеизложенного, Часть II данного приложения описывает шесть оригинальных крупномасштабных быстрых оценок потенциального влияния ЛИ на виды, предполагаемые к охране в определенных ландшафтах в Азии. Данные оценки были проведены в сотрудничестве с местными партнерами, которые ведут деятельность в сфере охраны дикой природы в данных ландшафтах и имеют точные знания о биологии видов и планах строительства ЛИ. Данные оценки предлагают примеры возможности относительного простого пространственного анализа для характеристики угроз ЛИ биологическому разнообразию и предлагают стратегии минимизации вреда.

Крупномасштабные пространственные анализы, проведенные нами, были ограничены в количестве, детализации и научному уровню коротким сроком данного проекта. Для представления более комплексного взгляда на разнообразие и сложность перспективных крупномасштабных пространственных анализов влияния планов развития ЛИ в Азии, Часть III данного приложения подводит итог, исходя из набора опубликованных недавно исследований из научных журналов и серой литературы. Каждое исследование изучает потенциальное влияние предполагаемых дорог, железнодорожных путей или линий электропередач внутри одной страны или меньшего ландшафта внутри страны. Мы излагаем и синтезируем информацию из каждого исследования для описания состояния науки и потенциала к продвижению.

Данное приложение завершается выдержкой из наших ключевых выводов из всех трех его частей, а также рекомендациями на основе этих ключевых выводов, которые могут привести к лучшему и более влиятельному пространственному анализу угроз ЛИ биологическому разнообразию.

ЧАСТЬ I: ОБОБЩЕННЫЙ ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ УГРОЗ ЛИНЕЙНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ БИОЛОГИЧЕСКОМУ РАЗНООБРАЗИЮ АЗИИ

Азия - родина самых разнообразных и комплексных экосистем мира, которые обеспечивают природный капитал, поддерживают экономическую жизнеспособность и повышают устойчивость к изменениям в окружающей среде. Однако, многие из природных наследий Азии подвергаются угрозе от быстрорастущей линейной инфраструктуры (ЛИ), включая автомагистрали, железнодорожные пути и линии электропередач. Без уместных мер предосторожности продолжающееся и ожидаемое расширение сети ЛИ может в большей степени фрагментировать места обитания, что приведет к повышенному вымиранию дикой фауны и тем самым угрожать биологическому разнообразию.

Агентство по международному развитию Соединенных Штатов Америки (АМРСША) стремится выяснить, какие затруднения и барьеры стоят на пути внедрения мер предосторожности и замедляют его, а также исчислить и составить обзор строящихся и запланированных инфраструктурных проектов в Азии, которые в большей степени повлияют на биологическое разнообразие и важнейшие места обитания видов. Это требует понимания пространственного разделения территорий с высоким значением биологического разнообразия и мест строительства существующих, строящихся и будущих ЛИ.

Данный отчет содержит оценку угроз биологическому разнообразию Азии со стороны предложенных ЛИ с использованием наборов данных с весьма обобщенным пространственным охватом и широким пространственным размахом. Оценка состоит из трех компонентов: (1) определение количественных показателей и местоположения биологического разнообразия по всей Азии, (2) сбор пространственных данных вдоль путей предполагаемых ЛИ, а также (3) определение мест нанесения наибольшего вреда биологическому разнообразию со стороны предполагаемых ЛИ. Такая обобщенная оценка служит нескольким целям: создание целостной базовой карты показателей биологического разнообразия по всей Азии; делимитирование "зон избегания" с исключительными показателями биологического разнообразия, где строительство будущих ЛИ может привести к нанесению недопустимого вреда видам и ареалам обитания, и, следовательно, должны быть разрешены только в последнюю очередь; создать понятную базу данных пространственного анализа предполагаемых проектов ЛИ для использования в оценке будущих влияний ЛИ; выяснить степень охвата и географическое распределение угроз ЛИ биологическому разнообразию; а также выбрать территории с меньшей степенью важности в районах Азии с высокой степенью биологического разнообразия, в которых АМРСША возможно пожелает проводить точные анализы с использованием большего количества местной информации по биологическому разнообразию и проектам ЛИ.

МЕТОДЫ

ПРИОРИТЕТ ОХРАНЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

Биологическое разнообразие - вариации между живым организмами - могут быть измерены при помощи ряда способов, включая разные уровни биологической организации (напр., гены, виды, экосистемы) и разные таксономические группы (напр., птицы, млекопитающие, беспозвоночные). Количество видов, присутствующих на определенной территории, известно, как видовое

разнообразие, - один из самых простых и часто используемых способов измерения биологического разнообразия. Подходы с более пристальным рассмотрением нюансов также могут учитывать дополнительные характеристики, влияющие на относительную ценность территории в охране биологического разнообразия, такие, как, например, присутствие видов в одной ограниченной географической зоне (эндемизм); численность особей; наличие вымирающих видов; степень изменения ландшафта под влиянием жизнедеятельности человека (экологическое состояние); остаток коренных видов (девственность); а также наличие биомов или типов ареалов обитания, редко встречающихся в мире (редкость).

Наш подход к картографированию приоритетов охраны биологического разнообразия состоит в том, чтобы наложить информацию из разнообразных источников, описывающих различные элементы биологического разнообразия, таксонов, уровней организации, и выявить участки, на которых такие элементы сочетаются. Мы фокусируем внимание на тех географических зонах, где многие источники данных подразумевают высокий уровень показателя биологического разнообразия, таким образом это усиливает нашу уверенность в том, что данные участки отображают значимые приоритеты по охране природы, не основанные на индивидуальностях какого-либо одного источника данных.

Мы в основном базируем свои выводы на данных, характеризующих незаменимость, что объясняет важность местности в достижении целей по охране природы, так как они не могут достигнуты при использовании иных территорий (напр., вследствие высокого показателя эндемизма, вымирающих животных или редкости). Некоторые принципы приоритета охраны биологического разнообразия также включают информацию об уязвимости, что подразумевает риски для местности быть видоизмененной посредством повреждения в местность с признаками процессов, угрожающих биологическому разнообразию (Kukkala & Moilanen, 2013). И хотя уязвимость является важным показателем в оценке приоритетов охраны природы, мы в целом исключаем такую информацию из нашего анализа, потому что наша цель заключается в установлении зон, в которых уровень биологического разнообразия остается высоким (т.н. зон избегания). Мы рассматриваем уязвимость более подробно в отношении строительства ЛИ в другой составляющей данной оценки - анализе перекрытия зон высокого биологического разнообразия и путей предполагаемых ЛИ.

СЛОИ ВНЕСЕНИЯ ДАННЫХ ПО БИОЛОГИЧЕСКОМУ РАЗНООБРАЗИЮ

Нами получены пространственные данные 14 слоев внесения данных (Рисунок 1, Таблица 1). Эти слои были разработаны (или обновлены) в недавнее время и представляют один или более элементов биологического разнообразия в виде непрерывных данных (в растровом формате), состоящих из сети ячеек, покрывающей всю площадь исследования. Элементы биологического разнообразия, отображаемые в слоях, включают видовое разнообразие, эндемизм, численность особей, девственность биологического разнообразия, экологическое состояние, редкость и взаимодополняемость. Большинство слоев фокусируются на биологическом разнообразии сухопутной дикой фауны, включая условия ареалов их обитания, так как влияние ЛИ на дику фауну является фокусом расширенного отчета АМРСША.

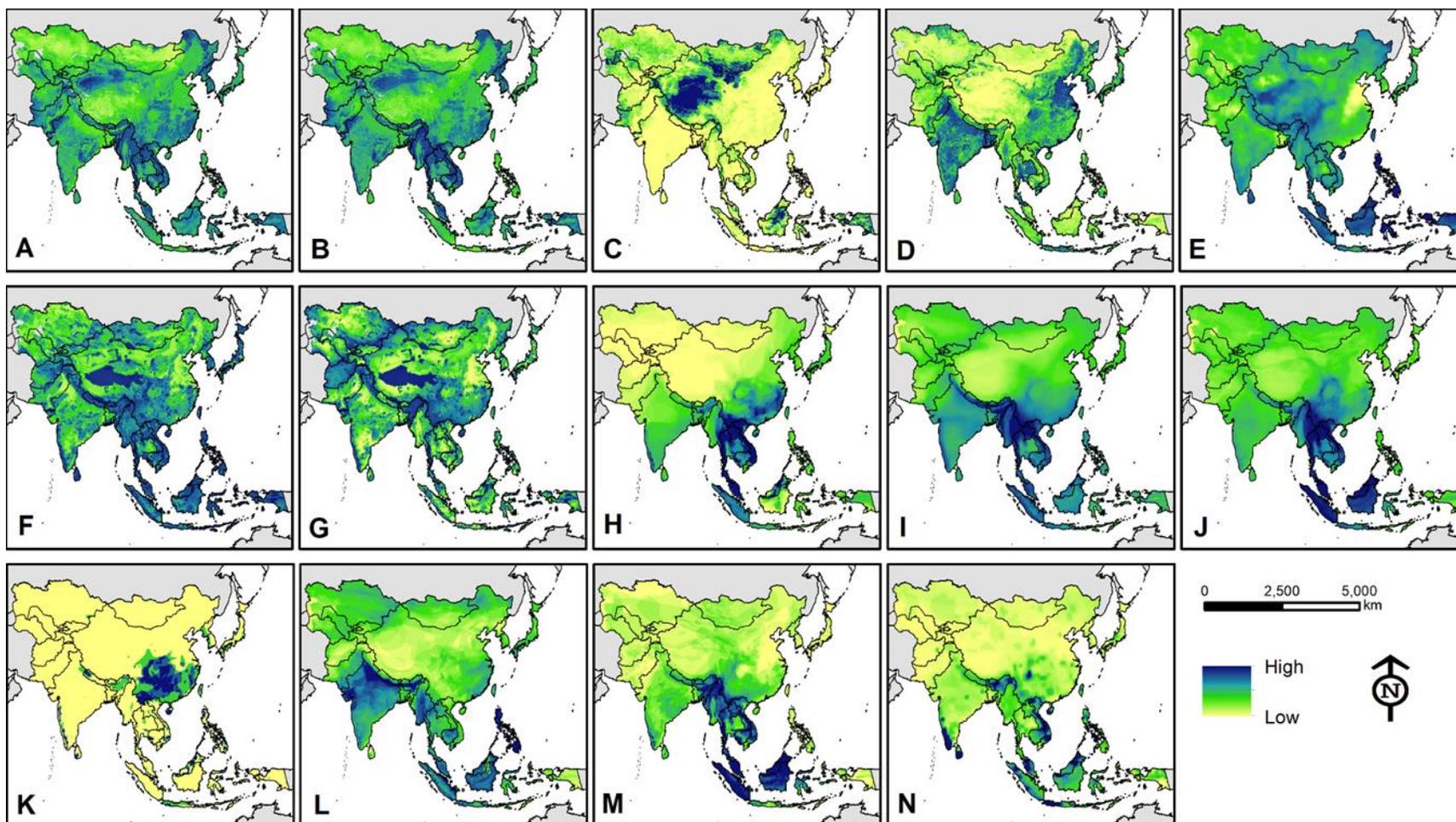


Рисунок 1: Слои биологического разнообразия, учтенные в анализе. (А) Девственность на основе численности особей. (Б) Девственность на основе численности видов. (В) Девственность эко-региона. (Г) Человеческие изменения. (Д) Девственность сообщества млекопитающих. (Е) Зоны глобального приоритета для расширения охраняемых территорий. (Ж) Зоны национального приоритета для расширения охраняемых территорий. (З) Численность видов амфибий. (И) Численность видов птиц. (К) Численность видов млекопитающих. (Л) Численность вымирающих видов амфибий. (М) Численность вымирающих видов птиц. (Н) Численность вымирающих видов млекопитающих. (О) Взвешенный эндемизм с учетом глобальных угроз. Слои Б, Г, З, И и К были удалены из анализа для уменьшения повторений в слоях.

Таблица 1: Описание набора данных по биологическому разнообразию

ТАБЛИЦА 1: ОПИСАНИЕ НАБОРА ДАННЫХ, УЧИТЫВАЕМЫХ В ОБОБЩЕННОМ АНАЛИЗЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ				
НАБОР ДАННЫХ	ОПИСАНИЕ	ГОД ВЫПУСКА/ОБНОВЛЕНИЯ	ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗРЕШЕНИЕ	ИСТОЧНИК /ПУБЛИКАЦИЯ
Девственность биологического разнообразия (на основе численности особей)	Средняя численность особей коренных видов широкого спектра по отношению к численности особей в нетронутых ареалах обитания	2019	1 км	Newbold et al. (2016); Sanchez-Ortiz et al. (2019)
Девственность биологического разнообразия (на основе численности видов)	Средняя численность коренных видов широкого спектра по отношению к численности видов в нетронутых ареалах обитания	2019	1 км	Newbold et al. (2016); Sanchez-Ortiz et al. (2019)
Девственность эко-региона	Измерение девственности ареалов обитания с учетом совместного показателя потери ареалов обитания, их фрагментации и деградации вследствие антропогенного вмешательства	2020	1 км	Beyer et al. (2020)
Глобальная человеческая модификация	Суммарный показатель человеческой модификации суши, который отражает пропорции модифицированных ландшафтов, основываясь на моделировании физических границ 13 антропогенных факторов и их прогнозированного влияния	2019	1 км	Kennedy et al. (2019)
Девственность сообществ млекопитающих	Соотношение современной численности видов млекопитающих к историческому, основанное на	2020	96.5 км	Belote et al. (2020)

ТАБЛИЦА 1 : ОПИСАНИЕ НАБОРА ДАННЫХ, УЧИТЫВАЕМЫХ В ОБОБЩЕННОМ АНАЛИЗЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

НАБОР ДАННЫХ	ОПИСАНИЕ	ГОД ВЫПУСКА/ОБНОВЛЕНИЯ	ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗРЕШЕНИЕ	ИСТОЧНИК /ПУБЛИКАЦИЯ
	современных и восстановленных данных исторических диапазонов			
Зоны глобального приоритета для расширения охраняемых территорий	Пространственные приоритеты для расширения глобальной сети охраняемых территорий для максимального представления сухопутных видов позвоночных и эко-регионов	2014	0.2 градуса (~20 км на экваторе)	Pouzols et al. (2014)
Зоны национального приоритета для расширения охраняемых территорий	Пространственные приоритеты для расширения национальной сети охраняемых территорий для максимального представления сухопутных видов позвоночных и эко-регионов	2014	0.2 градуса (~20 км на экваторе)	Pouzols et al. (2014)
Численность видов амфибий	Количество видов амфибий, встречающихся на каждые 10 км сетки соответственно картам диапазонов видов МСОП	2017	10 км	Jenkins & Pimm (2013)
Численность видов птиц	Количество видов птиц, встречающихся на каждые 10 км сетки соответственно картам диапазонов видов МСОП	2017	10 км	Jenkins & Pimm (2013)
Численность видов млекопитающих	Количество видов млекопитающих, встречающихся на каждые 10 км сетки соответственно картам диапазонов видов МСОП	2017	10 км	Jenkins & Pimm (2013)

ТАБЛИЦА 1: ОПИСАНИЕ НАБОРА ДАННЫХ, УЧИТЫВАЕМЫХ В ОБОБЩЕННОМ АНАЛИЗЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

НАБОР ДАННЫХ	ОПИСАНИЕ	ГОД ВЫПУСКА/ОБНОВЛЕНИЯ	ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗРЕШЕНИЕ	ИСТОЧНИК /ПУБЛИКАЦИЯ
Численность вымирающих видов амфибий	Количество вымирающих видов амфибий, встречающихся на каждые 10 км сетки соответственно картам диапазонов видов МСОП	2017	10 км	Jenkins & Pimm (2013)
Численность вымирающих видов птиц	Количество вымирающих видов птиц, встречающихся на каждые 10 км сетки соответственно картам диапазонов видов МСОП	2017	10 км	Jenkins & Pimm (2013)
Численность вымирающих видов млекопитающих	Количество вымирающих видов млекопитающих, встречающихся на каждые 10 км сетки соответственно картам диапазонов видов МСОП	2017	10 км	Jenkins & Pimm (2013)
Взвешенный эндемизм с учетом глобальных угроз	Индекс биологического разнообразия, основанный на численности сухопутных видов позвоночных, степени их эндемизма и риска вымирания	2020	100 км	Farooq et al. (2020)

ОБРАБОТКА СЛОЕВ

Мы видоизменили слои таким образом, чтобы они имели единую систему координат (проекция Альберса), разрешение (1 км²), охват (28 стран Азии; Рисунок 1) и ориентацию сети ячеек. Затем мы изменили первичные показатели каждого слоя в количественные, значения которых имеют диапазон от 0 до 1, где 0 отражает наименьшее биологическое разнообразие, а 1 - наибольшее. Количественное видоизменение позволяет качественно сравнивать слои с обширным разнообразием значений показателей и повышенной устойчивости к вариациям в индивидуальных наборах данных.

Некоторые слои биологического разнообразия были выведены из подкрепляющих данных (напр., карты диапазонов видов Международного союза охраны природы [МСОП]) или похожих подходов к измерению биологического разнообразия, вследствие чего они могли дублироваться. Так как наша цель состояла в определении зон сочетания между независимыми источниками

информации о биологическом разнообразии, мы провели первичное отсеивание для удаления повторений слоев во избежание оценки "по принципу групп" общих показателей биологического разнообразия. Мы рассчитали ячейный коэффициент корреляции Пирсона для каждой пары количественно видоизмененных слоев, а затем удалили один из слоев с показателем $|r| > 0.7$ из всех последующих анализов (Dormann et al., 2013). Этот шаг отсеивания привел к удалению пяти повторяющихся слоев биологического разнообразия. Индексы девственности на основе численности видов и численности особей имели высокую степень соответствия, поэтому мы удалили слой на базе численности видов и оставили слой на базе численности особей, так как информация по численности видов была также включена в нескольких иных слоях. Девственность на базе глобальной человеческой модификации и эко-регионов имели высокую степень соответствия, поэтому мы удалили слой на базе глобальной человеческой модификации и оставили слой на базе девственности эко-регионов, так как последний включал дополнительную информацию о фрагментации ареалов обитания. Численность видов амфибий, птиц и млекопитающих имели высокую степень соответствия между собой и взвешенным эндемизмом; мы удалили все три слоя численности видов, оставляя слои численности вымирающих видов тех же таксонов, так как численность вымирающих видов может представлять большую ценность в приоритете охраны биологического разнообразия (Brooks et al., 2006).

КОМПЛЕКСНЫЙ ИНДЕКС БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

Мы создали комплексный индекс биологического разнообразия (КИБР) для отображения данных биологического разнообразия на оставшихся слоях каждой ячейки сети, включенных в анализ. КИБР был рассчитан как медиана количественно видоизмененных данных слоев каждой ячейки сети. Результатом является непрерывная карта всей площади исследований с разрешением в 1 км², в которой показатели КИБР близкие к 1 отображают высокую степень сочетания слоев, означающее высокий приоритет территории в охране биологического разнообразия, а значения близкие к 0 отображают высокую степень сочетания слоев, означающее низкий приоритет. Средние показатели КИБР могут отображать сочетание слоев на территории со средним приоритетом или смешанными слоями высокого и низкого приоритета; исходя из чего, для лучшего понимания слоев, мы также подсчитали суммарное значение каждой ячейки: минимальное, максимальное и стандартное отклонение, а также количество слоев с показателем >0.9 (т.е., верхней десятой доле).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

Для отображения потенциальных зон избегания и регионов для крупномасштабного анализа, мы конвертировали нашу карту данных КИБР в карту категорий, отображающую агрегации ячеек с высоким КИБР, которые мы определяем как "крупные центры биологического разнообразия." Первоначально мы удалили некоторые точные вариации показателей КИБР посредством применения сглаживающей функции, которая усреднила показатели КИБР в гауссовом ядре со стандартным отклонением в 10 км. Этот шаг также отсеял ячейки с высоким значением, которые могут представлять менее возможные объекты охраны, так как являются изолированными от больших агрегаций ячеек с высоким значением. Мы видоизменили количественно данный сглаженным слой КИБР, а затем присвоили категорию каждой ячейке как высокое или низкое значение показателя биологического разнообразия, основанное на количественном пороге,

рассчитанном на распространении значений по всей площади исследования. Мы использовали три разных порога (90х, 80х и 70х перцентилей, представляющих верхние 10, 20 и 30 процентов ячеек сети соответственно) для определения высокого показателя, предоставляющего АМРСША гибкость в определении зон избегания и отображает широкое разнообразие целей охраны природы на основе процентного расчета среди существующих международных соглашений и инициатив по охране природы. В завершении, мы определили участки соединенным ячеек с высоким значением ("центры") с использованием 8-ядерного правила смежности, а затем отсеяли центры с площадью менее 500 км², которые в среднем соответствуют зоне обитания нескольких подзащитных видов млекопитающих (напр., тигр, снежный барс, азиатский слон). Хотя территории менее 500 км² могут представлять высокую степень важности для защиты мест обитания видов с меньшими ареалами или "ступеньками" распределения большей дикой фауны, наш интерес заключался в освещении крупных центров, отображающих сочетание территорий с исключительным биологическим разнообразием, которые могут потенциально поддерживать все местные виды дикой фауны.

Многие из наших слоев биологического разнообразия были хотя бы частично основаны на численности видов, отображающей четкий широтный градиент, при котором численность видов наиболее высокая у экватора и наиболее низкая у полюсов (Hillebrand, 2004). Соответственно, зоны высокой степени важности по охране биологического разнообразия на континентальном уровне наиболее вероятно ориентированы у самых южных регионов Азии. И все же АМРСША может пожелать рассматривать приоритеты охраны биологического разнообразия в иных регионах Азии, которые имеют национальную или региональную важность, даже если представляют меньшую значимость в охране на глобальном уровне. В соответствии с этим, мы провели отдельные анализы центров биологического разнообразия на национальных уровнях (напр., в каждой из 28 стран, принявших участие в исследовании) и на региональных уровнях (напр., в каждом из четырех субрегионов Азии, определенных в геосхеме Азии ООН) с порогами показателей КИБР, рассчитанных в каждой стране или регионе соответственно вместо полной континентальной территории исследования.

Для лучшего понимания экологических характеристик центров биологического разнообразия, определенных в нашем анализе, мы подсчитали пропорции общей площади центров внутри каждого из 13 биомов суши (Olson et al., 2001), представленных в нашем исследовании. Расчеты были проведены для каждого сочетания количественных порогов (70х, 80х и 90х перцентилей) и географического уровня (континентальный, региональный и национальный).

СРАВНЕНИЕ С ГЛОБАЛЬНЫМИ СХЕМАМИ ПРИОРИТЕТОВ

Ранее были предприняты многочисленные попытки установления пространственных приоритетов по охране биологического разнообразия на крупномасштабном уровне (Brooks et al., 2006). Мы сравнили крупные центры биологического разнообразия в нашем анализе приоритетов зон биологического разнообразия, определенных пятью общеизвестными схемами глобальных приоритетов охраны (Рисунок 2, Таблица 2), для получения лучшего представления о том, насколько наши приоритеты, специфичные для Азии, соответствуют ранее установленным глобальным приоритетам. Эти схемы глобального приоритета включили точки биологического разнообразия Фонда партнерства по важнейшим экосистемам (ФПВЭ) (Myers et al., 2000); 200 глобальных эко-регионов (Olson & Dinerstein, 2002); важнейшие ареалы обитания Стандартных

показателей Международной финансовой корпорации 6 (СПМФК6)(Brauneder et al., 2018); Девственные лесные ландшафты (Potapov et al., 2017); и ключевые зоны биологического разнообразия ([KBAs], IUCN, 2016). Географические пространственные слои глобальных схем приоритетов содержали категории данных (в векторном формате) на основе полигонов, отображающих показатели биологического разнообразия (напр., точки, девственные участки леса), которые мы конвертировали в 1 км растровые данные, которые соответствуют слоям биологического разнообразия в нашем анализе. Мы видоизменили количественно пространственное перекрытие между различными показателями биологического разнообразия из глобальных схем приоритетов и центрами биологического разнообразия континентального уровня нашего собственного исследования двумя способами: (1) пропорции площади согласно общим показателям биологического разнообразия каждой их схем приоритетов, которые перекрывают центры и (2) пропорции общей территории центров, которые перекрывают данные показателей биологического разнообразия каждой из схем приоритетов. Мы рассчитали данные пропорции отдельно по каждому из трех количественных порогов, используемых для определения крупных центров биологического разнообразия, (70х, 80х и 90х перцентилей) и по трем географическим уровням (континентальном, региональном и национальном).

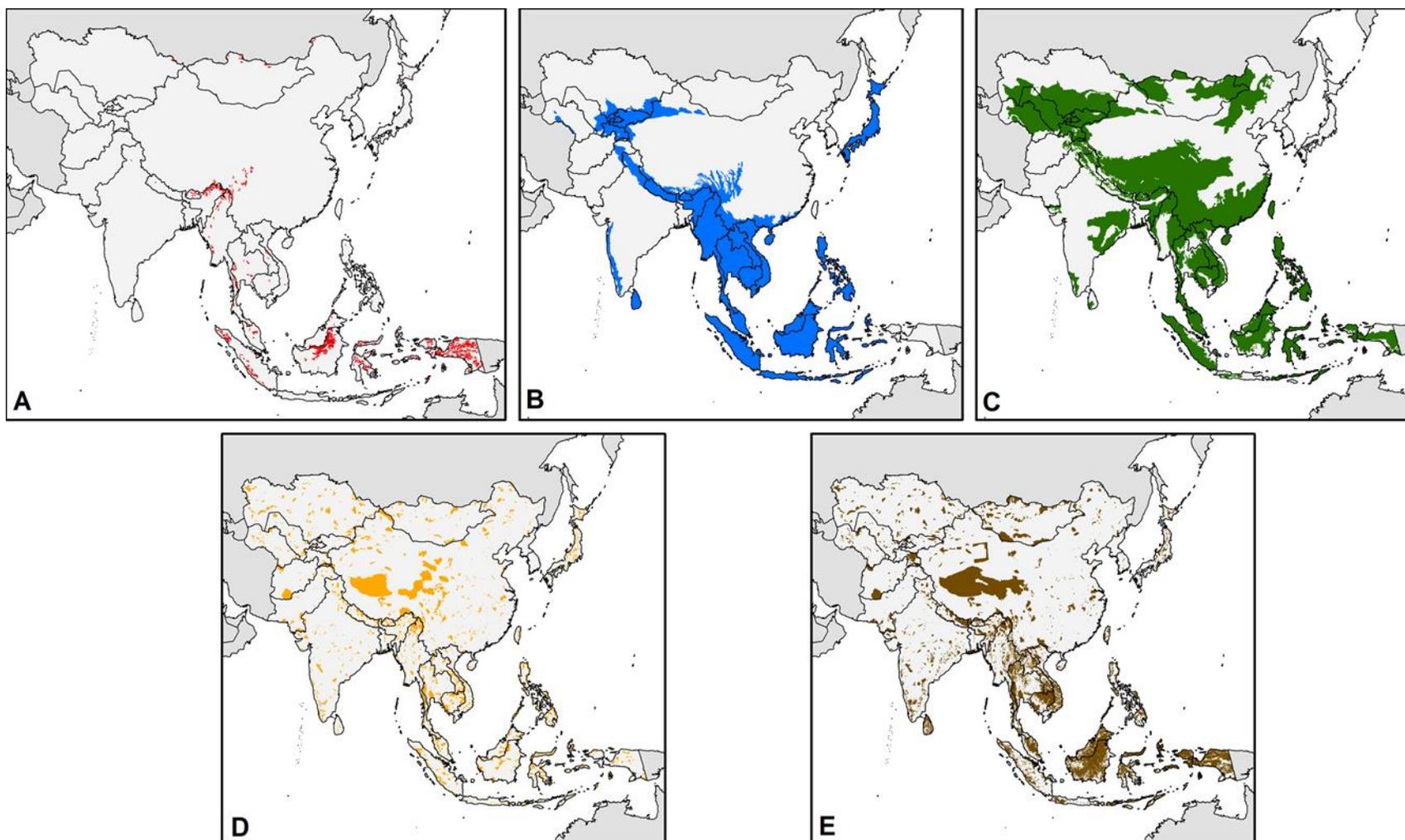


Рисунок 2: Существующие глобальные схемы приоритетов охраны биологического разнообразия. (А) Девственные лесные ландшафты. (Б) Точки биологического разнообразия Фонда партнерства по важнейшим экосистемам. (В) 200 глобальных эко-регионов. (Г) Ключевые зоны биологического разнообразия. (Д) Важнейшие ареалы обитания Стандартных показателей Международной финансовой корпорации 6.

Таблица 2: Описание существующих глобальных схем приоритетов биологического разнообразия

ТАБЛИЦА 2: ОПИСАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ГЛОБАЛЬНЫХ СХЕМ ПРИОРИТЕТОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ			
НАБОР ДАННЫХ	ОПИСАНИЕ	ГОД ВЫПУСКА/ОБНОВЛЕНИЯ	ИСТОЧНИК /ПУБЛИКАЦИЯ
Точки биологического разнообразия Фонда партнерства по важнейшим экосистемам	36 глобальных точек, основанных на численности видов эндемиков сосудистых растений и первоначальная естественная потеря растительного покрова	2016	Myers et al. (2000)
200 глобальных эко-регионов	Эко-регионы с высокой степенью незаменимости или отличия, определяемых численностью видов, эндемизмом, необычно высоким количеством таксонов, необычными экологическими или эволюционными феноменами и глобальной редкостью ареалов обитания	2002	Olson & Dinerstein (2002)
Важнейшие ареалы обитания Стандартных показателей Международной финансовой корпорации 6	Слой мониторинга ареалов обитания, основанного на пяти критериях оценки значимой важности ареалов для вымирающих, эндемичных, конгрегационных и мигрирующих видов, экосистем под угрозой или уникальных, а также ключевых эволюционных процессов	2018	Brauneder et al. (2018)
Девственные лесные ландшафты	Ненарушенные пространства натуральных экосистем внутри зоны распространения лесов, в которых отсутствуют показатели значимой активности человека, и которые являются достаточно крупными для поддержания всего коренного биологического разнообразия, включая жизнеспособные популяции видов широкого спектра	2016	Potapov et al. (2017)
Ключевые зоны биологического разнообразия	Территории, представляющие глобальную значимость для охраны, основанную на биологическом разнообразии вымирающих видов, географически ограниченном биологическом разнообразии,	2020	IUCN (2016)

экологической целостности,
биологических процессах или
незаменимости

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ЛИ

Мы составили географическую пространственную базу данных путей предполагаемых автомагистралей, железных дорог и линий электропередач, связанных с инициативами глобального и регионального развития в Азии (Таблица 3). Эти инициативы связаны со многими предполагаемыми проектами строительства ЛИ в Азии и зачастую финансируются многосторонними банками развития. И хотя развитие ЛИ согласно национальным, государственным и местным инициативам протекает по всей Азии, сбор информации по данным проектам по всему континенту не представляется возможным для данного исследования. Пути некоторых проектов ЛИ были доступны в формате географических пространственных данных по нескольким инициативам, но в большинстве случаев мы основывались на картах, изложенных в отчетах и планах для определения местоположения путей, которые мы затем привели в электронный формат при помощи программы ArcGIS 10.8. Некоторые пути были включены в несколько инициатив и мы, изучив повторяющиеся данные, оставили только те показатели, что были извлечены из источников с более новыми или детализированными картами. Мы также отсеяли пути ЛИ, указанных на картах или в базах данных как введенные в эксплуатацию. Учитывая, что мы использовали наиболее обновленную информацию, которую нашли по статусу проектов ЛИ, мы все же признаем, что некоторые из проектов, включенных в наш окончательный набор данных, могли быть недавно завершены. Проекты в нашей базе данных включали как абсолютно новые пути ЛИ, так и улучшения уже существующих путей (напр., расширение дороги из двух в четыре полосы).

Таблица 3: Источники данных по Линейной инфраструктуре

ТАБЛИЦА 3: ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ ПО ЛИНЕЙНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ			
ИНИЦИАТИВА	РЕЖИМ ЛИ	РЕГИОН	ИСТОЧНИК ДАННЫХ
Инициатива Один пояс и один путь (ОПОП)	Автомагистраль, железнодорожная магистраль	По всей Азии	Reed & Trubetskoy (2019)
Азиатский банк развития (АБР) региональной транспортной инфраструктуры	Автомагистраль, железнодорожная магистраль	Юг и Юго- Восток	Morgan et al. (2015)
Сеть автомагистралей Азии	Автомагистраль	По всей Азии	UNESCAP (2019a)
Программа экономического сотрудничества субрегиона Большого Меконга (СБМ)	Автомагистраль, железнодорожная магистраль, магистраль ЛЭП	Юго-Восток	ADB (2018c); GMS, (2018, 2020)
Первичный поток инфраструктурных проектов Ассоциации стран Юго-Восточной Азии (АСЕАН)	Автомагистраль, железнодорожная	Юго-Восток	ASEAN (2019)

	магистраль, магистраль ЛЭП		
Программа экономического сотрудничества стран Центральной Азии (РЭЦЦА)	Автомагистраль, железнодорожная магистраль	Центральная	ADB (2017, 2020a)
Южно-Азиатская субрегиональная программа экономического сотрудничества (ЮАСЭС)	Автомагистраль, железнодорожная магистраль, магистраль ЛЭП	Юг	(ADB, 2020b)
ТРАНС-АЗИАТСКАЯ СЕТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ	Железнодорожная магистраль	По всей Азии	UNESCAP (2019b)
ЦАЮА-1000	Магистраль ЛЭП	Центральная	CASA-1000 (2018)
Северо-Восточная супер сеть/Гобитек	Магистраль ЛЭП	Восток	Mano et al. (2014)
Сеть ЛЭП АСЕАН	Магистраль ЛЭП	Юго-Восток	IEA (2019)

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ

Мы рассчитали общую протяженность предполагаемых путей каждого режима ЛИ, а также более глубоко разграничили предполагаемые новые пути и предполагаемые проекты усовершенствования существующих путей (напр., нанесение покрытия или расширение автомагистралей). Нам не удалось найти отличий между новыми путями и проектами усовершенствований на небольшом количестве предполагаемых дорожных проектов. Мы ранжировали страны согласно протяженности предполагаемых ЛИ, а также плотности предполагаемых ЛИ каждого режима внутри границ страны.

Мы создали карту потенциальных зон конфликта биологического разнообразия со строительством ЛИ, включив пересекающиеся центры биологического разнообразия с электронными версиями путей ЛИ. Мы создали буферную зону в 25 км с каждой стороны для учета неточностей в расположении путей вследствие погрешности пространственных показателей ЛИ, оцифрованных нами ранее с карт мелкого масштаба, а также возможных отклонений дизайна путей от первоначальных планов во время строительства. Этот буфер охватывает наиболее вероятный размах влияния большинства ЛИ на дикую природу, включая прямое влияние (напр., шумовое загрязнение, искусственное освещение или выхлопные газы транспортных средств; эффект окраины; убой от столкновения с транспортными средствами или электрическим шоком), которое обычно отмечается в 5 км зоне вблизи ЛИ (Benítez-López et al., 2010) а также опосредованное влияние (напр., охота и браконьерство; сокращение ареалов обитания вследствие незаконной вырубki леса), которые отмечаются на более удаленных расстояниях от ЛИ (Ng et al., 2020). Далее в тексте мы называем эти территории в 25 км от расчетных путей предполагаемых ЛИ "потенциальными зонами влияния" или ПЗВ. Для каждого режима ЛИ и каждого центра биологического разнообразия мы рассчитали пропорции общей площади центров внутри ПЗВ Азии. Мы также ранжировали страны согласно общей площади центров, пересекающихся с ПЗВ, и процента из площади внутри ПЗВ.

Мы рассмотрели перекрытие ПЗВ и ОТ в Азии. Мы уделили особое внимание ОТ МСОП категории 1а (строгий природный заповедник) и 1б (природный заповедник), так как эти территории подвергаются минимальному влиянию человека и строгой охране биологического разнообразия, поэтому влияние предполагаемых ЛИ может нарушить усилия по охране биологического разнообразия в данных зонах. Мы рассчитали количество и общую площадь ОТ категорий 1а и 1б внутри ПЗВ каждого режима ЛИ, а также пропорции общей площади ОТ внутри ПЗВ и наоборот.

РЕЗУЛЬТАТЫ

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

КИБР (напр., медиана количественных показателей по девяти слоям биологического разнообразия) сильно варьируется по всей Азии, но наименьший показатель отмечаются в Центральной и Восточной Азии, тогда как наивысший отмечается в Южной и Юго-Восточной Азии (Рисунок 3). Данное наблюдение повышения биологического разнообразия ближе к экватору совпадает с хорошо задокументированным широтным градиентом биологического разнообразия, описанном выше. Зоны с особо высоким КИБР включают Малайский полуостров, Борнео, Суматру и юго-западную Индию, северо-восточную Индию, подножия Гималаев, Северное Тибетское плато и восточную Камбоджу.

Исследование иных суммарных показателей количественно видоизмененных слоев биологического разнообразия указывает на высокую степень соответствия между слоями в отношении зон с наивысшей степенью биологического разнообразия. Зоны с высоким КИБР (медианы количественных показателей) также имеют тенденцию наивысших значений минимальных и максимальных показателей и занимают позиции в верхних десятых долях на всех или почти всех слоях биологического разнообразия (Рисунок 4). Отмечается меньшая степень соответствия между слоями среднего и низкого значения показателей. Например, стандартное отклонение количественных показателей (индикатор соответствия слоев) особо высоко в западном Китае - регионе с низкой численностью видов, но экологически девственном; а также в северной Индии - богатой численностью видов, но истощенной экологически. Многие другие зоны в Азии отражают неоднородность оценки показателей различных элементов биологического разнообразия, но на меньшем уровне.

Континентальные крупные центры биологического разнообразия, выведенные из КИБР весьма ответственны регионам с высоким КИБР, указанным выше, и, опять же, сконцентрированы в основном в Южной Азии, а особенно - в Юго-Восточной Азии (Рисунок 5). Ни более низких количественных порогах зон биологического разнообразия с высоким уровнем (80х и 70х процентилей показателей КИБР) центры расширяются, включая почти всю Юго-Восточную Азию, а отдельные центры встречаются в центральной Индии, южном Китае, а также на отдельных территориях северного Китая и Монголии (Рисунок 5). Центры, установленные на региональном уровне, включают во многом те же территории Юга и Юго-Востока Азии, что указаны на уровне континентального анализа, но также и многие дополнительные центры в Центральной и Восточной Азии (Рисунок 6). Региональные центры Южной Азии расположены в основном на дальнем северо-востоке и юго-западе Индии, Терайской дуге (включая части Индии, Непала и Бутана), а также внутренней Шри Ланке. В Юго-Восточной Азии региональные центры занимают в основном полуостров Малайзии, центральный Борнео, внутренние части Суматры и северную

Мьянму. Региональные центры Центральной Азии расположены в основном в южном и восточном Казахстане. В Восточной Азии региональные центры расположены в основном на Северном Тибетском плато и южном Китае вблизи границ с Мьянмой, Лаосом и Вьетнамом. Центры, определенные на национальном уровне, очень схожи с региональными центрами (Рисунок7).

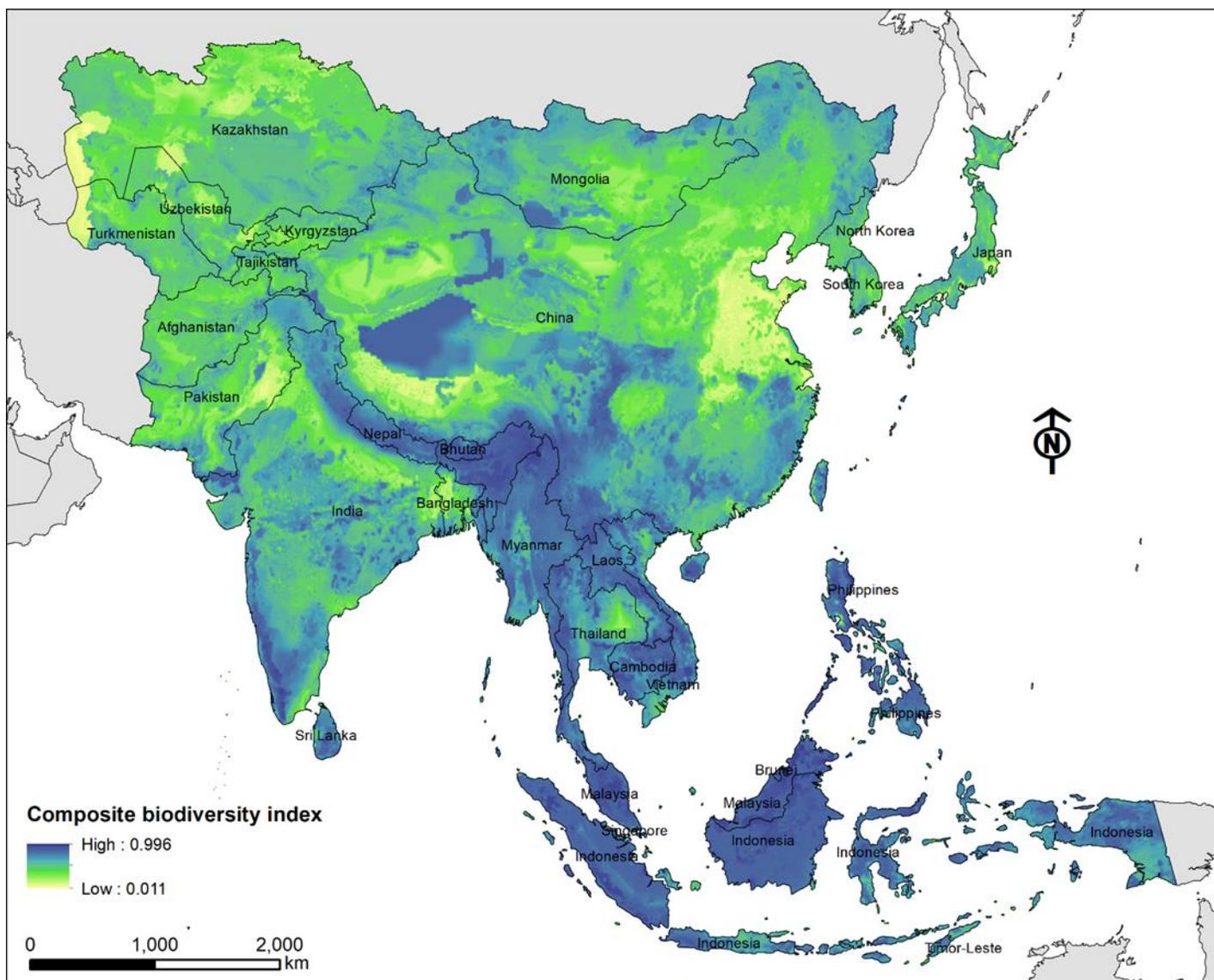


Рисунок 3: Комплексный индекс биологического разнообразия (КИБР) в 1 км разрешении по территории исследования в Азии. КИБР был рассчитан как медиана количественных значений показателей по всем слоям биологического разнообразия.

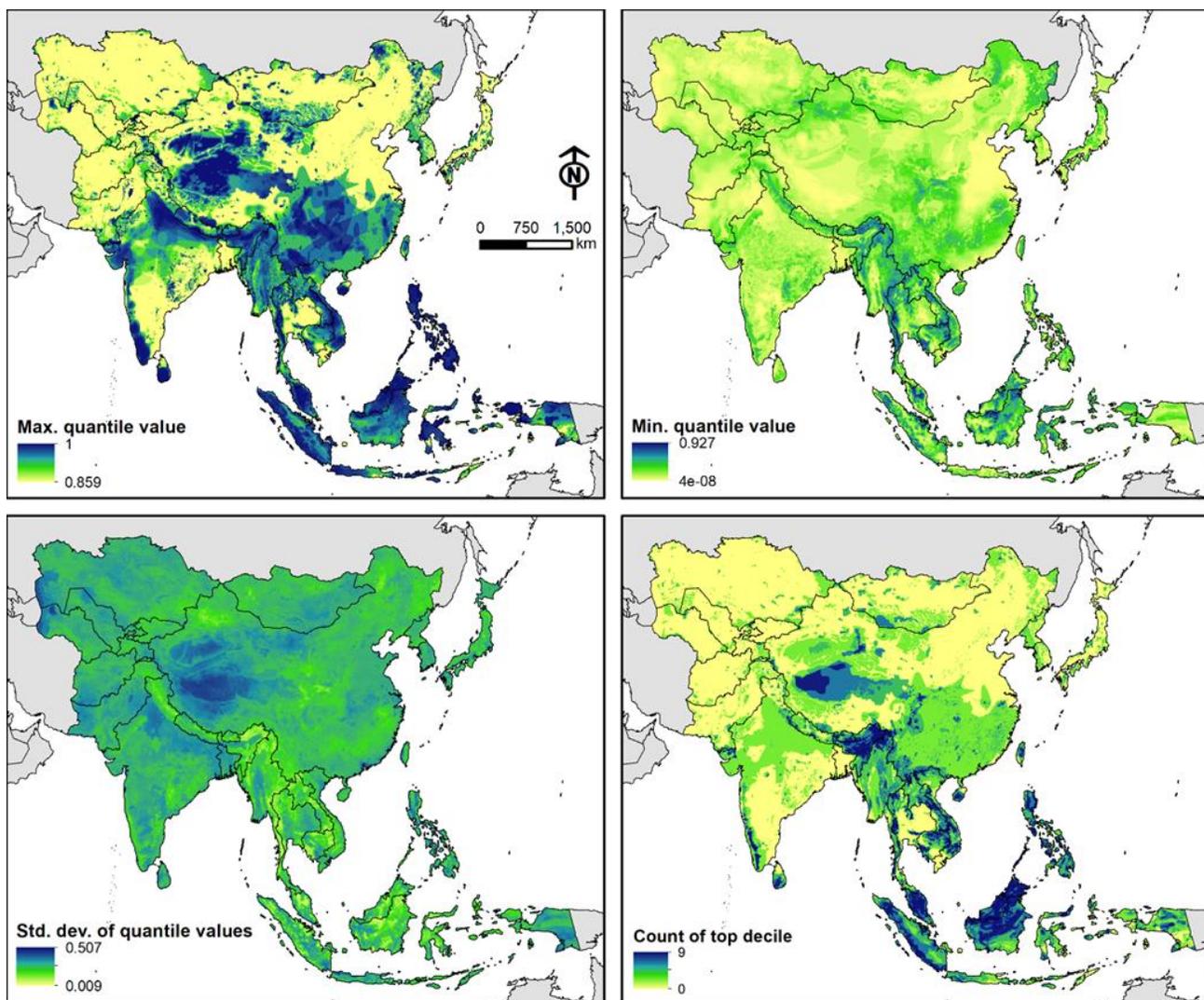


Рисунок4: Вариативность показателей биологического разнообразия по всем слоям. Каждая панель отображает различные суммарные статистические данные по набору из девяти количественно видоизмененных показателей (по одному на каждый слой биологического разнообразия) в каждой ячейке сети: максимальные количества (сверху слева), минимальные количества (сверху справа), стандартное отклонение показателей (снизу слева) и число слоев с количеством >0.9 (снизу справа).

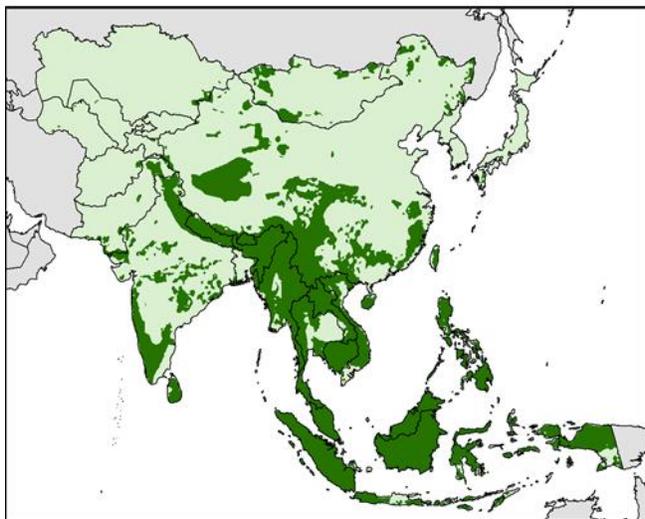
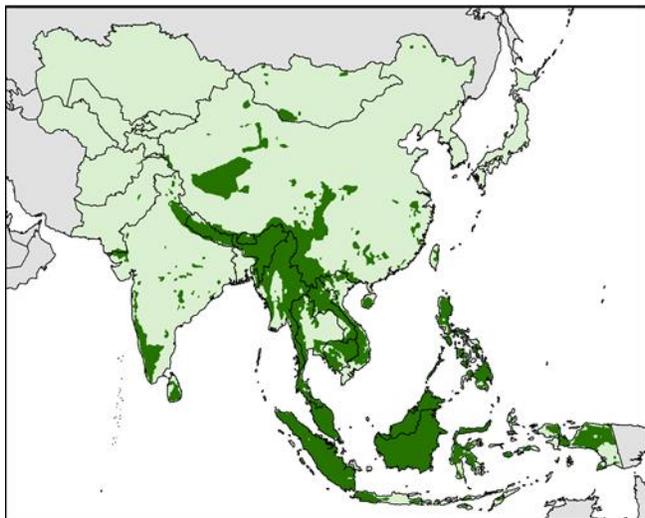
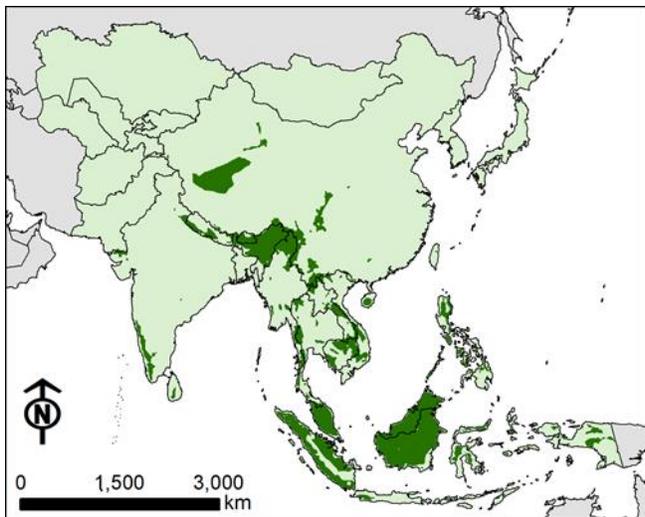


Рисунок 5: Крупные центры биологического разнообразия континентального уровня (темно-зеленые участки), занимающие порог в 0.9 (верхняя панель), 0.8 (средняя панель) или 0.7 (нижняя панель) в определении высокого показателя биологического разнообразия.

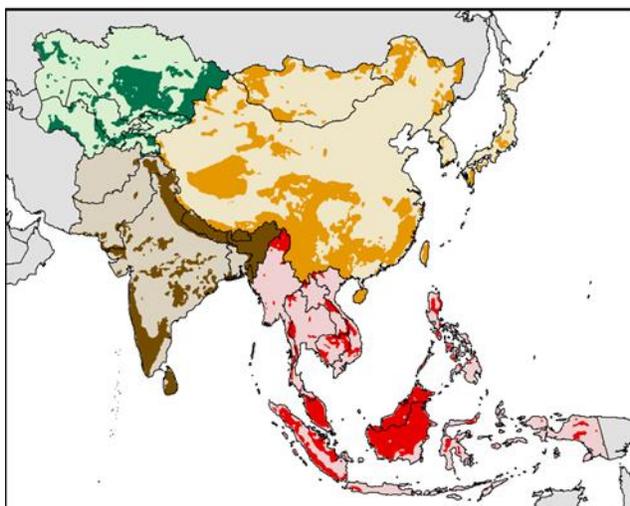
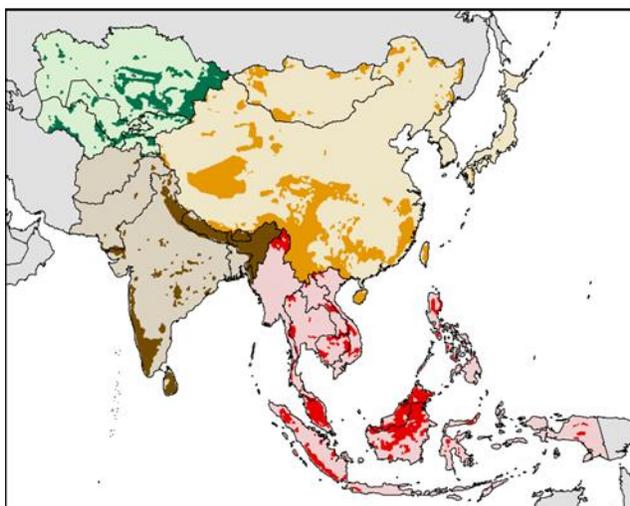
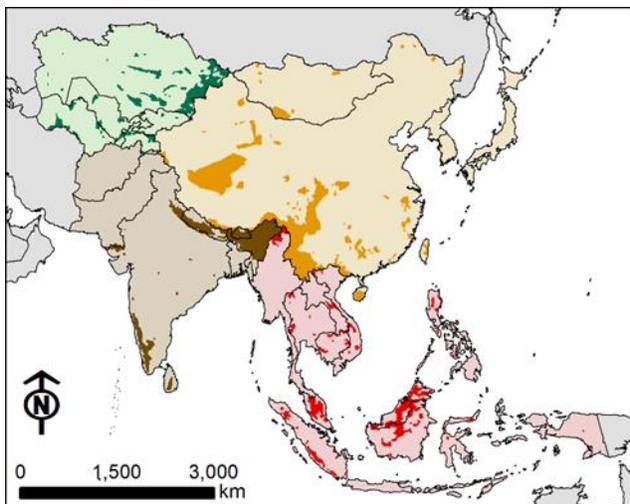


Рисунок6: Региональные центры биологического разнообразия, занимающие порог в 0.9 (верхняя панель), 0.8 (средняя панель) или 0.7 (нижняя панель) в определении высокого показателя биологического разнообразия. Темные участки указывают центры, а светлый фон отображает регионы (зеленый = Центральная Азия, оранжевый = Восточная Азия, коричневый = Южная Азия, красный = Юго-Восточная Азия).

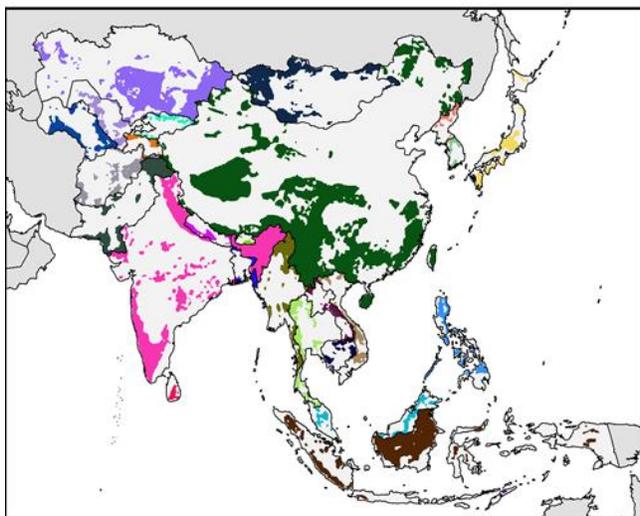
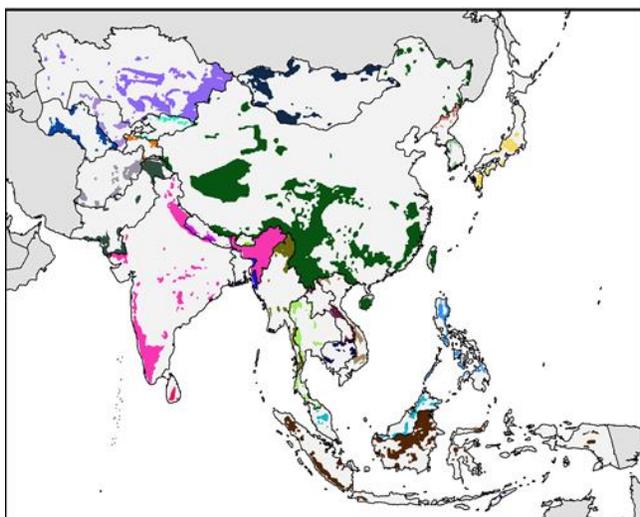
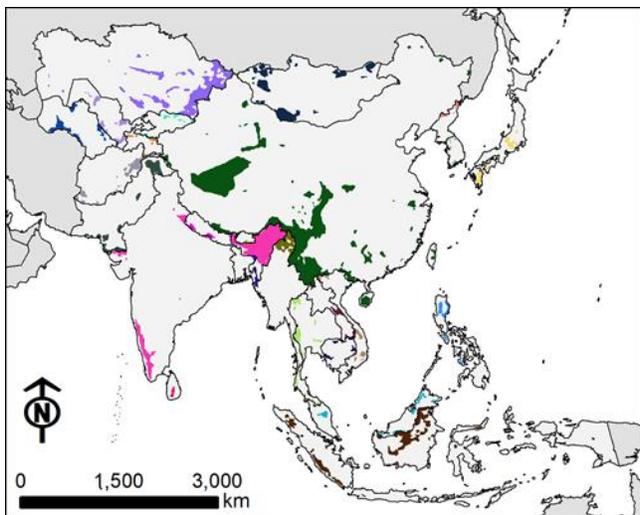


Рисунок7: Национальные центры биологического разнообразия, занимающие порог в 0.9 (верхняя панель), 0.8 (средняя панель) или 0.7 (нижняя панель) в определении высокого показателя биологического разнообразия. Разные цвета отображают разные центры в разных странах.

Большинство континентальных центров (59-72% общей площади центров, в зависимости от количественного порога) расположены в тропическом и субтропическом влажном лесном биоме, который покрывает большую часть Юго-Восточной Азии (Таблица 4). Горные луга и кустарниковые биомы - вторые по численности континентальных центров (10-13%). Все остальные биомы занимают менее девяти процентов общей площади центров по всем количественным порогам континентального уровня. На региональном уровне центры расположены в меньшей степени в тропических лесах (36-38%), а другие более северные биомы, на которых расположена важная часть региональных центров, включают горные луга и кустарники (18-21%), пустыни и ксерические кустарники (11-16%), хвойные леса умеренного пояса (7-10%), лиственные и смешанные леса умеренного пояса (7-8%), а также луга умеренного пояса, саванны и кустарники (7%). Отображение центров на национальном уровне практически идентично отображению на региональном. Центры, установленные посредством использования более низкого количественного порога (напр., покрывающие большую территорию в Азии) в целом включают более сбалансированный набор биомов на континентальном уровне, чем на региональном или национальном уровнях.

Континентальные центры показывают большую степень перекрытия показателям существующих схем приоритетов биологического разнообразия, а степень этого перекрытия частично зависит от относительной площади внутри центров по сравнению с показателями схем приоритетов (Таблица 5). Например, Нетронутые лесные ландшафты покрывают только малую часть Азии, но практически полностью располагаются внутри центров континентального уровня, установленных с использованием порога 70го перцентиля. И наоборот, 200 глобальных эко-регионов покрывают значительно большую часть центров с порогом 70го перцентиля, и поэтому невозможно полное покрытие центрами зона этих 200 глобальных эко-регионов. Для большинства глобальных схем приоритетов перекрытия с континентальными центрами намного выше, чем с региональными или национальными. Это особо явно заметно для девственных лесных ландшафтов, и в менее явной степени для Точек биологического разнообразия ФПВЭ, 200 глобальных эко-регионов и важнейших ареалов обитания СПМФК6. Занятно то, что перекрытие между КТБР и центрами биологического разнообразия схожи на всех географических уровнях. На всех географических уровнях и количественных порогах не менее 78% центров расположены согласно глобальным схемам приоритетов, включая 99% континентальных центров с использованием порога 90го перцентиля.

Таблица 4: Пропорции крупных центров биологического разнообразия континентального уровня внутри каждого биома

ТАБЛИЦА 4: ПРОПОРЦИИ КРУПНЫХ ЦЕНТРОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО УРОВНЯ ВНУТРИ КАЖДОГО БИОМА ДЛЯ ТРЕХ РАЗНЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОРОГОВ И ТРЕХ РАЗНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ, ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОКОГО ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

БИОМ	КОНТИНЕНТАЛЬНЫЙ			РЕГИОНАЛЬНЫЙ			НАЦИОНАЛЬНЫЙ		
	ВЕРХНИЕ 10	ВЕРХНИЕ 20	ВЕРХНИЕ 30	ВЕРХНИЕ 10	ВЕРХНИЕ 20	ВЕРХНИЕ 30	ВЕРХНИЕ 10	ВЕРХНИЕ 20	ВЕРХНИЕ 30
Бореальные леса/Тайга	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
Пустыни и ксерические кустарники	0,01	0,03	0,05	0,11	0,14	0,16	0,15	0,17	0,19
Затопляемые луга и саванны	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Мангры	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Горные луга и кустарники	0,11	0,10	0,12	0,21	0,19	0,18	0,21	0,19	0,18
Скалы и льды	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Лиственные и смешанные леса умеренного пояса	0,04	0,04	0,05	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08	0,08
Хвойные леса умеренного пояса	0,05	0,05	0,05	0,10	0,07	0,07	0,10	0,07	0,07
Луга умеренного пояса, саванны и кустарники	0,00	0,00	0,01	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07
Хвойные леса тропического и субтропического пояса	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Сухие лиственные леса тропического и субтропического пояса	0,04	0,07	0,09	0,02	0,04	0,05	0,01	0,03	0,04
Луга, саванны и кустарники тропического и субтропического пояса	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Влажные лиственные леса тропического и субтропического пояса	0,72	0,68	0,59	0,38	0,38	0,36	0,34	0,36	0,35

Таблица 5: Перекрытие между показателями биологического разнообразия предыдущих глобальных схем приоритетов и крупными центрами биологического разнообразия данного анализа

ТАБЛИЦА 5: ПЕРЕКРЫТИЕ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПРЕДЫДУЩИХ ГЛОБАЛЬНЫХ СХЕМ ПРИОРИТЕТОВ И КРУПНЫМИ ЦЕНТРАМИ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ДАННОГО АНАЛИЗА. РЕЗУЛЬТАТЫ ПОКАЗАНЫ ДЛЯ ТРЕХ РАЗНЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОРОГОВ, ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРУПНЫХ ЦЕНТРОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ. ЦИФРЫ СЛЕВА ОТ КОСОЙ ЧЕРТОЧКИ - ЭТО ПРОПОРЦИИ ОБЩЕЙ ПЛОЩАДИ ПОКАЗАТЕЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ В ПЕРЕКРЫТИИ С КРУПНЫМИ ЦЕНТРАМИ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ; ЦИФРЫ СПРАВА - ПРОПОРЦИИ ОБЩЕЙ ПЛОЩАДИ ЦЕНТРОВ В ПЕРЕКРЫТИИ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

ПОКАЗАТЕЛИ ГЛОБАЛЬНЫХ СХЕМ ПРИОРИТЕТОВ	КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ ЦЕНТРЫ			РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЦЕНТРЫ			НАЦИОНАЛЬНЫЕ ЦЕНТРЫ		
	ВЕРХНИЕ 10	ВЕРХНИЕ 20	ВЕРХНИЕ 30	ВЕРХНИЕ 10	ВЕРХНИЕ 20	ВЕРХНИЕ 30	ВЕРХНИЕ 10	ВЕРХНИЕ 20	ВЕРХНИЕ 30
Точки биологического разнообразия МСОП	0.31 / 0.85	0.56 / 0.76	0.67 / 0.61	0.21 / 0.58	0.34 / 0.47	0.44 / 0.41	0.20 / 0.54	0.32 / 0.44	0.43 / 0.39
Девственные лесные ландшафты	0.59 / 0.11	0.83 / 0.08	0.91 / 0.06	0.36 / 0.07	0.52 / 0.05	0.59 / 0.04	0.38 / 0.07	0.52 / 0.05	0.57 / 0.04
Важнейшие ареалы обитания СПМФК6	0.32 / 0.63	0.52 / 0.50	0.65 / 0.42	0.25 / 0.48	0.41 / 0.40	0.52 / 0.34	0.24 / 0.47	0.40 / 0.39	0.51 / 0.33
200 глобальных эко-регионов	0.17 / 0.76	0.31 / 0.71	0.44 / 0.66	0.15 / 0.71	0.30 / 0.67	0.41 / 0.63	0.15 / 0.68	0.28 / 0.65	0.40 / 0.61
КТБР	0.29 / 0.31	0.44 / 0.24	0.58 / 0.21	0.29 / 0.32	0.47 / 0.25	0.56 / 0.20	0.30 / 0.32	0.47 / 0.25	0.57 / 0.20
Все схемы вместе	0.17 / 0.99	0.33 / 0.96	0.45 / 0.90	0.16 / 0.92	0.29 / 0.85	0.40 / 0.79	0.15 / 0.90	0.28 / 0.83	0.40 / 0.78

ПРОТЯЖЕННОСТЬ ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ ЛИ

Мы установили более 81 000 км предполагаемых ЛИ соответственно крупным международным инициативам экономического развития Азии (Таблица 6, Рисунок 8). Примерно 36 000 км (44%) из них - предполагаемые железнодорожные магистрали, за ними следуют автомагистрали (~28,000 км; 34%) и ЛЭП (~18,000 км; 22%). 62% протяженности предполагаемых ЛИ - это новые пути и 36% - проекты усовершенствования существующих. Наибольшая протяженность предполагаемых железнодорожных магистралей пройдет через Южную и Восточную Азию (особенно Пакистан, Монголию и Афганистан), но страны с наибольшей плотностью предполагаемых железнодорожных магистралей расположены в основном в Юго-Восточной Азии (включая Сингапур, Вьетнам и Лаос). Наибольшая протяженность предполагаемых автомагистралей расположены в Южной и Юго-Восточной Азии, в частности в Мьянме, Индии, Пакистане и Бангладеш. Страны в данном регионе также имеют самую высокую плотность предполагаемых автомагистралей, включая дополнительно некоторые страны Юго-Восточной Азии, как Камбоджа и Лаос в начале списка. Страны в Восточной Азии (Китай и Монголия) и Юго-Восточной Азии (Камбоджа и Лаос) имеют наибольшую протяженность ЛЭП, а страны Юго-Восточной Азии имеют самую высокую плотность предполагаемых ЛЭП (Камбоджа, Лаос, Бруней и Малайзия). По всем режимам ЛИ наибольшую протяженность предполагаемых ЛИ имеют в основном страны Южной и Восточной Азии (Пакистан, Монголия и Китай), но наибольшая плотность отмечается в основном в странах Юго-Восточной Азии (Камбоджа, Лаос и Вьетнам).

Таблица 6: Протяженность предполагаемых проектов ЛИ в Азии

ТАБЛИЦА 6: ПРОТЯЖЕННОСТЬ ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ ПРОЕКТОВ ЛИ В АЗИИ ПО ИНФРАСТРУКТУРНОМУ РЕЖИМУ (Ж/Д МАГИСТРАЛИ, АВТОМАГИСТРАЛИ, ЛЭП) И ТИПУ ПРОЕКТА (НОВЫЙ ПУТЬ ИЛИ ПРОЕКТ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ)				
РЕЖИМ ЛИ	ТИП ПРОЕКТА	ОБЩАЯ ПРОТЯЖЕННОСТЬ (КМ)	ВЕРХНИЕ 5 СТРАН ПО ПРОТЯЖЕННОСТИ ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ ЛИ	ВЕРХНИЕ 5 СТРАН ПО ПЛОТНОСТИ ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ ЛИ
Железнодорожная магистраль	Усовершенствование	8,648		
	Новые	27,051	Пакистан, Монголия, Афганистан, Таиланд, Китай	Сингапур, Вьетнам, Афганистан, Бангладеш, Лаос
	Неясно	0		
	Все типы проектов	35,698		
Автомагистраль	Усовершенствование	20,402		
	Новые	5,560	Мьянма, Индия, Пакистан, Бангладеш, Афганистан	Бангладеш, Камбоджа, Мьянма, Лаос, Таджикистан
	Неясно	1,957		
	Все типы проектов	27,919		
Магистраль ЛЭП	Усовершенствование	0		
	Новые	17,991	Китай, Камбоджа, Лаос, Монголия, Япония	Камбоджа, Лаос, Бруней, Япония, Малайзия
	Неясно	0		
	Все типы проектов	17,991		
	Усовершенствование	29,050		

Все режимы ЛИ	Новые	50,602	Пакистан, Монголия,	Камбоджа, Сингапур,
	Неясно	1,957	Китай, Афганистан,	Бангладеш, Лаос,
	Все типы проектов	81,608	Мьянма	Вьетнам

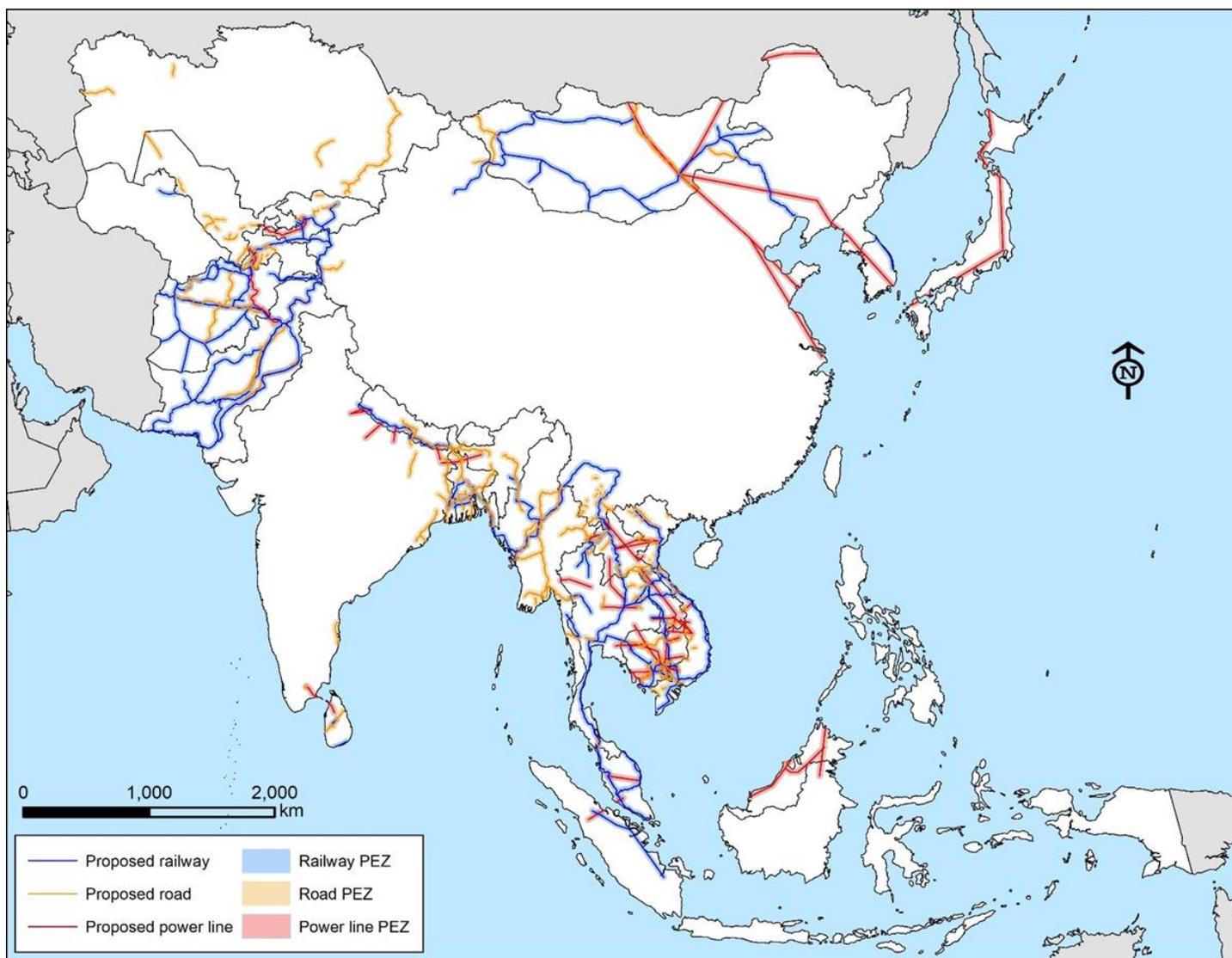


Рисунок 8: Пути и потенциальные зоны влияния (ПЗВ) предполагаемых проектов линейной инфраструктуры в Азии.

ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ЛИ НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ

Степень перекрытия центром биологического разнообразия и ПЗВ зависит от режима ЛИ и определения центра (напр., географический уровень и количественный порог КИБР), как показано на Таблица 7. ПЗВ всех режимов ЛИ пересекают 12-20% центров в зависимости от определения этих центров (Рисунок 9, Рисунок 10). ПЗВ ж/д магистралей пересекают 7-12% центров, ПЗВ автомагистралей пересекают 4-9% центров, а ПЗВ ЛЭП - 2-6% центров. Для всех определений центров, ПЗВ ж/д магистралей имеют наибольшую степень перекрытия с зонами центров, затем следуют ПЗВ автомагистралей, а затем ПЗВ ЛЭП. Наибольшие площади перекрытия центров биологического разнообразия национального и регионального уровня с ПЗВ расположены в странах Восточной и Южной Азии, в частности в Китае, Индии, Пакистане и Афганистане. Наибольшие площади перекрытия континентального уровня расположены в странах Юго-Восточной Азии, особенно в Лаосе, Мьянме, Камбодже и Малайзии. Однако, рассматривая пропорции центров биологического разнообразия внутри страны, где они перекрывают ПЗВ (в отличие от общей площади перекрытия), стоит отметить, что наибольший потенциал влияния наблюдается в меньших странах Южной и Юго-Восточной Азии, таких как Непал, Бангладеш, Лаос, Камбоджа и Вьетнам.

ПЗВ пересекаются с 363 ОТ категорий строгого природного заповедника (1а) или природного заповедника (1б) МСОП (Таблица 8). Свыше 25 000 км² ОТ категории 1а и 1б расположены в ПЗВ, что составляет примерно 8% общей площади этих ОТ. ПЗВ автомагистралей пересекают наибольшее количество ОТ из всех трех режимов ЛИ, но ПЗВ ЛЭП пересекают наибольшую площадь этих ОТ.

Таблица 7: Пропорции общей площади центров биологического разнообразия внутри потенциальных зон влияния (ПЗВ) предполагаемых путей линейной инфраструктуры.

ТАБЛИЦА 7: ПРОПОРЦИИ ОБЩЕЙ ПЛОЩАДИ ЦЕНТРОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ВНУТРИ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ЗОН ВЛИЯНИЯ (ПЗВ) ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ ПУТЕЙ ЛИНЕЙНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ. РЕЗУЛЬТАТЫ ОТОБРАЖЕНЫ ДЛЯ КАЖДОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕНТРОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И КАЖДОГО ИЗ РЕЖИМОВ ЛИ						
ЦЕНТРЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ	ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ МАГИСТРАЛЬ	АВТОМАГИСТРАЛЬ	МАГИСТРАЛЬ ЛЭП	ВСЕ РЕЖИМЫ ЛИ	ВЕРХНИЕ 5 СТРАН ПО ПЛОЩАДИ (ВСЕ РЕЖИМЫ)	ВЕРХНИЕ 5 СТРАН ПО ПРОПОРЦИЯМ (ВСЕ РЕЖИМЫ)
Национальные, верхние 10%.	0,10	0,06	0,02	0,16	Китай, Индия, Пакистан, Казахстан, Афганистан	Непал, Лаос, Бангладеш, Вьетнам, Пакистан
Национальные, верхние 20%	0,10	0,05	0,02	0,15	Китай, Индия, Монголия, Пакистан, Афганистан	Непал, Лаос, Бангладеш, Камбоджа, Вьетнам
Национальные, верхние 30%	0,09	0,05	0,02	0,15	Китай, Монголия, Индия, Пакистан, Афганистан	Непал, Лаос, Бангладеш, Камбоджа, Вьетнам
Региональные, верхние 10%.	0,07	0,06	0,03	0,13	Китай, Индия, Непал, Малайзия, Казахстан	Бангладеш, Лаос, Непал, Камбоджа, Кыргызстан
Региональные, верхние 20%	0,07	0,05	0,03	0,12	Китай, Индия, Малайзия, Непал, Казахстан	Лаос, Камбоджа, Бангладеш, Непал, Шри Ланка
Региональные, верхние 30%	0,07	0,04	0,02	0,12	Китай, Индия, Малайзия, Монголия, Непал	Лаос, Камбоджа, Бангладеш, Непал, Шри Ланка
Континентальные, верхние 10%	0,12	0,07	0,06	0,20	Малайзия, Камбоджа, Индия, Лаос, Индонезия	Бангладеш, Непал, Лаос, Камбоджа, Вьетнам
Континентальные, верхние 20%	0,12	0,09	0,06	0,20	Лаос, Мьянма, Малайзия, Камбоджа, Китай	Лаос, Камбоджа, Вьетнам, Бангладеш, Непал
Континентальные, верхние 30%	0,11	0,08	0,05	0,18	Мьянма, Лаос, Камбоджа, Таиланд, Малайзия	Камбоджа, Лаос, Бангладеш, Вьетнам, Бруней

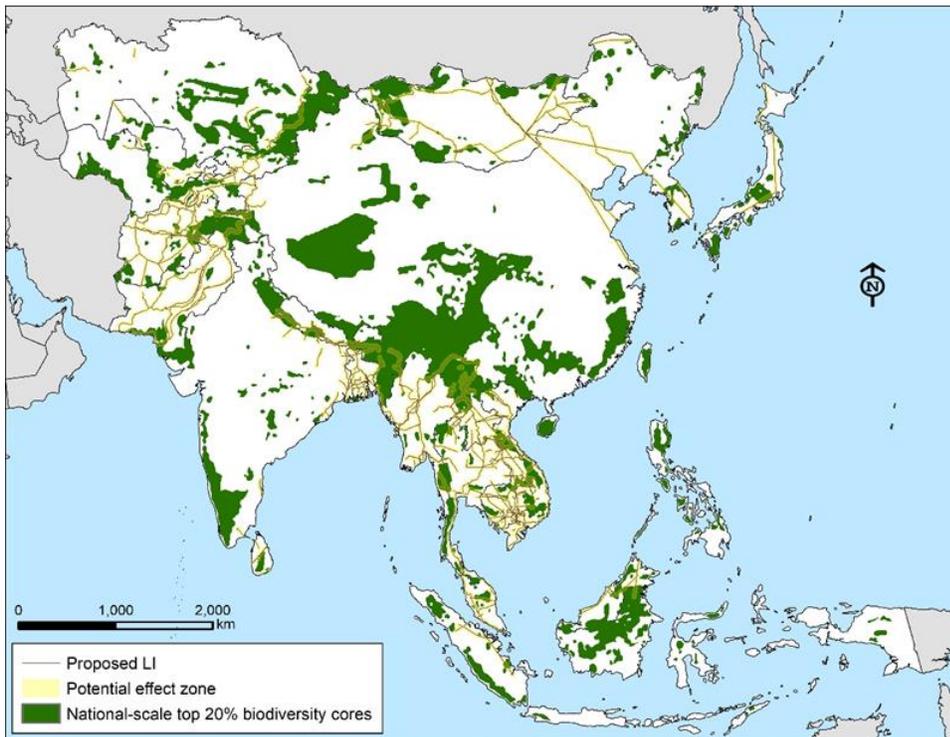
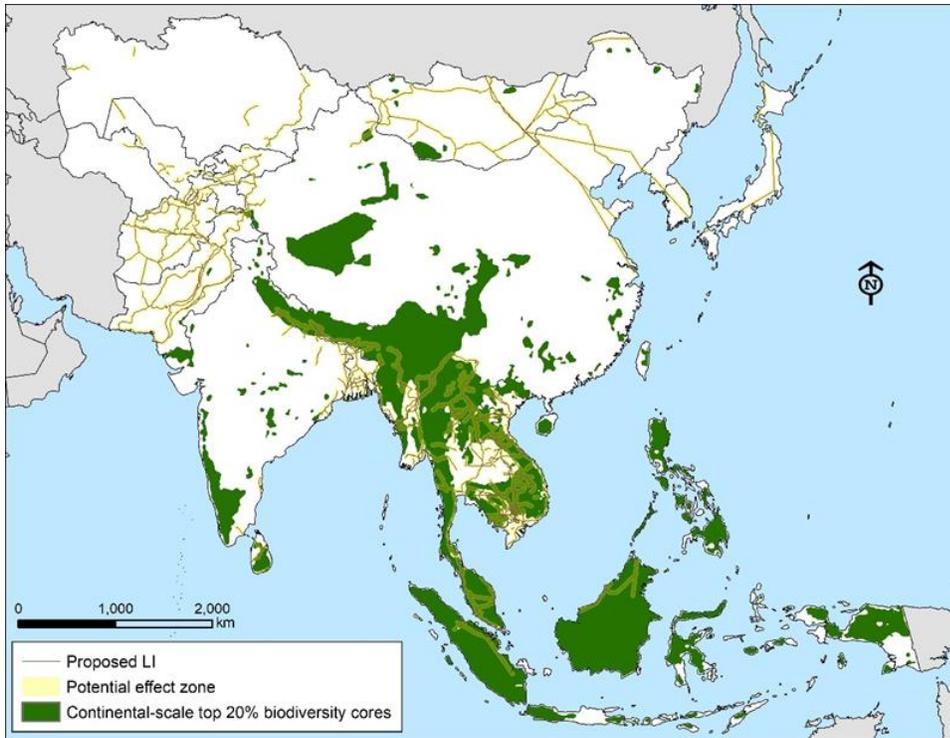


Рисунок 9: Перекрывание потенциальных зон влияния (ПЗВ) предполагаемых путей ЛИ (всех режимов) и верхних 20% центров биологического разнообразия континентального уровня (верхняя панель) и национального уровня (нижняя панель).

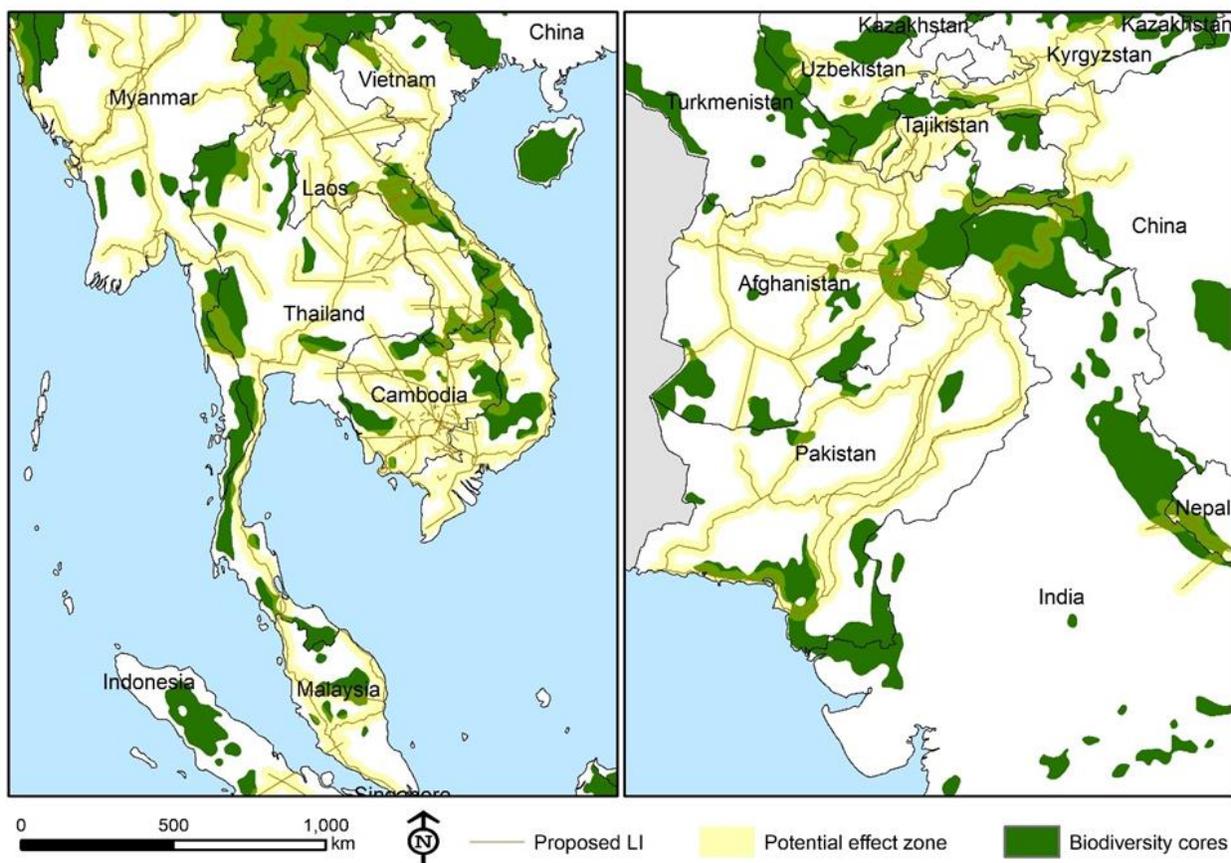


Рисунок 10: Перекрытие потенциальных зон влияния (ПЗВ) предполагаемых путей ЛИ и центров биологического разнообразия внутри отдельных регионов Азии. Центры биологического разнообразия, отображенные здесь, основаны на верхних 20% показателей КИБР на национальном уровне. Отображаемые пути ЛИ включают все три режима (автомагистрали, железнодорожные магистрали и ЛЭП).

Таблица 8: Перекрытие потенциальных зон влияния (ПЗВ) предполагаемых путей ЛИ и охраняемых территорий

ТАБЛИЦА 8: ПЕРЕКРЫТИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ЗОН ВЛИЯНИЯ (ПЗВ) ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ ПУТЕЙ ЛИ И ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ (КАТЕГОРИЙ МСОП 1А И 1Б)			
РЕЖИМ ЛИ	КОЛИЧЕСТВО ОТ ВНУТРИ ПЗВ	ПЛОЩАДЬ ПЕРЕКРЫТИЯ (КМ ²)	ПРОПОРЦИИ ПЛОЩАДИ ОТ ВНУТРИ ОБЩИХ ПЗВ
Железнодорожная магистраль	156	9,119	0,028
Автомагистраль	184	6,254	0,019
Магистраль ЛЭП	132	13,014	0,041
Все режимы ЛИ	363	25,295	0,079

ОБСУЖДЕНИЕ

Мы составили карты значений биологического разнообразия по всей Азии и определили крупные центры биологического разнообразия, которые позволят АМРСША разрабатывать информированные стратегии по отношению к неопасному для дикой природы строительству ЛИ и уменьшению рисков. При сопоставлении центров биологического разнообразия и путей предполагаемых автомагистралей, железнодорожных путей и ЛЭП, мы выявили территории, для которых развитие будущих ЛИ представляет наибольшую угрозу биологическому разнообразию. Наши результаты отражают спектр возможных приоритетов по охране, избеганию, минимизации и уменьшению рисков влияния будущих строительных ЛИ по трем географическим уровням: по всей Азии, регионально и национально.

Одним из способов применения карт центров в данном анализе служит слой избегания для размещения будущих проектов ЛИ таким образом, чтобы это способствовало охране местностей с наибольшим биологическим разнообразием в 28 азиатских странах зоны исследования. Мы выделили крупные центры биологического разнообразия с использованием трех порогов, утверждающих о высоком значении биологического разнообразия - центры, покрывающие примерно 10%, 20% или 30% континента. Такой подход позволяет АМРСША гибко определять размах усилий по уменьшению конфликтов между ЛИ и биологическим разнообразием. Наиболее строгое определение центров биологического разнообразия в данном анализе (напр., порог 90го перцентиля) может быть уместным там, где ресурсы охраны природы ограничены и должны использоваться в потенциальных конфликтах ЛИ с небольшими наборами территорий с исключительным биологическим разнообразием. Однако, существует нарастающее соглашение о том, что большие участки Земли, возможно до 30-50%, будут нуждаться в охране для остановки кризиса вымирания и избегания наихудших эффектов изменения климата. Стратегический план Конвенции о биологическом разнообразии 2011-2020 годов призывает все подписавшие ее страны сохранять не менее 17% суши и внутренних вод, а также 10% береговых и морских зон в пределах хорошо соединенных систем ОТ. Совсем недавно движения Половина Земли(Wilson, 2016), Природе нужна половина(Locke, 2014) и Тридцать на Тридцать(Dinerstein et al., 2019) призвали к более амбициозным целям по охране биологического разнообразия и получили поддержку среди ученых и практиков. Поэтому, более свободное определение центров биологического разнообразия (напр., порогов 80х или 70х перцентилей нашего анализа) могут быть более схожи с существующими настроениями, или, как минимум, служить вдохновляющей целью.

Наши результаты подчеркивают влияние географического уровня при оценке приоритетов охраны. Широтный градиент биологического разнообразия определяет обширное тяготение глобальных приоритетов к низко-широтным тропическим биомам, где численность видов наиболее высока. Континентальный уровень карт КИБР, предложенный в данном исследовании, также предполагает концентрацию территорий с наибольшим биологическим разнообразием в районе Юго-Восточной и Южной Азии. Однако, региональный и национальный уровни приоритетов значительно отличаются и охватывают более широкий спектр биомов, а также намного большую часть Центральной и Восточной Азии. Результаты на разных географических уровнях могут по-разному применяться в планировании ЛИ и уменьшении рисков; например, местные или национальные программы охраны могут базироваться на картах национальных центров, тогда как карты континентальных центров способны информировать и направлять

стратегии охраны АМРСША по всей Азии. Территории центров, общие для всех географических уровней, - идеальны для фокусировки первичных усилий по охране.

Подход, использованный нами для разработки КИБР и идентификации крупных центров биологического разнообразия, основан на идее консенсуса между многими различными источниками данных о биологическом разнообразии. Мы признаем, что существует много повторений между источниками данных, которые мы использовали для расчета КИБР (напр., многие основаны на численности видов как базе для определения значения биологического разнообразия), но мы предприняли попытку минимизировать повторы путем удаления некоторых сопоставимых слоев. Отклонения значений биологического разнообразия среди слоев в некоторых частях Азии (Рисунок 4, слева снизу) подразумевают включение остальными слоями независимой и дополняющей информации. Более того, наличие высокой степени согласия между слоями зон с наибольшими значениями КИБР (Рисунок 4, снизу справа) усиливает данное мнение о том, что эти зоны являются приоритетными в охране биологического разнообразия и не особо подвержены влиянию того, каким способом оценивалась степень биологического разнообразия.

При подсчете КИБР мы учли все слои биологического разнообразия по равному принципу, в первую очередь, потому что перед нами не стояла цель оценки относительной важности слоев. Однако, будущие исследования могут привести к назначению иного веса индивидуальным слоям при подсчете среднего значения биологического разнообразия, вес которых отразит степень того, насколько слои отображают индивидуальные цели охраны биологического разнообразия, или, возможно, отображают достоверность данных, указанную в пространственном разрешении или давность сбора данных.

Пространственное перекрытие зон центров и показателей биологического разнообразия существующих глобальных схем приоритетов сильно варьируется, и существует несколько возможных причин того, что это соответствие низко в некоторых случаях. Во-первых, различия пространственного уровня (глобального от континентального, регионального или национального) скорее всего ведет к некоторым различиям в приоритетах. Во-вторых, элементы биологического разнообразия, указанные в глобальных схемах приоритетов неидентичны тем, что мы использовали в своих слоях биологического разнообразия; например, численность видов растений и необычные экологические или эволюционные феномены являются показателями глобальных схем приоритетов, но не включены в использованные нами слои, которые в целом нацелены на сухопутную фауну. В-третьих, общая площадь показателей биологического разнообразия и центров, установленных в данном анализе, иногда весьма различны, что делает высокую степень перекрытия между ними невозможной. Несмотря на это, пространственное распространение показателей биологического разнообразия и центров в целом схоже и в принципе все центры имеют перекрытие не менее, чем с одной из глобальных схем приоритетов.

УГРОЗЫ БИОЛОГИЧЕСКОМУ РАЗНООБРАЗИЮ

Наш анализ выделил несколько важных характеристик предполагаемых проектов развития ЛИ в Азии. Предполагаемые автомагистрали являются основным компонентом угрозы биологическому разнообразию со стороны ЛИ, но угрозы от ЛИ других режимов могут быть не менее важны. Общая протяженность предполагаемых автомагистралей, идентифицированных

нами в Азии, меньше протяженности ж/д магистралей, которым уделено меньше внимания сторонниками охраны природы и исследователями во многих регионах, и чье влияние на биологическое разнообразие не настолько ясно (Popp & Boyle, 2017). Магистралей ЛЭП были полностью исключены из большинства оценок влияния ЛИ на биологическое разнообразие, а наше исследование предполагает, что их влияние может быть весомым. ЛЭП составляют более одной пятой общей протяженности предполагаемых ЛИ, определенных в нашем анализе, и сконцентрированы в основном в Юго-Восточной Азии, где степень биологического разнообразия весьма высока. Предполагаемые пути ЛЭП также могут иметь большой потенциал влияния на ОТ согласно выводам нашего анализа. Эти наблюдения указывают на то, что ж/д магистралям и магистралям ЛЭП следует уделить большее внимание при оценке угроз ЛИ биологическому разнообразию, в частности в регионах, где влияние развития ЛИ предполагаемых автомагистралей в меньшинстве.

Охват развития ЛИ особо возрастает в Юго-Восточной Азии, что соответствует 18% общей площади, но также включает 37% общей протяженности предполагаемых ЛИ. Это особо тревожно в соответствии с выводом нашего исследования о том, что центры биологического разнообразия континентального уровня также сконцентрированы в Юго-Восточной Азии. Угрозы со стороны развития ЛИ в некоторых зонах данного региона получили хорошее освещение в прессе, а также достаточное внимание исследователей, потому что влияют на экосистемы или виды, широко признанные приоритетами по охране, таких как Сердце Борнео и экосистема Лесер Суматры. И все же, многие менее известные зоны Юго-Восточной Азии имеют высокое значение биологического разнообразия и планы развития ЛИ, но угроза в данных зонах привлекает намного меньше внимания. Например, Камбоджа, Лаос и Вьетнам имеют несколько из наивысших перекрытий центров биологического разнообразия с предполагаемыми ЛИ, но упоминаются намного менее часто в дискуссиях об угрозах развития ЛИ; хотя усилия наподобие Трекера Инфраструктуры Меконга (Stimson Center, 2021) помогают изменить это.

Более недавние анализы влияния развития ЛИ в Азии фокусировались на проектах, связанных с инициативой Один пояс и один путь Китая или ОПОП (Foggin et al., 2021; Hughes, 2019; Hughes et al., 2020; Lechner et al., 2018; Ng et al., 2020). Проекты ОПОП весьма распространены географически, получили весьма широкое освещение в прессе, имеют важное геополитическое значение и присутствуют в существующих пространственных базах данных, что в целом придает вес вниманию, которое они получают. Однако, наш анализ подразумевает, что угрозы развития ЛИ биологическому разнообразию в Азии распространяются далеко за пределы ОПОП. Только 34% общей протяженности предполагаемых путей ЛИ в нашем анализе связаны с ОПОП. Остальные две трети развития предполагаемых ЛИ являются частью региональных инициатив, таких как Южно-Азиатская субрегиональная программа экономического сотрудничества (ЮАСЭС), Программа субрегионального экономического сотрудничества стран Центральной Азии (РЭЦЦА), Программа субрегиона Большого Меконга (ПСБМ) и Ассоциации стран Юго-Восточной Азии (АСЕАН). Небольшое количество проектов были связаны с ОПОП и иными международными инициативами (напр., ЮАСЭС, АСЕАН). Кроме того, некоторые страны Азии имеют амбициозные планы по развитию ЛИ, которые будут финансироваться правительством этих стран, а соответственно не были включены в нашу оценку, которая фокусировалась на международных инициативах экономического развития. Например, территории Индии и Китая выглядят сравнительно пустыми на наших картах предполагаемых ЛИ (Рисунок 8), но сети ЛИ в данных странах расширяются быстро и односторонне. По предварительным расчетам к 2050 году в

Индии будет проходить 40% всей железнодорожной деятельности планеты, а уже к 2030 в нее будет инвестировано 715 миллиардов долларов США (IBEF, 2021a). Правительство Индии включило 42 миллиарда долларов США в бюджет 2021-22 года на финансирование схемы распределения электроэнергии (IBEF, 2021b), а также финансирование 19 500 км дорог и проектов высотного строительства (Chakravarty, 2021). В Китае дорожные карты Центрального комитета Коммунистической партии и Государственного Совета призывают к расширению национальной железнодорожной сети до 200 000 км и сети автодорог до 460 000 км в ближайшие 15 лет (Wang, 2021). Отслеживание планов развития ЛИ инициатив национального и суб-национального уровня будет необходимым для характеристики угрозы биологическому разнообразию со стороны развития ЛИ в Азии.

ДЛЯ БОЛЕЕ ПОЛНОГО ПОНИМАНИЯ УГРОЗ ЛИ

Наш анализ предлагает основу понимания общего охвата и географического распределения потенциального влияния ЛИ на биологическое разнообразие в Азии. Она складывается из существующих анализов влияния ЛИ в Азии, включая проекты ЛИ помимо ОПОП, учитывая влияние ЛЭП и синтезируя информацию о биологическом разнообразии из разных источников, для составления комплексного индекса биологического разнообразия, который весьма удобен для использования в планировании ЛИ. Но, при этом, наш анализ все же весьма ограничен тремя аспектами пространственных данных о ЛИ в Азии:

1. Доступность. Получение пространственных данных о предполагаемых проектах ЛИ было самым затратным по времени и самым проблематичным аспектом данного исследования. Изначально мы ожидали, что многосторонние банки развития смогут предоставить данные в формате географического пространства по предполагаемым проектам ЛИ, которые они финансируют, но эти данные оказались организованными не систематично. И, поскольку сопоставление данных по всем предполагаемым проектам ЛИ в Азии оказалось невозможным, мы сфокусировали свое внимание на проектах, связанных с международными инициативами экономического развития, для которых были доступны карты в отчетах и на сайтах для ручного конвертирования данных о путях в цифровой формат. Нехватка таких пространственных данных предполагаемых путей ЛИ означает, что наш анализ включает только образцы потенциального влияния проектов ЛИ на биологическое разнообразие в Азии, и может быть нацелен только на проекты с наиболее доступной информацией. Понятные и регулярно обновляемые базы данных проектов ЛИ составляются и ведутся спонсорами и разработчиками проектов ЛИ, и могут заметно влиять на целостность будущих исследований потенциального влияния ЛИ.
2. Детализация проектов. Источники информации, использованные для базы данных предполагаемых проектов ЛИ, заметно варьируются по степени детализации, предложенной в характеристике ЛИ. По некоторым проектам нам не удалось выяснить информацию более детальную, чем режим ЛИ. Дополнительная информация по характеристике ЛИ, такая как, например, количество полос и предполагаемый объем дорожного движения, ширина ж/д колеи или напряжение ЛЭП, могла бы способствовать более точной оценке потенциального влияния. Например, мы учли все предполагаемые проекты автомагистралей, как равные по степени угрозы биологическому разнообразию определенной территории, но анализ с учетом таких деталей, как двухполосное неразделенное дорожное полотно или четырехполосное разделенное (которые

оказывали бы разное влияние на виды и экосистемы), предоставил бы больше информации для разработки ЛИ и охраны дикой природы.

3. Точность пространственных данных. Мы использовали буферную зону вокруг предполагаемых путей ЛИ для определения потенциальных зон влияния этих путей (ПЗВ), что было необходимым из-за вероятно высокой степени погрешности, связанной с ручной оцифровкой путей с карт мелкого масштаба. Вследствие этого, остается неясным, пересекут ли напрямую пути предполагаемых ЛИ зоны высокого значения для охраны биологического разнообразия, такие как ОТ или центры биологического разнообразия, выявленные в данном анализе. Влияние развития ЛИ выходит далеко за пределы физического следа характеристик ЛИ; например, браконьерство и незаконная вырубка лесов, которые станут более доступными из-за наличия ЛИ, могут наблюдаться на больших расстояниях от автомагистралей и ж/д магистралей, и наш анализ на основе буферной зоны предлагает некое преимущество по оценке потенциального влияния на биологическое разнообразие подобный опосредованных и разбросанных типов влияния ЛИ. Однако, более точные пространственные данные предполагаемых путей ЛИ позволит идентифицировать зоны прямого влияния ЛИ на местную среду (напр., убой дикой фауны при столкновениях с транспортными средствами, электрический шок, шумовое загрязнение, сокращение миграционных коридоров дикой фауны).

И до тех пор, пока такие ограничения не будут устранены путем повышения доступности, детализации и точности пространственных данных ЛИ в Азии, мы считаем, что использование результатов нашего обобщенного анализа может служить инструментом для определения зон, требующих более точного анализа из-за высокой вероятности потенциального конфликта биологического разнообразия с предполагаемыми ЛИ. Крупномасштабный анализ должен основываться на (1) планах проектного уровня, характеризующих предполагаемые ЛИ как можно более детально; (2) получении пространственных данных, отображающих предполагаемый путь с максимальным количеством деталей, которые разработчики способны предоставить на данный момент; и (3) сочетать данные о биологическом разнообразии, собранные местно и с как можно большим пространственным разрешением, а также фокусирующихся на охране видов данной проектной территории. Такие задачи требуют усилий, не представляющихся нам возможными для применения нами по всей Азии, но обязательными для адекватной оценки потенциального влияния индивидуальных проектов ЛИ. Мы предлагаем шесть крупномасштабных анализов в Части II данного приложения, которые демонстрируют пример оценки влияния предполагаемых проектов ЛИ на вопросы охраны видов выборочно в некоторых ландшафтах внутри Азии.

ВКЛАД

Тайлер Крич (Центр по охране крупных ландшафтов [ЦОКЛ]) провел пространственный анализ и создал черновой вариант отчета. Грейс Стонсифер (ЦОКЛ) и Мэт Бэлл (Западный институт транспорта - Государственный университет Монтаны [ЗИТ]) провели сборку и оцифровку данных по предполагаемым путям ЛИ. Роб Эмент (ЦОКЛ/ЗИТ) и Тони Кливенджер (ЗИТ) оказали содействие в дизайне и оценке отчета.

ДОСТУПНОСТЬ ДАННЫХ

Продукты пространственных данных данного анализа центры биологического разнообразия данного анализа, включая центры биологического разнообразия, предполагаемые пути ЛИ и ПЗВ, хранятся в архиве библиотеки данных по развитию АМРСША.

ЧАСТЬ II: КРУПНОМАСШТАБНЫЙ АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ ЛИ НА ВЫБОРОЧНЫЕ АЗИАТСКИЕ ЛАНДШАФТЫ

Обобщенные типы анализов, такие как представленный в Части I данного приложения, полезны для определения общих зон, где влияние предполагаемых ЛИ на биологическое разнообразие может быть значительным. Однако такой анализ обычно не имеет высокой степени детализации и пространственного разрешения, необходимых для адекватной оценки потенциального влияния индивидуальных проектов ЛИ на виды или экосистемы, представляющие ценность для охраны дикой природы. Часть II предлагает шесть примеров крупномасштабного анализа в отношении уязвимых видов или таксонов, проведенных для данного отчета, и выделяет потенциальное влияние предполагаемых проектов развития ЛИ. Эти анализы являются быстрой оценкой, проведенной нами за короткое время с использованием доступных биологических данных и данных о ЛИ. Они были проведены в сотрудничестве с местными неправительственными организациями-партнерами (НПО), которые ведут деятельность в исследовании дикой природы и усилий по охране, а также являются экспертами в отношении влияния ЛИ на популяции дикой фауны.

Наши шесть анализов таксономически разнообразны, фокусируются на больших хищниках, копытных, птицах, пресмыкающихся и иных видах. Они рассматривают проекты ЛИ всех трех режимов (автомагистрали, ж/д магистрали и ЛЭП), а также новые пути и проекты усовершенствования. Эти анализы географически разнообразны, включая зоны исследования в Южной, Юго-Восточной, Восточной и Центральной Азии. Они основываются на нескольких типах биологических данных (напр., телеметрии дикой природы, мониторинге дорожного убоя, вычислениях плотности популяций и картах миграционных коридоров дикой фауны), а также спектре методов пространственного анализа. В дополнение к характеристике потенциального влияния нескольких крупных проектов ЛИ на уязвимые виды, эти крупномасштабные анализы предлагают пример того, как быстрая перспективная оценка способна выдать информацию для защиты биологического разнообразия.

Каждый из шести представленных ниже анализов является отдельным исследованием, но мы излагаем краткий синтез ключевых выводов из всех анализов в заключении Части II.

АНАЛИЗ I: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ ДОРОГ С АСФАЛЬТНЫМ ПОКРЫТИЕМ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕЙ НА ПОПУЛЯЦИИ СНЕЖНОГО БАРСА В МОНГОЛИИ

Снежный барс является самым крупным хищником, а также индикатором здоровья экосистем высокогорных районов Центральной и Южной Азии. Популяции снежного барса сократились по сравнению с историческими уровнями по всей территории их распространения из-за утраты ареалов обитания, браконьерства и влияния изменений климата. Монголия имеет вторую по величине популяцию снежного барса, - приблизительно 1 000 особей из 12 азиатских стран, где

распространен данный вид; и, кроме того, согласно Глобальной программе защиты экосистемы снежного барса три наиболее важных ландшафта расположены в Монголии(WWF, 2015). Недавно опубликованные данные наблюдения в Монголии говорят о стабилизации популяции снежного барса на данный момент(Bayandonoj et al., 2021), вероятно благодаря усилиям по охране наподобие браконьерских патрулей, программы компенсации утраты домашней скотины и общественных образовательных программ.

Несмотря на успехи усилий по охране популяции снежного барса, ей все еще угрожают многие факторы, и развитие ЛИ является наиболее существенным. Монголия богата минералами и иными полезными ископаемыми, в связи с чем ведется разработка крупной сети автодорог и ж/д магистралей для транспортировки данных ресурсов в соседние страны - Китай и Россию. Только 13% из 50 000 км дорог Монголии имеют асфальтное покрытие на данный момент, а будущее усовершенствование дорожной сети предполагает увеличение доступности на рынки и улучшение транспортного сообщения и безопасности для жителей страны(ADB, 2018a). Стратегия устойчивого развития Монголии 2030 призывает к расширению асфальтных дорог на 3 000 км и строительству нескольких ж/д магистралей для поддержки международного и местного транспортного сообщения и обслуживания сельскохозяйственного, промышленного и горного секторов экономики(Government of Mongolia, 2016).

ЛИ могут наносить вред популяции снежного барса тремя путями. Во-первых, они могут способствовать разрушению и фрагментации ареалов обитания снежного барса. Снежный барс избегает территорий с активной жизнедеятельностью человека(Wolf & Ale, 2009), а новые дороги и ж/д пути часто ведут к увеличению такой деятельности человека и плотности местного населения. Преобразование натуральных ареалов обитания в сельскохозяйственные угодья весьма вероятно при освоении фермерами земель вдоль автодорог и ж/д магистралей для облегчения транспортировки продукции(Diener & Batjav, 2019). Расширенная и усовершенствованная линейная инфраструктура также способствует наращиванию горной добычи в новых районах, которые вследствие станут менее пригодными для обитания снежного барса. Асфальтные дороги и ж/д пути также могут служить препятствиями на пути передвижения снежного барса, не допуская перемещение внутри ареалов обитания для поддержания генофонда и адаптации к изменениям климата(Snow Leopard Network, 2014).

Во-вторых, новая ЛИ и облегченный доступ и использование земель человеком, связанные с ней, могут привести к прямому убою снежного барса человеком. Браконьеры ведут охоту на снежного барса из-за его шкуры и костей, а также иных частей тела, используемых в народной медицине(Wingard & Zahler, 2006). Их также убивают из-за разорения стад домашней скотины(Jackson & Wangchuk, 2001).

В-третьих, увеличение присутствия человека и использования им земель вдоль новых дорог и ж/д магистралей может уменьшить количество добычи для снежного барса. Снежный барс обитает на территориях с высокой плотностью популяций копытных животных, а такие популяции могут уменьшиться вблизи транспортных коридоров из-за браконьерства, конкуренции с домашним скотом или разрушения ареалов обитания в связи с сельскохозяйственным освоением земель(WWF, 2015).

Здесь мы предлагаем быструю оценку потенциальных зон конфликта популяций снежного барса и предполагаемой ЛИ в Монголии. Наша цель - характеристика охвата и географическое

распространение угроз популяции снежного барса страны со стороны предполагаемых асфальтных дорог и ж/д магистралей, а также выделение зон, где требуется приложить особые меры по предотвращению нанесения наибольшего вреда.

МЕТОДЫ

Мы произвели пространственное наложение предполагаемых ЛИ с ареалами обитания снежного барса и прогнозируемыми миграционными путями снежного барса между ареалами. Мы получили пространственные данные по предполагаемым автомагистралям и ж/д магистралям (включая такие в стадии строительства на данный момент) от Монгольской программы Сообщества по охране природы. Мы получили пространственные данные по ареалам обитания и рассредоточенным миграционным коридорам снежного барса Монгольского офиса программы Всемирного фонда дикой природы. Эти данные о популяции снежного барса были получены в ходе недавно завершённой многолетней национальной оценки пространственного распространения и плотности популяции снежного барса в Монголии (Bayandonoi et al., 2021). Эта оценка проводилась путем наблюдения за признаками присутствия и методом видеорегистрации для создания слоистой карты плотности популяции снежного барса, которая классифицирует ареалы обитания на высокие, средние и низкие категории. Она также использовала наименее затратные модели путей для прогнозирования миграционных коридоров между изолированными территориями снежного барса, обусловленных топографическими особенностями и присутствием человека. Такие коридоры были разделены на пять категорий в зависимости от степени затратности для миграции снежного барса (т.е. количества энергии, необходимой для миграции).

Мы количественно определили потенциал влияния предполагаемых ЛИ на популяцию снежного барса двумя путями: (1) мы подсчитали общую протяженность предполагаемых асфальтных дорог и ж/д путей, пересекающих ареалы обитания снежного барса для каждой категории плотности, как потенциальный показатель разрушения ареалов обитания; (2) мы подсчитали количество точек пересечения предполагаемых асфальтных дорог и ж/д путей с наименее затратными коридорами миграции снежного барса, как потенциальный показатель потери сообщения ареалов. Мы создали карты обоих типов пересечения для лучшего иллюстрирования потенциальных проблем охраны природы на данных территориях. Так как на ОТ возможно применение усиленных мер по охране природы в проектах ЛИ, мы также выяснили, встречается ли такое пересечение ареалов обитания снежного барса с предполагаемыми ЛИ внутри ОТ согласно Глобальной базе данных об охраняемых территориях (UNEP-WCMC & IUCN, 2021).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Свыше 1 900 км предполагаемых ЛИ пересекут ареалы обитания снежного барса в Монголии, из которых примерно половина придется на автодороги и ж/д пути (Таблица 9). Большинство таких зон пересечения придется на ареалы со средней плотностью популяции, но около 370 км - на территориях с высокой плотностью, где влияние на популяцию снежного барса может оказаться очень серьезным. И хотя многие пересечения встречаются вдоль периферии ареалов обитания (напр., вблизи ущелий), предполагаемые ЛИ пересекут ареалы обитания насквозь в нескольких местах (Таблица 11). Длинная полоса практически непрерывного ареала обитания, расположенная по всей Алтайской горной системе между Северо-западной и Южной Монголией, будет пересекаться двумя предполагаемыми асфальтными автомагистралями (Городская дорога

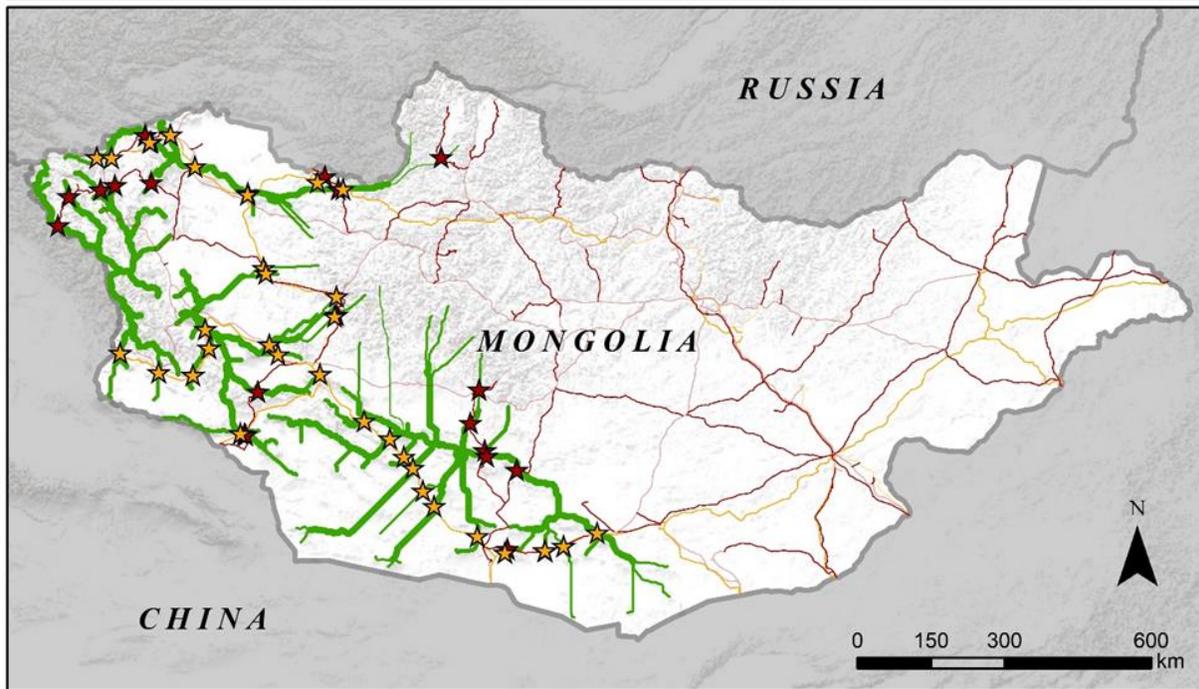
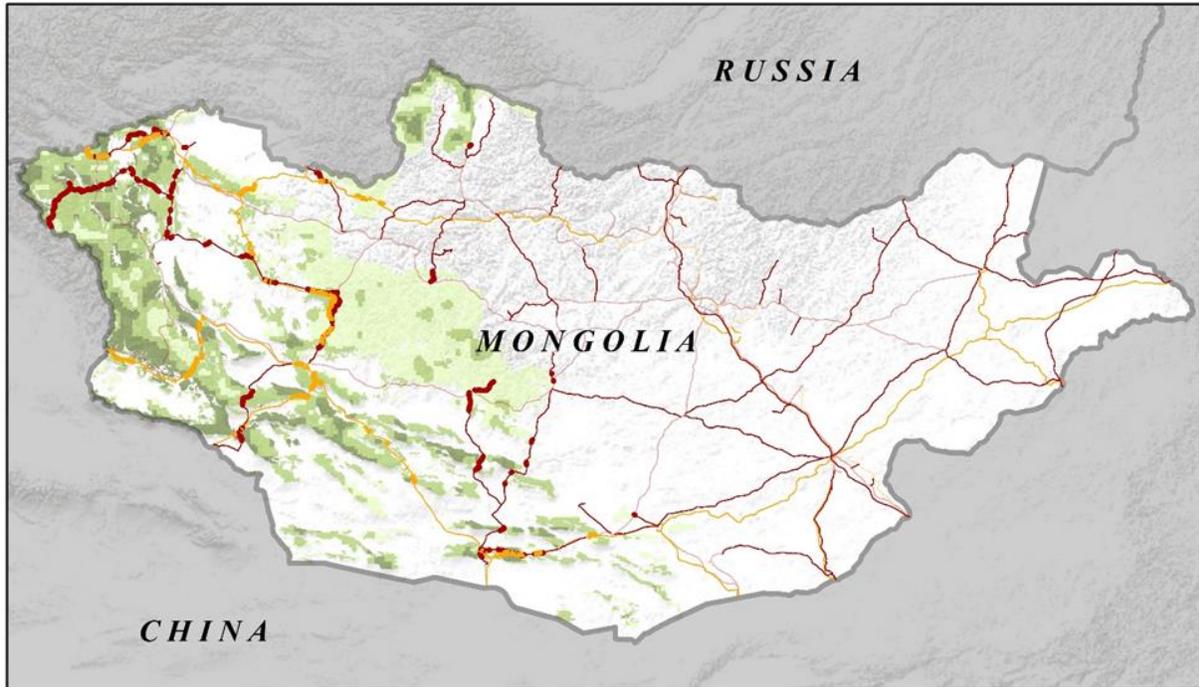
Баян-Улгий и автомагистрали Город Алтай-Бугат-Багарастай) и двумя предполагаемыми ж/д путями (ж/д Город Алтай-Багарастай и ж/д Город Алтай-Булган). Эти проекты строительства способны могут привести к фрагментации данного ареала обитания на множество меньших участков.

Приблизительно 200 км (10%) предполагаемых ЛИ внутри ареалов обитания снежного барса пройдут внутри ОТ, включая: 56 км предполагаемых асфальтных дорог внутри ареала обитания популяции средней плотности в Национальном парке Алтай Таван Богд; 37 км предполагаемых ж/д путей внутри ареала обитания популяции средней и низкой плотности в Национальном парке Маянган Угалзат; 28 км предполагаемых ж/д путей внутри ареала обитания популяции высокой и средней плотности в Национальном парке Их Богд Уул; и 16 км предполагаемых асфальтных дорог внутри ареала обитания популяции высокой и средней плотности в Национальном парке Хар Ус Нуур.

Предполагаемые ЛИ пересекут прогнозируемые коридоры миграции в 59 местах (Таблица9), многие из которых пролегают вдоль коридоров категории наименьшей затратности, которые наиболее вероятно будут использоваться для миграции. Если снежный барс воспримет такие асфальтные дороги и ж/д магистрали, как препятствие на пути перемещения, многие меньшие участки ареалов обитания могут оказаться изолированными от большей метапопуляции снежного барса. Предполагаемые ЛИ с наибольшим потенциалом создания угрозы разрушения ареалов обитания не обязательно являются теми же, что представляют наибольший потенциал потери сообщения между ареалами; например, предполагаемая ж/д дорога Город Алтай-Гурвантеш-Даланзадгад в южной Монголии пересечет сравнительно малое количество ареалов обитания, но разорвет II коридоры миграции.

Таблица9: Степень перекрытия предполагаемой линейной инфраструктуры (асфальтных дорог и ж/д путей) и территорий обитания снежного барса и его потенциальных коридоров миграции

ТАБЛИЦА 9: СТЕПЕНЬ ПЕРЕКРЫТИЯ ПРЕДПОЛАГАЕМОЙ ЛИНЕЙНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ (АСФАЛЬТНЫХ ДОРОГ И Ж/Д ПУТЕЙ) И ТЕРРИТОРИЙ ОБИТАНИЯ СНЕЖНОГО БАРСА И ЕГО ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ КОРИДОРОВ МИГРАЦИИ					
		ПРОТЯЖЕННОСТЬ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ С ТЕРРИТОРИЕЙ ОБИТАНИЯ (КМ)			
ПРЕДПОЛАГАЕМЫЙ ТИП ЛИ	ПЕРЕСЕЧЕНИЯ С КОРИДОРАМИ МИГРАЦИИ	УЧАСТКИ С НИЗКОЙ ПЛОТНОСТЬЮ	УЧАСТКИ СО СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТЬЮ	УЧАСТКИ С ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТЬЮ	ВСЕ УЧАСТКИ
Асфальтная дорога	25	284,3	488,4	204,5	977,2
Железнодорожная магистраль	34	208,0	561,5	164,0	933,5



- | | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| — Planned paved roads | ★ Railway-corridor intersections | Occupied areas |
| — Existing paved roads | ★ Road-corridor intersections | Low-density |
| — Planned/under construction railways | — Dispersal corridors | Medium-density |
| — Existing railways | | High-density |

Таблица 11: Зоны потенциального конфликта популяции снежного барса и предполагаемых асфальтных дорог и ж/д магистралей. Верхняя панель: перекрытие предполагаемой ЛИ и территорий обитания снежного барса. Участки предполагаемых частей ЛИ, перекрывающих территории обитания, выделены жирными линиями. Нижняя панель:

точки пересечения между предполагаемыми ЛИ и потенциальными коридорами миграции снежного барса. Жирные линии зеленого цвета отображают коридоры миграции, наиболее подходящие для перемещения снежного барса.

ОБСУЖДЕНИЕ

Наш анализ приводит к выводу, что предполагаемые ЛИ имеют потенциал оказать негативное влияние на популяцию снежного барса по всей Монголии. Если строительство новых асфальтных дорог и ж/д магистралей будет завершено, они пересекут несколько удаленных зон со сравнительно высокой плотностью популяции снежного барса, а также многие зоны со средней и низкой плотностью. Влияние развития ЛИ на популяцию снежного барса и его ареалы обитания будет зависеть от того, насколько усовершенствование и расширение ЛИ повысит давление со стороны жизнедеятельности человека, как, например, разработка горных месторождений, сельскохозяйственных угодий, браконьерство и сокращение популяций добычи. Сложно сделать вывод о том, насколько сильным может быть такое давление, но ранее совершенствованные дороги в Монголии способствовали последующей миграции человека в места новых поселений вдоль асфальтных дорог (Diener & Batjav, 2019), и стоит полагать, что данная тенденция продолжится. Возможность применить меры повышенной защиты снежного барса и иной дикой фауны вдоль ЛИ является более высокой там, где асфальтные дороги и ж/д магистрали пройдут по территории национальных парков и иных ОТ, управление которыми направлено именно на охрану популяций дикой фауны.

Влияние предполагаемых ЛИ на сообщение между ареалами обитания метапопуляции снежного барса в Монголии также может быть достаточно обширным, учитывая вывод нашего анализа о том, что многие коридоры миграции между участками таких ареалов могут быть разделены новыми асфальтными дорогами или ж/д магистралями. Потенциал потери сообщения между ареалами возрастает, если участки таких ЛИ становятся барьерами на пути перемещения снежного барса, но это может также зависеть от специфических характеристик дорог и ж/д путей, а также реакции снежного барса на них. Например, ширина дорожного полотна и объем дорожного движения являются важными условиями определения того, каким образом многие виды дикой фауны будут пытаться пересекать эти дороги (Jacobson et al., 2016), но влияние таких факторов на поведение снежного барса изучено мало. И наподобие того же, возведение перегородок вдоль автодорог и ж/д путей служит еще большим барьером на пути миграции многих видов (McInturff et al., 2020). Согласно существующим стандартам, ж/д пути в Монголии огораживаются колючей проволокой, что уже привело к снижению подвижности и увеличению смертности (вследствие запутывания в этой сетке) таких кочующих видов копытных, как кулан, джейран и дзерен (Batsaikhan et al., 2014). Такое негативное влияние на популяции копытных может повлиять на популяцию снежного барса из-за снижения численности популяции их добычи. Однако остается неясным, является ли такое ограждение колючей проволокой ж/д путей барьером для миграции снежного барса или же прямой угрозой жизни особей.

Наша быстрая оценка пространственных данных выделила территории с наиболее вероятным влиянием на популяцию снежного барса, но более детальное последующее исследование на данных территориях будет необходимо для более полного понимания рисков. Более точная информация о распространенности снежного барса и плотности популяции, антропогенного давления и характеристиках предполагаемых автодорог и ж/д путей позволит провести более расширенную и локализованную оценку, имеющую большое значение в разработке эффективных стратегий по уменьшению влияния развития ЛИ на популяцию снежного барса.

Монголии еще предстоит включить меры по уменьшению влияния проектов новых автодорог и ж/д путей на коридоры миграции дикой фауны в вырисовывающейся программе Стратегии устойчивого развития 2030. Крупномасштабная оценка и рекомендации по уменьшению рисков в отношении новой дороги от шахты Ою Толгой до границы Китая были подготовлены для уменьшения влияния на популяции кулана, архара, джейрана и дзерена; однако по нашим сведениям такие меры не применялись (Huijser et al., 2013). Особую сложность в уменьшении влияния ЛИ на популяцию снежного барса представляет труднодоступность и климатические условия его ареалов обитания. В горной местности проекты ЛИ используют тоннели и виадуки для уравнивания углов уклона путей до 2 градусов или менее для грузовых ж/д путей. Такие способы являются наиболее эффективными в отношении уменьшения влияния ЛИ на дикую фауну, поскольку не изменяют ареалы обитания (Clevenger & Huijser, 2011). Очень важно располагать такие конструкции в правильных местах для минимизации разрывов популяции снежного барса.

ВКЛАД

Чимеддорж Буянаа и Гантулга Баяндоной (ВФДП Монголии) предоставили пространственные данные о плотности популяции снежного барса и его миграционных коридорах, а также внесли вклад в подготовку данного отчета. Буувейбаатар Баярбаатар и Нарангуа Батдорж (ОДП Монголии) предоставили пространственные данные о предполагаемых дорогах и ж/д путях. Тайлер Крич (ЦОКЛ) провел пространственные анализы и создал черновой вариант отчета. Роб Эмент (ЦОКЛ/ЗИТ) и Тони Кливенджер (ЗИТ) внесли вклад в данный отчет.

АНАЛИЗ 2: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ И Ж/Д МАГИСТРАЛЕЙ НА ПОПУЛЯЦИЮ ТИГРА В ЛАНДШАФТАХ ТЕРАЙСКОЙ ДУГИ НЕПАЛА

Ландшафтах Терайской дуги (ЛТД) - это примерно 50 000 км² лесов, лугов и заболоченных земель вдоль границы Индии и Непала, представляющие значительный интерес в охране природы из-за высокой степени биологического разнообразия и присутствия харизматичных вымирающих видов мегафауны, как слон, носорог и тигр. Естественные ареалы обитания ЛТД исторически способствовали поддержанию смежных популяций тигра и его добычи высокой плотности, но большие участки данного ландшафта были видоизменены для использования человеком, что привело к возникновению сравнительно изолированных суб-популяций тигра внутри ОТ(Thapa et al., 2017). Популяции тигра и иных видов широкого спектра не могут быть сохранены только посредством ОТ; рассеивание и сезонная миграция между суб-популяциями являются необходимыми для поддержания генного разнообразия и здоровья популяции тигра(Thatte et al., 2018). Признавая эту необходимость, Непал и Индия приняли ландшафтный подход к охране природы в районе ЛТД в 2004 году с целью сохранения путей сообщения между ареалами обитания в ОТ обеих стран. Однако стремительное развитие ЛИ в этом регионе, в частности в Непале, угрожает популяции тигра посредством разрушения ареалов обитания, фрагментации ландшафтов и повышения смертности от столкновения особей с транспортными средствами(Carter et al., 2020).

Три крупных проекта ЛИ на территории ЛТД Непала в направлении восток-запад могут нанести самый сильный вред тиграм. Ж/д магистраль Восток-Запад предполагает 945 км новых электрифицированных ж/д путей, из которых только малая часть на восточной окраине ЛТД была завершена на данный момент. Автомагистраль Махендра протяженностью 1 028 км - самая протяженная автомагистраль Непала на данный момент - проходит процесс усовершенствования от двухполосной неразделенной дороги в четырех-полосную разделенную на нескольких участках. Примерно 200-км участок этой автомагистрали, который разделяет Национальный парк Парса и располагается вдоль Национального парка Читван, находится в стадии строительства и в будущем фрагментирует один из важнейших ареалов обитания тигра в ЛТД Непала(DNPWC, 2016). На территории комплекса Читван-Парса обитает 111 тигров согласно последним наблюдениям(DNPWC & DoFSC, 2018). 1 792 км Почтовая Автомагистраль - это асфальтная двухполосная дорога, строительство которой ведется на пути построенной в 1930х годах грунтовой дороги; строительство ее на данный момент завершено примерно на 60% всей протяженности. Здесь мы приводим простой пространственный анализ потенциального влияния данного проекта усовершенствования и строительства данной ЛИ на популяции тигра ЛТД.

МЕТОДЫ

Мы провели пространственное наложение путей ЛИ с четырьмя типами территорий приоритета по охране тигра в ЛТД: ОТ, буферные зоны вокруг ОТ, лесные коридоры миграции между ОТ и территории с высокой плотностью популяции тигра. Данные об ОТ и их буферных зонах мы получили из Базы данных по охраняемым территориям(UNEP-WCMC & IUCN, 2021), которые включили пять ОТ (национальные парки Банке, Бардия, Читван, Парса и Шуклафанта) и буферные зоны вокруг каждой из ОТ. Мы получили от ВФДП Непала пространственные данные о девяти миграционных лесных коридорах на территории Непала, соединяющих суб-популяции тигра в ЛТД, включая коридоры между суб-популяциями в Непале и Индии. Мы получили пространственные данные от Управления национальных парков и охраны природы (УНПОП) о

плотности популяции тигра за 2018 год согласно национальной программе наблюдения за тиграми, которая использовала видео-регистрацию для определения плотности популяции в сетке ячеек 2x2 км с охватом всех ОТ, где обитают тигры и прилегающих к ним лесов Непала (DNPWC & DoFSC, 2018). Мы конвертировали подсчеты неразрывной плотности популяции тигра в категориальную карту территорий с высокой плотностью популяции, которые определили как ячейки с плотностью популяции в верхнем квартиле значений среди всех ячеек со значением выше нуля.

Мы фокусировали внимание на трех конструкциях ЛИ, описанных выше, как основном источнике угрозы популяции тигра: ж/д магистраль Восток-Запад, а/м Махендра и Почтовая а/м. Пространственные данные о путях данных ЛИ мы получили от ВФДП Непала. Пути были описаны на базе самой достоверной информации, доступной нам на момент исследования, но расположение таких путей все еще проходит окончательное утверждение на некоторых участках предполагаемого нового строительства (напр, участок предполагаемой ж/д магистрали Восток-Запад изменил маршрут к северу национального парка Читван), и поэтому такие предполагаемые пути должны рассматриваться, как приблизительные. Некоторые участки путей ЛИ уже были построены или усовершенствованы, но нам не хватило достоверной информации для идентификации таких участков, поэтому мы включили всю протяженность этих путей в наш анализ, чтобы учесть все возможные угрозы. Мы подсчитали общую протяженность путей ЛИ, пересекающих каждый из типов территорий приоритета по охране популяции тигра (ОТ, буферные зоны, коридоры миграции и зоны высокой плотности популяции), в качестве расчета угрозы со стороны данных конструкций. Мы составили карты данных пересечений для выделения территорий с наибольшим ожидаемым влиянием нового строительства и усовершенствования ЛИ на тигра, если в проектировании таких конструкций не будут приняты адекватные меры по уменьшению влияния.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Свыше 800 км предполагаемых путей ЛИ пересекут зоны высокой плотности популяции тигра и могут негативно влиять на нее, если строительство или усовершенствование произойдет на данных территориях (Таблица 10, Рисунок 12). А/м Махендра является конструкцией с наибольшей протяженностью пересечения с зонами приоритета по охране тигра (319 км), хотя участки Почтовой а/м (270 км) и ж/д магистрали Восток-Запад (215 км) тоже пересекают зоны приоритета.

Пути ЛИ были в целом запланированы в обход ОТ, но несколько участков все же пересекают их: Почтовая а/м пересекает западную часть национального парка Читван; а/м Махендра - западную часть национальных парков Бардия и Парса; а также Почтовая а/м, а/м Махендра и ж/д Восток-Запад все пересекают национальный парк Шуклафанта.

Основная часть потенциальных зон влияния предполагаемых ЛИ приходится на территории вне пределов ОТ и зон высокой плотности популяции тигра, внутри буферных зон и лесных коридоров. Пути ЛИ в целом обходят зоны наивысшей плотности популяции тигра, но есть два заметных исключения: а/м Махендра пересекает зону высокой плотности на северо-востоке национального парка Бардия, а Почтовая а/м пересекает несколько зон высокой плотности в южной части национального парка Читван.

Буферные зоны вокруг ОТ пересекаются как минимум одной из ветвей ЛИ, а зачастую несколькими. Буферная зона вокруг национального парка Шуклафанта пересекается а/м Махендра, ж/д магистралью Восток-Запад и Почтовой а/м. Буферная зона комплекса Банке-Бардия пересекается а/м Махендра и в меньшей степени ж/д магистралью Восток-Запад и Почтовой а/м вдоль внешних границ. Буферная зона комплекса Читван-Парса пересекается Почтовой а/м и в меньшей степени ж/д магистралью Восток-Запад и а/м Махендра вдоль внешних границ.

Вероятно, что наиболее серьезное влияние предполагаемых ЛИ придется на девять лесных коридоров, соединяющих ОТ Непала и Индии. Коридоры Карнали, Басанта и Лалджхади каждый пересекаются всеми тремя конструкциями ЛИ. Коридоры Кхата, Ламахи, Барандабхар и Камди каждый пересекаются двумя конструкциями ЛИ, а вдоль коридора Камди пролегает третья конструкция ЛИ. Только коридоры Брахмадев и Дован не пересекаются ни одной из конструкций ЛИ.

Таблица 10: Протяженность (км) предполагаемых/строящихся автомагистралей и ж/д путей, пересекающих важные территории охраны популяции тигра в пределах Терайской дуги

		ЗОНЫ ПРИОРИТЕТА ОХРАНЫ ТИГРА				
		ОХРАНЯЕМЫЕ ТЕРРИТОРИИ	БУФЕРНЫЕ ЗОНЫ	ЛЕСНЫЕ КОРИДОРЫ	ЗОНЫ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ ПОПУЛЯЦИИ ТИГРА	ВСЕ ЗОНЫ ПРИОРИТЕТА ¹
Конструкция линейной инфраструктуры	Ж/д магистраль Восток-Запад	4,5	106,3	83,0	21,6	215,4
	А/м Махендра	58,2	119,6	93,0	48,3	319,1
	Почтовая а/м	67,3	100,1	64,5	37,7	269,5
	Все конструкции	130,0	326,0	240,5	107,6	804,1

¹ Общая протяженность всех зон приоритета меньше суммы протяженности каждой из таких зон, потому что их территории накладываются друг на друга в некоторых местах (напр., охраняемые территории и зоны высокой плотности популяции тигра)

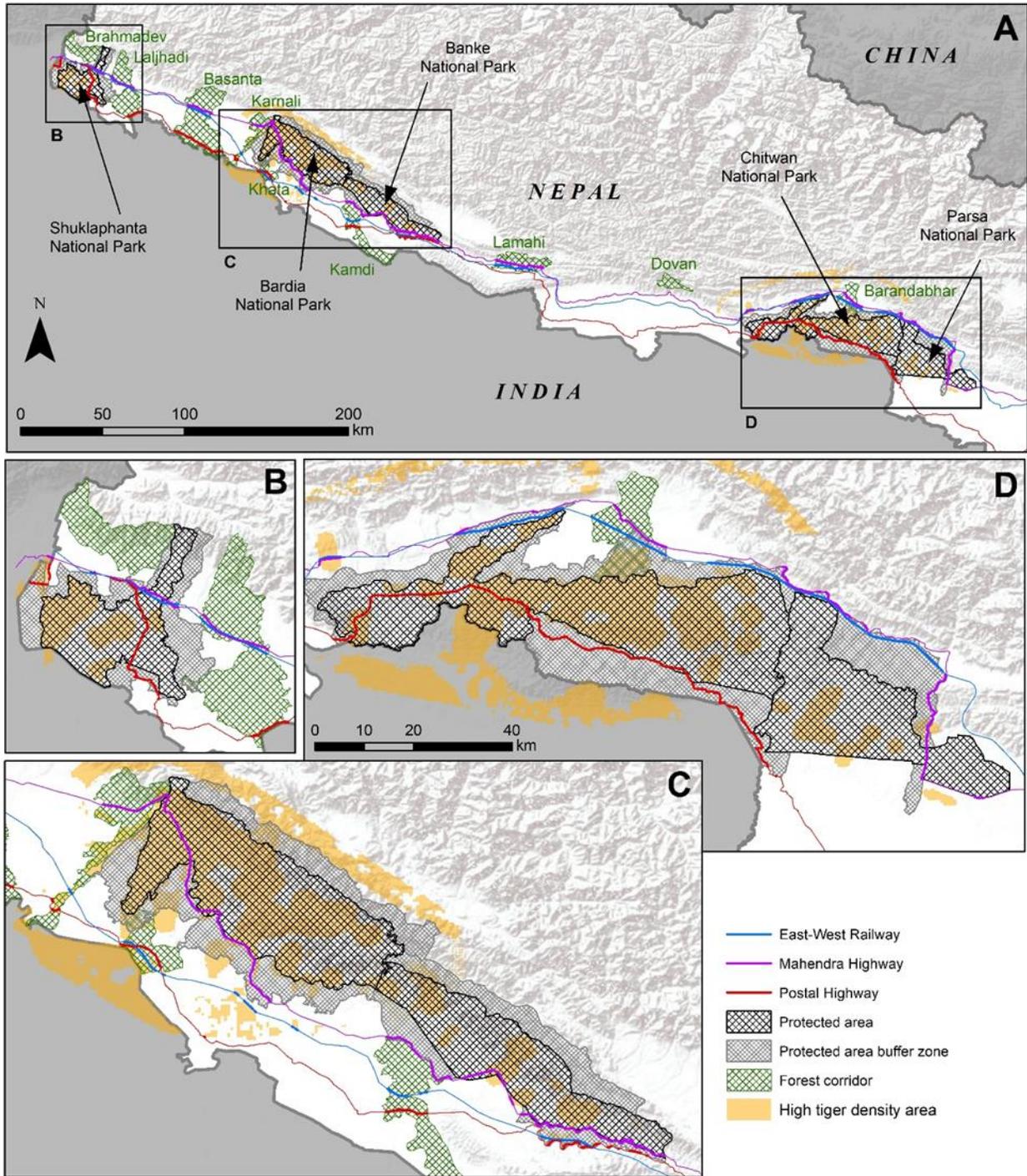


Рисунок 12: Пересечения между предполагаемыми путями ЛИ и зона приоритета по охране популяции тигра. Участки путей ЛИ, пересекающие зоны, представляющие интерес в охране популяции тигра, отражены линиями большей толщины. (А) Полная площадь исследования, включая все охраняемые территории, буферные зоны, лесные коридоры и зоны высокой плотности популяции тигра; (Б) зона вокруг национального парка Шуклафанта; (В) зона вокруг комплекса Банке-Бардия; (Г) зона вокруг комплекса Читван-Парса.

ОБСУЖДЕНИЕ

Наш анализ предполагает, что строительство автодорог и ж/д путей или их усовершенствование может представлять угрозу суп-популяции тигра в Непале, а также трансграничной метапопуляции тигра в ЛТД. Влияние внутри ОТ может быть значительно меньшим, но развитие ЛИ в буферных зонах и лесных коридорах будет ожидаемо высоким. Такие менее охраняемые территории служат мостами сообщения между важными ареалами обитания суп-популяций, а сообщение между участками метапопуляции может снизиться из-за строительства новых путей ЛИ, которые приведут к возрастанию объемов дорожного движения и увеличению барьерного эффекта для тигра. Потеря сообщения в других местах распространения тигра внесла вклад в снижение генного разнообразия и повышение риска вымирания, а неэффективные меры по уменьшению рисков развития ЛИ в ЛТД может привести к похожим последствиям, обратив вспять прогресс по сохранению популяции тигра, который был достигнут за последние десятилетия (Carter et al., 2020; DNPWC, 2016).

Суммарное влияние также является фактором риска в Непале, где наблюдается прирост населения и развитие ЛИ для улучшения местных экономических условий (ADB, 2018b; NEFEJ, 2020). Несколько лесных коридоров, которые будут пересекаться новыми или усовершенствованными ЛИ, уже фрагментированы посредством антропогенного освоения. Рост числа новых поселений на территории и вокруг коридоров Басанта и Ладжхади между национальными парками Шуклафанта и Бардия уже разрушил уровень их миграционной ценности для тигра (Chanchani et al., 2014; Thapa et al., 2017), а пути предполагаемых а/м Махендра и д/ж магистрали Восток-Запад через эти коридоры могут сделать их и вовсе непригодными для миграции тигра, если не будут предприняты соответствующие меры. Непалу стоит учитывать суммарное влияние многочисленных проектов ЛИ и развития человеческой среды при планировании мер по уменьшению влияния, используя интегрированный подход вместо того, чтобы рассматривать эти проекты отдельно и изолированно. Примером наложения давления со стороны развития инфраструктуры служит восточная часть национального парка Парса, где ведется разработка и строительство а/м Махендра, ж/д Восток-Запад, нефтепровода Индия-Непал и ЛЭП высокого напряжения, а также нового аэропорта (Симара). Эти проекты окажут прямое влияние на снижение ландшафтного сообщения регионального уровня между ключевыми популяциями дикой фауны в восточной части ЛТД.

Мы рассмотрели только места непосредственного пересечения предполагаемых путей ЛИ и зон приоритета по охране популяции тигра, но влияние автодорог и ж/д магистралей может распространяться далеко за пределы их физического отпечатка. Облегчение доступности для человека путем строительства новых и улучшение существующих ЛИ может способствовать росту числа поселений человека, степени использования природных ресурсов, браконьерства и строительству дополнительных дорог вдоль данных путей. Мы также ограничили наши анализы строящимися ЛИ на непальской стороне ЛТД, но развитие на индийской стороне представляет не меньшую угрозу (Biswas et al., 2020). Например, строительство а/м Сашастра Сема Баль в Индии пройдет вдоль Индо-Непальской границы на 558 км и разделит несколько коридоров миграции, соединяющих охраняемые территории по обе стороны.

Четвертый по величине проект ЛИ в Непале - скоростная а/м Катманду-Терай - был исключен из нашего анализа, потому как его путь не пересекает ни одну из зон приоритета по охране популяции тигра, рассматриваемых нами, но все же имеет потенциал повлиять на популяции

тигра и слона. Эта 74-км автомагистраль пройдет в направлении север-юг вблизи восточной границы национального парка Парса и может ограничить миграцию между комплексом Читван-Парса и ареалами обитания, расположенными далее к востоку ЛТД. Открытие магистрали или начало строительства проходит на 40% участков вдоль Скоростной а/м, но ни один из этих участков пока не был асфальтирован.

Стратегия и план действия Непала 2015-2025 для ЛТД призывает избегать новых ЛИ в ОТ и коридорах; обеспечение дизайна и работы любых ЛИ внутри ОТ, буферных зонах и коридорах в режиме, способствующем охране природы; а также обеспечение проведения анализов окружающей среды высокой точности для установления мер по уменьшению влияния. Некоторые из этих мер уже предприняты. Например, расположение части ж/д магистрали Восток-Запад было перемещено к северу от комплекса Читван-Парса с целью обхода ОТ и избежания влияния на зоны высокой плотности популяции тигра. Перемещенная ж/д магистраль, однако, все же представляет угрозу популяции тигра, потому что разделяет лесной коридор Барандабхар, который служит мостом сообщения между ареалом обитания низких земель комплекса Читван-Парса и возвышенным ареалам обитания подножий Махабхаратского хребта к северу (Aryal et al., 2012). Таким образом, хотя обход ОТ весьма похвален, адекватное планирование уменьшения влияния все еще потребует между проектами автомагистралей и ж/д магистралей для минимизации суммарного влияния и обеспечения функциональности коридоров миграции тигра.

В последнее время Непал начал внедрять конструкции для перехода дикими животными автомагистралей и разрабатывать инструкцию по наилучшим практикам проектов ЛИ, не угрожающих дикой фауне, включая ирригационные каналы и ЛЭП, а также транспортную инфраструктуру (Министерство Лесов и Окружающей среды, в разработке). Первые переходы диких животных были построены в пределах Барандабхарского коридора на а/м Нараянхат-Муглин для обеспечения миграции тигра в направлении север-юг из национального парка Читван. Исследования при помощи видео-регистрации установили присутствие 15 видов млекопитающих (в основном дикого кабана и леопарда обыкновенного) и четырех видов птиц, которые пользовались данными переходами (Poudel et al., 2020; WWF, 2019). Тигры и копытные (замбар, мунтжаки) были замечены при использовании подземных переходов вне пробного периода данных исследований.

Новые правила Азиатского банка развития (АБР) требуют использования мер по охране окружающей среды, включая конструкции переходов дикой фауны на всех проектах категории А, в которую входят а/м Махендра и ж/д Восток-Запад. Эти две конструкции пройдут параллельно и в непосредственной близости от северных границ комплекса Читва-Парса. 115-км участок а/м Махендра Нараянхат-Бутвал на данный момент проходит усовершенствование с двух до четырех полос и включает меры уменьшения влияния в виде 112 подземных переходов для дикой фауны и два надземных перехода шириной 50 метров (Karki, 2020). К востоку от Нараянхат и соединяя Хетауду и Патлайю (участок в 108 км) усовершенствование, финансируемое АБР, имеет похожую стратегию, которую внедрят к 2022 году (Clevenger et al., 2020). Эта новая стратегия по охране природы отражает усилия правительства Непала и АБР по разработке более полного подхода к охране биологического разнообразия. Конструкции переходов дикой фауны также планируются на ж/д Восток-Запад, которая пройдет по

касательной с комплексом Читван-Парса (Карма Янзом, АБР Манилы, Филиппины, личная беседа), и для а/м Махендра в национальных парках Бардия и Банке.

ОТ Непала являются важнейшими для сохранения популяции тигра, так как служат источником популяции, которая может распространяться и воспроизводиться на больших ландшафтах внутри страны и через границы (Carter et al., 2020). Однако, на данный момент Непал стремительно движется к массовому развитию ЛИ, поэтому установление тонкого баланса между моделями развития и усилиями по охране природы становится затрудненным. Активный мониторинг переходов дикой фауны в Непале предоставит важную информацию по использованию их видами, а также поможет нам лучше понимать особенности дизайна таких переходов для облегчения миграции тигра и других видов, оказавшихся под влиянием проектов ЛИ. Понимание путей миграции тигра, а также зон происхождения и истощения популяции на местном и региональном уровне необходимо для корректного планирования мер по охране природы в уже строящихся и предполагаемых проектах развития ЛИ. Транс-границное сотрудничество Непала и Индии необходимо для обеспечения ареалов обитания и генного сообщения популяции, а также долгосрочную устойчивость популяции тигра в данном ландшафте глобального значения.

ВКЛАД

ВФДП Непала предоставил пространственные данные и способствовал разработке данного отчета. Тайлер Крич (ЦОКЛ) провел пространственные анализы и создал черновой вариант отчета. Роб Амент (ЦОКЛ/ЗИТ), Тони Кливенджер (ЗИТ) и Грейс Стонсифер (ЦОКЛ) также внесли вклад в отчет.

АНАЛИЗ 3: МЕРЫ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ВЛИЯНИЯ НА ДИКУЮ ФАУНУ В ПРОЦЕССЕ РАСШИРЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АВТОМАГИСТРАЛИ 37 В Ш. АССАМ, ИНДИЯ

Национальная автомагистраль 37 (НА-37) соединяет северо-восточный Ассам с остальной территорией Индии, обеспечивая проезд свыше 5 500 транспортным средствам ежедневно (Menon et al., 2017). На протяжении 60 км НА-37 распространяется вдоль южной границы национального парка Казиранга - одной из важнейших ОТ Индии с наибольшей степенью биологического разнообразия. Национальный парк Казиранга является местом обитания бенгальского тигра, азиатского слона, двух третей мировой популяции индийского носорога, а также множества разнообразных мелких млекопитающих, рептилий, амфибий и птиц. Национальный парк Казиранга ограничен на севере рекой Брахмапутра, паводки которой в сезон муссонов (Июнь-Сентябрь) затапливают территории парка. После начала дождей многие животные вынуждены пересекать НА-37 в поисках убежищ на более возвышенных южных холмах Карби-Англонгского района, что приводит к повышению угрозы столкновений с транспортными средствами. Несколько коридоров миграции дикой фауны соединяют эти две зоны, включая четыре коридора миграции слона (Menon et al., 2017) и не менее одного, используемого видами кошачьих, таких как тигры, леопарды и кошки Темминка (Lalthanpuia et al., 2014). Многие из этих коридоров пролегают между чайными плантациями, деревнями, рисовыми полями и плантациями тика, которые тоже находятся у границ НА-37, оставляя лишь узкие лесистые полосы для использования животными в качестве коридоров (Das et al., 2007); в некоторых случаях культивируемые земли занимают часть таких коридоров (Menon et al., 2017). Данные по убою диких животных на дороге НА-37 вдоль национального парка Казиранга не собирались систематично до недавнего времени, но отдельные сообщения приводят данные о

порядка 200 животных, сбитых ежегодно, а возможно и многим более. Некоторые меры по уменьшению влияния были введены в работу для предотвращения смертности дикой фауны, включая дорожные знаки, нанесение полос и шумовых полос для снижения скорости водителей вблизи коридоров миграции слона.

Дополнительное давление на дикую фауну ожидается от запланированного расширения участка НА-37 в районе национального парка Казиранга с двух полос до четырех, которое было предложено Ведомством национальных автомагистралей Индии (ВНАИ) в рамках Специальной ускоренной программы развития Северо-Востока. Эта часть НА-37, второе название - Азиатская автомагистраль I, - это часть международной сети автомагистралей Азии, которая является общим усилием по развитию 140 000 км автомагистралей по всему континенту. И хотя развитие данной сети облегчит перемещение грузов и людей, это усовершенствование НА-37 имеет потенциал непоправимо повлиять на дикую фауну тремя способами. Во-первых, расширенная дорожная полоса вероятно приведет к повышению дорожного движения и скорости водителей, движущихся из восточного Ассам в другие части Индии, что приведет к повышению вероятности столкновения диких животных с транспортными средствами. Во-вторых, повышенное дорожное движение может предотвратить попытки некоторых видов животных пересечь дорогу, создавая ловушки для них в пределах менее подходящего, а возможно вовсе неподходящего для обитания пространства, особенно в сезон муссонов. И в завершении, расширение дорожного полотна может сделать применяемые на данный момент меры по уменьшению влияния, как, например, одноуровневые переходы, используемые как миграционные коридоры слона, менее эффективными.

При расширении дорожного полотна есть возможность внедрить дополнительные меры по уменьшению влияния на дикую фауну. Однако, для обеспечения эффективности таких мер потребуются сбор данных по точкам столкновений диких животных с транспортными средствами и действующим коридорам миграции для понимания того, какие типы мер по уменьшению влияния стоит применять и в каких местах. Такие данные по дорожному убою и действующим переходам вдоль участка НА-37 в районе национального парка Казиранга были собраны за период с 2018 по 2020 организацией Аараньяк - НПО дикой природы в Гувахати, Ассам. Эта деятельность финансируется Американской службой рыбных ресурсов и дикой природы и проводится в сотрудничестве с ЗИТ. Здесь мы использовали данные для проведения пространственного точечного анализа убоя диких животных на дороге и существующих переходов животных для осознания потенциального влияния расширения НА-37 на дикую фауну вблизи национального парка Казиранга.

МЕТОДЫ

Данные по числу убоя на дороге и действующим переходам были собраны путем проезда по участку НА-37 в районе национального парка Казиранга каждые два-четыре дня в промежутке с Ноября 2018 по Март 2020 года. Наблюдения проводились одним человеком, двигавшимся вдоль национального парка Казиранга на мотоцикле в обоих направлениях и с использованием мобильного приложения ROaDS ([Roadkill Observation and Data Systems], Ament et al., 2021), которое позволяет пользователю регистрировать виды, количество животных, их статус (мертвое, пересекающее дорогу живое, вблизи дороги живое), относительную уверенность в идентификации вида, географически синхронизированное фото, а также иную информацию, которая связана с точным положением, датой и временем глобальной системы определения координат (ГСОП).

Мы разделили каждое наблюдение ROaDS на индивидуальное наблюдение за животным, а затем разделили полученные данные по трем основным категориям: (1) муссон (Июнь-Сентябрь) - сухой сезон (Октябрь-Май), (2) таксономический тип (всеядные хищники, пресмыкающиеся, приматы, птицы, копытные, иные млекопитающие) и (3) статус в наблюдении (мертвые, вблизи дороги живые, пересекающие дорогу живые). Затем мы провели серию оптимизированных точечных анализов для определения стратегически важных пространственных скоплений обнаружений (точек) вдоль 60-км участка НА-37 для наблюдений по каждой вышеуказанной под-категории. Мы также уделили внимание точкам обнаружения, которые попадают в несколько категорий (напр., переходящие живые копытные). И в завершении, мы произвели наложение коридоров миграции слона Фонда дикой природы Индии (Menon et al., 2017) на картах действующих переходов или точек обнаружения вблизи дороги для определения того, насколько коридоры миграции слона совпадают с точками обнаружений ROaDS.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сотрудники Аараньяк проводили сбор данных вдоль участка НА-37 в районе национального парка Казиранга в течение примерно 10 дней ежемесячно с Ноября 2018 по Март 2020 года, в общей сложности - 162 дня исследований, из которых 41 день во время муссона и 121 день в сухой сезон. Общее количество зарегистрированных животных за период в 17 месяцев с Ноября 2018 по Март 2020 года составило 1 423 особи 75 разных видов. Из них 582 особи мертвые, 685 вблизи дороги живые и 156 пересекающие дорогу живые (Таблица 1). Копытные (708 особей) были обнаружены наиболее часто, включая 157 азиатских слонов и 79 индийских носорогов. Пресмыкающиеся являются вторым по обнаружению таксоном (303 особи) и представлены в большом разнообразии среди 15 обнаруженных видов. Крупные хищники наподобие бенгальского тигра не были обнаружены за весь период наблюдений. Наибольшее ежемесячное количество обнаруженных животных (179) пришлось на Октябрь 2019 на протяжении 13 дней наблюдения; наибольшее среднее ежедневное количество (17) на Ноябрь 2018 с 34 обнаружениями за период 2 дней наблюдения. Наибольшее количество мертвых животных было обнаружено в летне-осенний период 2019 года с Июля по Ноябрь со средним показателем обнаружений от 6,4 до 8 животных за каждый день наблюдений. Наибольшее количество обнаружений животных, пересекающих дорогу, пришлось на Ноябрь 2018 года, а наибольшее количество обнаружений животных вблизи дороги - на зиму 2018-2019 года со средним показателем от 5,3 до 9,7 животных за каждый день наблюдений.

Таблица I I: Количество обнаруженных животных в каждой таксономической категории

	МЕРТВЫЕ	ПЕРЕСЕКАЮЩИЕ ДОРОГУ ЖИВЫЕ	ВБЛИЗИ ДОРОГИ ЖИВЫЕ	ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО
Пресмыкающиеся	330	0	0	330
Птицы	195	1	0	196
Всеядные хищники	27	0	37	64
Приматы	3	40	57	100
Копытные	2	115	591	708
Другие млекопитающие	25	0	0	25
Общее количество	582	156	685	1423

Статус животного зачастую связан с группой вида; 100% обнаруженных пресмыкающихся были мертвы, так же как и 99% птиц и других животных, идентифицированных как млекопитающие. Мертвые приматы однако были обнаружены редко, с 97% либо пересекающими дорогу живыми либо вблизи дороги живыми. Наподобие этому, 83% копытных были обнаружены вблизи дороги живыми, 16% - пересекающими дорогу живыми и только 1% мертвыми. Всеядные хищники разделились на 42% мертвых и 58% вблизи дороги живых. Приматы не обнаружены в период муссона, а пресмыкающиеся были непропорционально обнаружены в период муссона с показателем обнаружения в 3,5 особей в период муссона по сравнению с 1,5 особей в сухой сезон за каждый день наблюдения. В целом, большее количество мертвых животных было обнаружено в период муссона - порядка 5,3 особей за день исследования в период муссона по сравнению с 3 особями, при этом большее количество живых животных (вблизи или пересекающими дорогу) было обнаружено вне периода муссона - 5,6 особей за день наблюдений по сравнению с 3,9.

Оптимизированный точечный анализ выявил пространственные тенденции по отношению к статусу дикой фауны вдоль НА-37. Согласно всем обнаружениям, наибольшее количество животных было зарегистрировано вдоль участка западного обхода НА-37 национального парка Казиранга, охватывающего коридоры миграции слона Канчанджури и Деочур. Точки обнаружения живых животных вблизи дороги и пересекающими ее также прилегали к данным коридорам и зоне между ними, а также дополнительной точке перехода к востоку от коридора Панбари вблизи восточной части национального парка Казиранга. Точки обнаружения мертвых особей располагались в разных местах: высокая степень смертности наблюдалась вдоль 4-км участка к востоку от коридора Канчанджури и другого участка между коридорами Халдибари и Панбари (Рисунок I 3). Точки обнаружения высокой смертности также изменялись сезонно; тогда как запад национального парка Казиранга отличался высокой смертностью в течение всего года, многие мертвые животные были обнаружены к востоку от коридора Халдибари в сезон муссона, а к западу от коридора Панбари - в месяцы вне муссона.

Разные группы видов животных также проявились в разных пространственных и сезонных тенденциях пересечения дороги и/или смертности (Рисунок 14). Мелкие животные, включая птиц и пресмыкающихся, были обнаружены (почти всегда мертвыми) в одних и тех же местах, но в разные сезоны. Обе группы также были обнаружены к востоку от коридора Канчанджури круглогодично вместе со всеядными хищниками. Пресмыкающиеся были обнаружены к западу от коридора Панбари вне сезона муссона, а птицы - там же, но в сезон муссона. Пресмыкающиеся также были обнаружены по обе стороны коридора Халдибари в сезон муссона. Копытные были обнаружены живыми вблизи дороги или пересекающими ее вдоль коридоров Канчанджури и Деочур, а приматы - далее к западу. Копытные пересекали дорогу чаще всего вблизи коридоров Канчанджури и Халдибари вне сезона муссона, а вблизи коридоров Деочур и Панбари - в месяцы муссона. Достаточного количества обнаружений всеядных хищников и других млекопитающих для разделения их по сезонам не было.

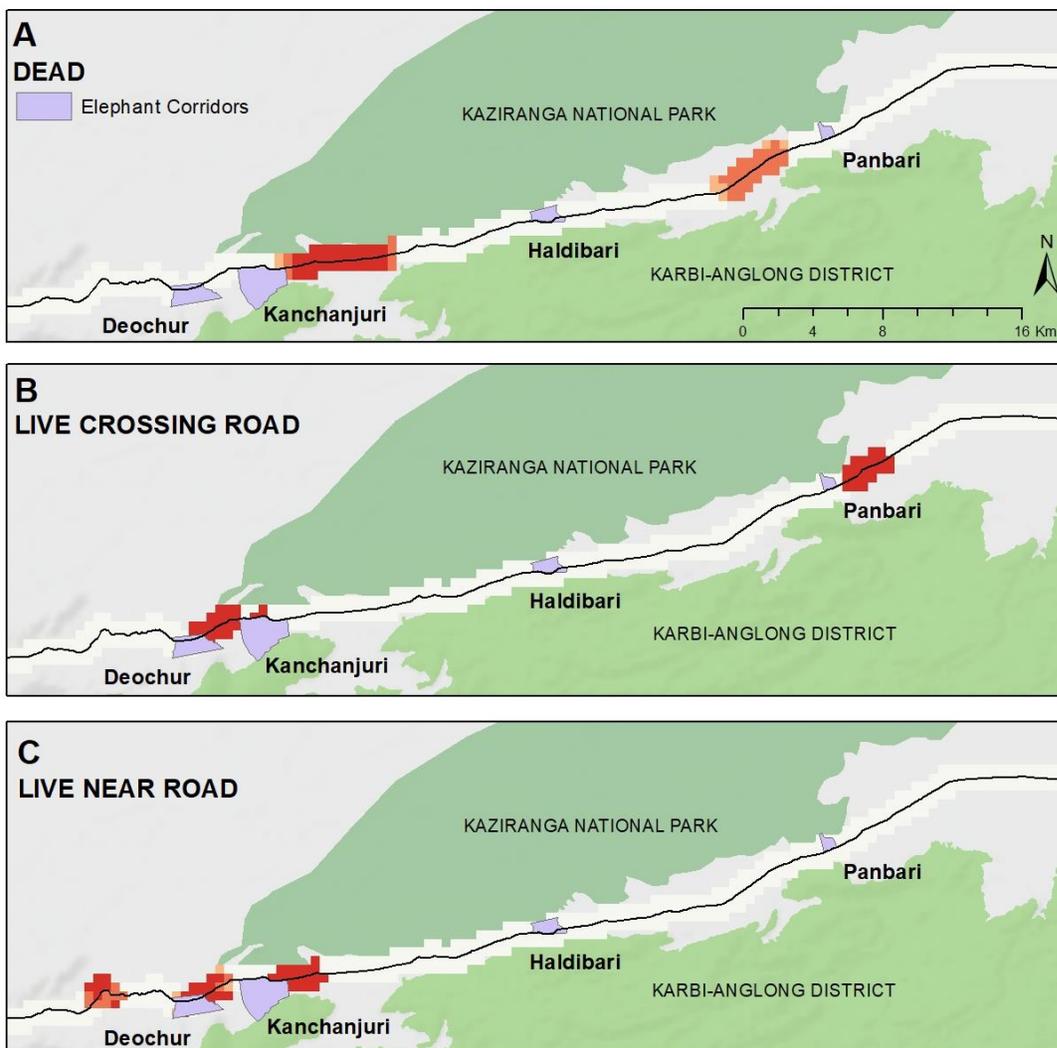


Рисунок 13: Результаты оптимизированного точечного анализа показывают большую плотность обнаружений темно-красными линиями, а зоны, не представляющие статистической ценности - белым цветом. А) Точки обнаружения мертвых животных. Б) Точки обнаружения животных пересекающих дорогу живыми. В) Точки обнаружения животных вблизи дороги живых. Фиолетовые полигоны - это коридоры миграции слона по определению Менон и др.(2017).

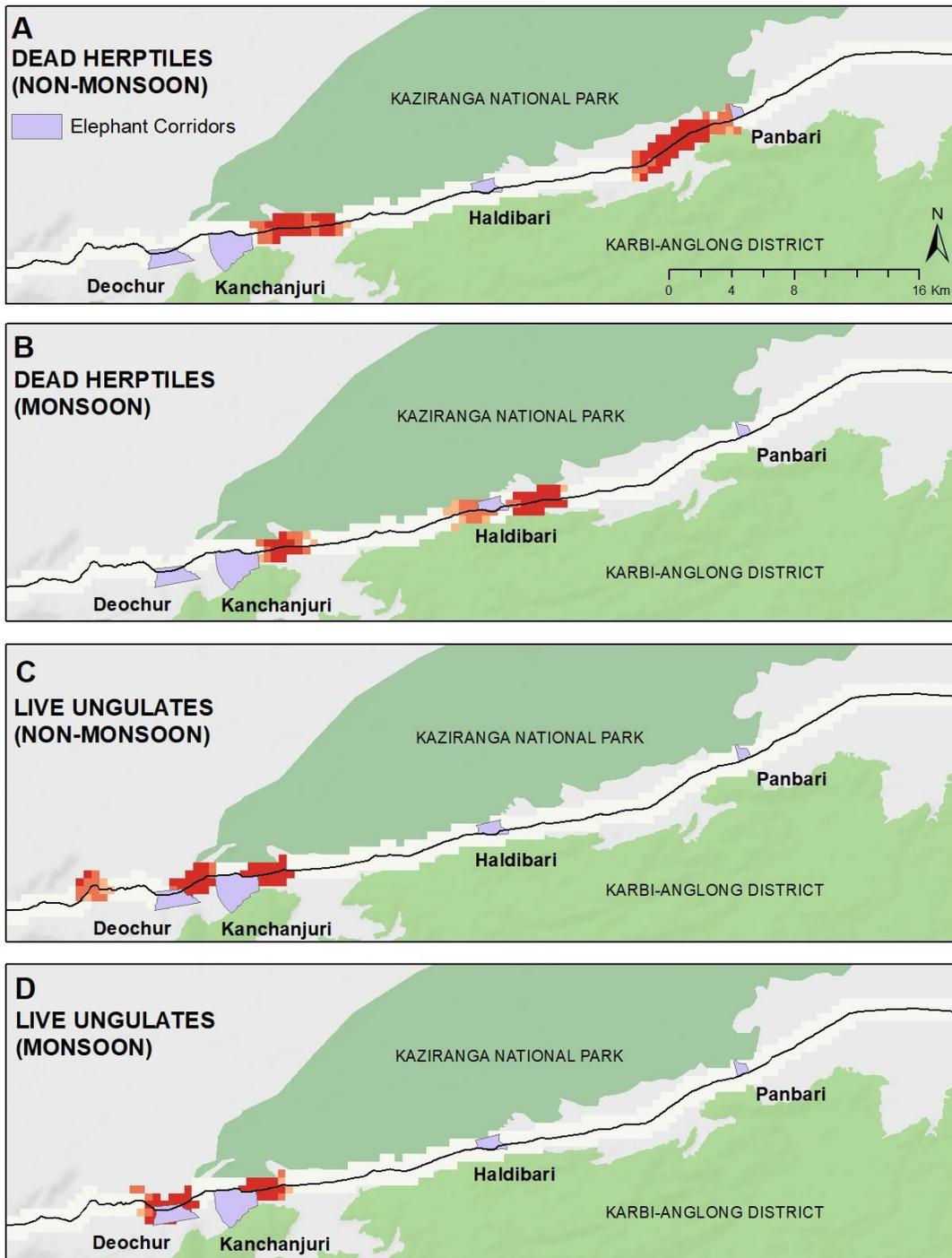


Рисунок 14: Результаты оптимизированного точечного анализа показывают большую плотность обнаружений темно-красными линиями, а зоны, не представляющие статистической ценности - белым цветом. А) Точки обнаружения мертвых пресмыкающихся вне сезона муссона. Б) Точки обнаружения мертвых пресмыкающихся в сезон муссона. Г) Точки обнаружения живых копытных (вблизи дорог или пересекающих) вне сезона муссона. Д) Точки обнаружения живых копытных (вблизи дорог или пересекающих) в сезон муссона. Фиолетовые полигоны - это коридоры миграции слона по определению Менон и др.(2017).

ОБСУЖДЕНИЕ

С того момента, как было предложено расширение существующего дорожного полотна, поступили три сообщения о проектировании постройки надземных обходов или возвышенных участков автомагистрали (Parashar, 2019). Надземные обходы протянутся на 18, 11 и 6 км, опускаясь обратно к земле в районах каждой из пограничных деревень национального парка Казиранга. Суммарно эти надземные обходы займут свыше половины 60-км зоны наблюдения. Постройка таких обходов позволит увеличить скорость проезда транспортных средств по участку НА-37 в районе национального парка Казиранга и снизит количество проблем связанных со столкновениями с дикими животными. Надземные обходы (как и подземные тоннели) являются одними из наиболее эффективных и оптимальных типов переходов диких животных с учетом того, что ареалы обитания под ними не нарушены (Clevenger & Huijser, 2011). Однако, сообщалось, что использование местными транспортными средствами и местное сообщение на существующей двухполосной дороге на НА-37 в районе национального парка Казиранга продолжится с целью доступа в сам парк, и поэтому потребуются дополнительные меры по уменьшению влияния для снижения смертности диких животных и поддержания сообщения между ареалами обитания.

Наш анализ показывает, что смертность диких животных уже является одной из основных проблем НА-37 в районе национального парка Казиранга, и предполагает, что расширение дороги до четырех полос вероятно повысит показатели смертности диких животных из-за увеличения опасности при пересечении дороги. Сбор данных по смертности диких животных, а также живым животным вблизи дороги или пересекающие ее - это важная информация для разработчиков, так как в контексте расширения дорожного полотна учитываются различные меры по уменьшению влияния. Данные по смертности указывают на проблемные места уже существующей дороги, которые вероятно усилятся при появлении большего количества полос и связанного с этим увеличения дорожного движения. Четырехполосное дорожное полотно с усиленным дорожным движением также приведет к повышению барьерного эффекта, ограничивая или вовсе прекращая передвижение диких животных через автомагистраль. Поэтому исследование мест успешного пересечения этими животными дороги является не менее важным, так как данные места должны учитываться в планировании мер по уменьшению влияния (Zeller et al., 2020). И хотя новые запланированные надземные обходы облегчат безопасное пересечение для некоторых видов, наш анализ может помочь разработчикам идентифицировать дополнительные меры предосторожности в отношении точек смертности на существующем дорожном полотне. Анализ показывает, что хотя наблюдения и были сосредоточены в целом вблизи западной окраины национального парка Казиранга, точки смертности располагались и многим далее к востоку, чем места успешного пересечения, что указывает на то, что на этих участках дороги могут потребоваться иные меры уменьшения влияния.

Анализ данных указывает на то, что время года, местоположение и категория видов могут быть важными показателями того, как животные взаимодействуют с дорогой. На данный момент представляется явным, что только мелкие виды (пресмыкающиеся, птицы и другие млекопитающие) подвергаются убою на дороге, тогда как крупные животные, почти всегда хорошо видны водителю, способны пересекать дорогу более успешно. Однако из-за мелкого размера весьма вероятно, что пресмыкающиеся и птицы вблизи дороги просто не были замечены так хорошо при проведении наблюдений, что означает недостаточное представление

живых особей данных категорий животных в наборе данных. И все же, учитывая, что мелкие и средние позвоночные составили 95% количества обнаружений мертвых животных в данном исследовании, потребность в мерах предосторожности для данных видов должны быть включены в схемы планирования. И хотя строительство надземных обходов вместо расширения дорожного полотна может способствовать снижению дополнительной смертности на дороге для крупных видов, мелкие тропинки, канавы и древесные пути перехода для видов, обитающих в кроне деревьев, также необходимы для уменьшения существующего уровня смертности. Дизайн мер по уменьшению влияния, таких как подземные переходы и канавы, также должен учитывать сезон муссонов и связанные с ним паводки и затопления, особенно в связи с повышенной пропорцией пресмыкающихся и мертвых животных в целом, обнаруженных в сезон муссона. В целом муссоны оказали меньшее влияние, чем ожидалось ранее; хотя пропорционально было обнаружено больше мертвых особей в сезон муссонов, этот эффект в большей степени относился только к птицам и пресмыкающимся. Другие виды - копытные, приматы и всеядные хищники - обнаруживались более часто в остальное время года.

Анализ точек обнаружения также указывает на то, что коридоры миграции слона, определенные в Менон и др.(2017), особенно коридоры Деочур и Канчанджури, используются иными видами копытных для успешного пересечения. Это указывает на проектную функциональность таких мер предосторожности, как нанесение шумовых полос для снижения скорости транспортных средств. И даже при планировании строительства надземных обходов остается необходимость проверять данные зоны для того, чтобы удостовериться в проектировании и применении наиболее адекватных мер предосторожности в местах сообщения важнейших ареалов обитания, особенно для таких основных видов, как азиатский слон и индийский носорог. Интенсивное использование этих коридоров также указывает на важность защиты данных территории от дополнительного давления со стороны развивающихся новых поселений человека в течение длительного времени. Дальнейшее исследование использования земель вокруг НА-37 может быть полезным для идентификации дополнительных мест пересечения при сопоставлении растительного покрова и точек обнаружения дикой фауны.

ВКЛАД

Бибхути Лахкар, Джиоти Дас и Аруп Кумар Дас (Аарьяняк) провели сбор и предоставили данные по обнаружению диких животных вдоль НА-37 и внесли вклад в подготовку данного отчета. Анимех Хазарика, Анкур Нахок и Джиотиш Раньян Дека (Аарьяняк) оказали содействие в сборе и подготовке данных. Упасанга Гангули (Фонд дикой природы Индии) предоставил пространственные данные по коридорам миграции слона. Грейс Стонсифер (ЦОКЛ) провела пространственные анализы и создала черновой вариант отчета. Тайлер Крич (ЦОКЛ), Роб Эмент (ЦОКЛ/ЗИТ) и Тони Кливенджер (ЗИТ) также внесли вклад в данный отчет.

АНАЛИЗ 4: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ А/М ЦЕНТР-ЗАПАД НА ПОПУЛЯЦИЮ САЙГИ В РАЙОНЕ БЕТПАК-ДАЛА КАЗАХСТАНА.

Сайга - это кочевой стадный вид, обитающий в полупустынях и степных лугах Центральной Азии. Популяция сайги отнесена МСОП к категории видов в критическом состоянии и перенесла резкое снижение численности с конца 1990х из-за широкомасштабного браконьерства, изменения климата и болезней (Milner-Gulland et al., 2001). Сайга мигрирует сезонно между северными летними ареалами обитания и южными зимними в зависимости от доступности фуража и толщины снежного покрова, и такие сезонные ареалы обитания могут быть удалены друг от друга на расстояния до 1 200 км. Местная миграция в пределах сезонных ареалов также часта и позволяет популяции сайги находить лучший фураж или места водопоя, а также избегать пожары, затопления и экстремальные погодные условия (Bekenov et al., 1998).

В Казахстане обитает свыше 97% мировой популяции сайги включая популяцию Казахстанской Бетпак-Дала, исторически самой крупной. В 2015 году вспышка болезней унесла жизни 200 000 особей (88% стад региона), но с того момента резкий скачок рождаемости привел популяцию к сегодняшнему показателю численности приблизительно в 285 000 особей (Altyn Dala Conservation Initiative, 2021). Однако развитие ЛИ в районе обитания популяции Бетпак-Дала угрожает приостановить или обратить данный процесс восстановления. Правительство Казахстана планирует строительство 2 000 км асфальтной дороги, известной как дорога Центр-Запад, между городами Нур-Султан и Актау как части плана экономической стимуляции Нурлы Жол с бюджетом в 9 миллиардов долларов США, направленного на развитие и модернизацию дорог, ж/д путей и иной инфраструктуры. Значительная часть предполагаемой дороги Центр-Запад уже существует в виде грунтовой дороги, асфальтирование которой завершено или продолжается на некоторых ее участках. Наибольшую проблему для сохранения сайги представляет 612-км отрезок между г. Нур-Султан и г. Иргиз, разделяющий территорию обитания популяции Бетпак-Дала. Большая часть данного отрезка располагается в районе естественной степи без дорог вдоль предполагаемого маршрута, но грунтовые и асфальтные дороги встречаются местами.

Строительство асфальтной дороги Центр-Запад между г. Нур-Султан и Иргиз вероятно повредит популяции сайги несколькими способами. Во-первых, асфальтная дорога выступит в качестве миграционного барьера сайги между регионами обитания в разные сезоны. Предыдущая телеметрия и отдельные сообщения указывают на то, что сайга очень чувствительна к ЛИ и иным антропогенным раздражителям, и зачастую избегают пересечения автодорог и ж/д путей с повышенным движением (Ассоциация по охране биологического разнообразия Казахстана, 2021 г, неопубликованные данные). Барьерный эффект асфальтной дороги может ограничить или снизить доступность миграции значительной части популяции между летними и зимними ареалами обитания, что, в свою очередь, снизит доступность фуража и иных ресурсов, повысит риск заболеваемости из-за концентрации большого количества особей на малой территории и снизит возможности для спаривания (Wingard et al., 2014b). Повышенная доступность территорий в связи со строительством дороги Центр-Запад также может повысить угрозу браконьерства. И в завершении, усовершенствование дороги повысит объем дорожного движения, повышая показатель смертности особей популяции от столкновения с транспортными средствами при попытке пересечения дороги.

Здесь мы привели пространственный анализ с использованием данных о местах обитания сайги для иллюстрации того, как проект дороги Центр-Запад может повредить популяцию Бетпак-Дала.

МЕТОДЫ

Мы использовали данные телеметрии особей сайги с GPS-ошейниками для изучения тенденции миграции и использования территорий в связи с присутствием существующих дорог и типа их покрытия вблизи предполагаемого маршрута дороги Центр-Запад, а также сделать вывод о том, как строительство дополнительных дорог и усовершенствование старых может повлиять на эти тенденции. Мы получили данные о предполагаемом маршруте и существующих типах покрытия (асфальтная дорога, грунтовая или отсутствует) дороги Центр-Запад из проектной документации, предоставленной Министерством индустрии и инфраструктурного развития Казахстана. Мы получили данные телеметрии 81 особи сайги с GPS ошейниками с 2009 по 2017 гг. как части исследований в рамках Природоохранной инициативы Алтын Дала (ПИАД). Ошейники были закреплены на особях двух групп, Тенгиз и Торгай, обитающих на разных территориях внутри общей территории популяции Бетпак-Дала. Каждая из групп на данный момент занимает территории к северу и к югу от дороги Центр-Запад в зависимости от сезона. Наблюдение за особями проводилось в течение 2,5 лет, после чего ошейники спадали с них.

Мы оценили влияние асфальтной дороги двумя путями. Первый способ - при помощи динамической модели движения Броуновского моста (Horne et al., 2007; Kranstauber et al., 2012) для составления карт территории постоянного обитания каждой особи с ошейником. Эта модель предлагает расчет потенциального использования территории популяцией сайги на основе показаний GPS датчиков особей, а также времени, прошедшего между использованием двух локаций. Мы подсчитали территории постоянного проживания для каждой из групп на основе показателей использования территорий каждой особи на 99% (Тенгизской группы) и 99,5% (Торгайской группы), затем сопоставили распространение такого использования всеми особями в каждой группе в территорию суммарного использования, отражающую общее использование пространства группой. Затем мы произвели наложение предполагаемого маршрута дороги Центр-Запад на территории постоянного обитания каждой группы и определили протяженность каждого типа покрытия дороги (асфальт, грунтовая или отсутствующее) вдоль маршрута, пересекающего территории постоянного обитания.

Второй способ - наблюдение за обнаруженными миграционными путями 43 особей с ошейниками, которые пересекали маршрут предполагаемой дороги Центр-Запад хотя бы один раз за период наблюдения. Мы определили количество переходов каждой особи через данный маршрут за период исследования, а также существующий тип дорожного покрытия (асфальт, грунтовая или отсутствующее) в месте каждого пересечения. Места пересечения определялись прямой линией между двумя следующими друг за другом показателями GPS ошейника по обе стороны от предполагаемого маршрута. Мы сопоставили данную миграционную статистику среди всех особей и сделали выводы о миграционном поведении на уровне популяции.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Территории постоянного обитания Тенгизской и Торгайской групп располагаются по обе стороны предполагаемого маршрута дороги Центр-Запад. Примерно 19% территорий Тенгизской и 26% Торгайской группы располагаются к северу от маршрута и могут потенциально быть отрезанными от более обширных территорий постоянного обитания, расположенных к югу от маршрута после завершения строительства (Рисунок 15).

Карты территорий постоянного обитания указывают на то, что использование территорий вблизи предполагаемого маршрута, а также пересечение его сильно ограничены существующими дорогами (

таблица12). Территория постоянного обитания Тенгизской группы охватывает 53 км маршрута, вся протяженность которого на данный момент не имеет дороги. Территория постоянного обитания Торгайской группы охватывает 125 км маршрута, 4,8 км из которого имеет грунтовую дорогу или не имеет дороги вовсе. Территории постоянного обитания обеих групп исключают местности в приближении более, чем 5 км к участкам маршрута с асфальтным покрытием (Рисунок15).

30 особей Тенгизской и 13 Торгайской группы пересекали предполагаемый маршрут дороги Центр-Запад за весь период исследования. Особи пересекали маршрут в среднем 5,8 раз каждая за весь период исследования, а некоторые особи до 20 раз. В целом, сайга с ошейниками совершили 249 пересечений предполагаемого маршрута, 2% из которых пришлись на асфальтированные участки дороги (

Таблица 13). И поскольку многим более чем 2% предполагаемого маршрута в зоне обитания Торгайской и Тенгизской групп имеют асфальтное покрытие (Рисунок15), можно сделать вывод о том, что сайга проявляют тенденцию к избеганию участков асфальтированной дороги; вместо этого сайга предпочитают пересекать предполагаемый маршрут в местах с грунтовой дорогой или без дороги вовсе.

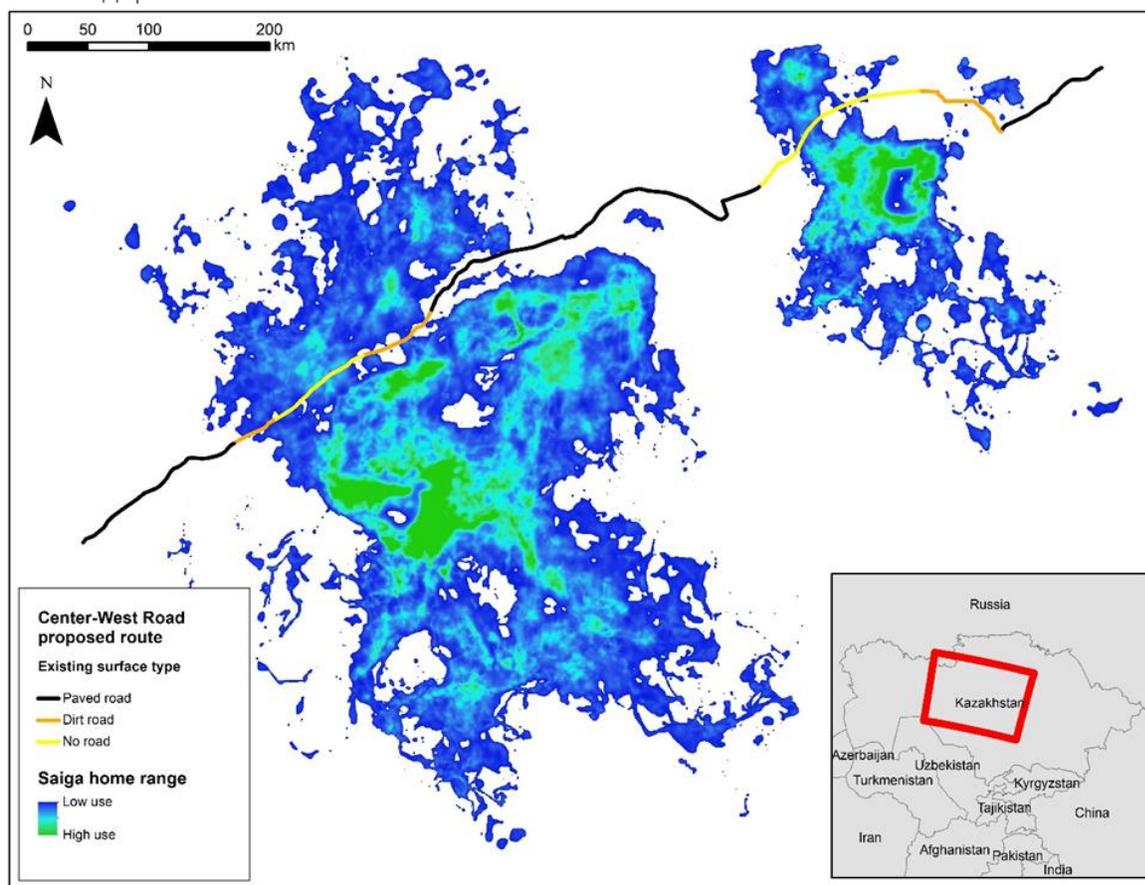


Рисунок15: Территории постоянного обитания Торгайской группы (в центре слева) и Тенгизской группы (сверху справа) популяции сайги Бетпак-Дала в центральном Казахстане. Предполагаемый маршрут дороги Центр-Запад разделяет территории постоянного обитания обеих групп.

Таблица 12: Наложение территорий постоянного обитания Тенгизской и Торгайской групп популяции сайги Бетпак-Дала с маршрутом дороги Центр-Запад

ТАБЛИЦА 12: НАЛОЖЕНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ПОСТОЯННОГО ОБИТАНИЯ ТЕНГИЗСКОЙ И ТОРГАЙСКОЙ ГРУПП ПОПУЛЯЦИИ САЙГИ БЕТПАК-ДАЛА С МАРШРУТОМ ДОРОГИ ЦЕНТР-ЗАПАД

СУЩЕСТВУЮЩЕЕ ПОКРЫТИЕ	ПРОТЯЖЕННОСТЬ НАЛОЖЕНИЯ С ТЕРРИТОРИЕЙ ПОСТОЯННОГО ОБИТАНИЯ (КМ)	
	ТЕНГИЗСКАЯ ГРУППА	ТОРГАЙСКАЯ ГРУППА
Дорога отсутствует	53,6	75,4
Грунтовая дорога	0	44,4
Асфальтная дорога	0	4,8

Таблица 13: Количество обнаруженных пересечений предполагаемого маршрута дороги Центр-Запад 43 особями с ошейниками из популяции Бетпак-Дала за период исследований

ТАБЛИЦА 13: КОЛИЧЕСТВО ОБНАРУЖЕННЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ПРЕДПОЛАГАЕМОГО МАРШРУТА ДОРОГИ ЦЕНТР-ЗАПАД 43 ОСОБИМИ С ОШЕЙНИКАМИ ИЗ ПОПУЛЯЦИИ БЕТПАК-ДАЛА ЗА ПЕРИОД ИССЛЕДОВАНИЙ

СУЩЕСТВУЮЩЕЕ ПОКРЫТИЕ	КОЛИЧЕСТВО ПЕРЕСЕЧЕНИЙ	ПРОЦЕНТ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ
Дорога отсутствует	203	81
Грунтовая дорога	40	16
Асфальтная дорога	6	2

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты пространственного анализа указывают на то, что миграция и использование территорий популяцией сайги существенно ограничены асфальтными дорогами. Территории постоянного проживания Тенгизской и Торгайской групп охватывают обширные участки предполагаемого маршрута дороги Центр-Запад, но практически полностью избегают участки асфальтированной дороги и территории непосредственно прилегающие к ним. Данные миграции указывают на то, что сайга часто пересекает предполагаемый маршрут дороги Центр-Запад во время сезонной миграции, но места таких пересечений приходятся исключительно на участки маршрута с грунтовыми дорогами или без дорог вовсе. Поэтому асфальтирование дороги вдоль всей протяженности предполагаемой дороги Центр-Запад вероятно снизит качество ареала обитания вдоль нее, и важнее этого - предотвратит способность сайги перемещаться через дорогу с целью доступа на важнейшие сезонные территории обитания.

Следует ожидать, что асфальтирование всего участка дороги Центр-Запад разделит обе группы на северную и южную подгруппы внутри каждой и ограничит перемещение между ними. Объем перемещений через асфальтную дорогу будет зависеть от объема дорожного движения на ней. Если дорожное движение будет весьма активным для создания барьера миграции, то значительная часть территорий постоянного обитания популяции сайги станет недоступной, что увеличит плотность популяции и снизит количество фуража в летний период и предотвратит

возможность миграции в более мягкие климатические условия в зимний. При сниженной активности дорожного движения и соответственно сниженном барьере миграции стоит ожидать, что сайга все равно будут сомнительно пересекать дорогу и в связи с этим могут запоздало достигать территорий летнего обитания с лучшим качеством и доступностью фуража. Через некоторое время уменьшение доступности ресурсов для популяции сайги в связи с проектом дороги Центр-Запад может привести к снижению ее генетического разнообразия и численности. Такой тип влияния дороги может также накладываться или оказывать совместное воздействие с иными угрозами для популяции сайги, такими как браконьерство, инфекционные заболевания, изменения климата и экстремальные погодные условия (IUCN, 2018).

Биологическое влияние асфальтирования дороги Центр-Запад не ограничено только популяцией сайги. Грунтовые дороги участка предполагаемого маршрута пересекают естественные нетронутые степи Тургайского национального природного заказника (убежища) - ОТ и Рамсарского угодья с 1976 г - ключевой зоны биологического разнообразия. Маршрут также проходит через сгустки экологических коридоров Ыргыз-Тургай-Жыланшык, государственного природного резервата Иргиз-Тургай, государственного природного резервата Алтын Дала, - все из которых были созданы для защиты миграции, отела и летних пастбищ сайги, требующих легкодоступного сообщения между собой. Строительство асфальтной дороги на данных участках может также повлиять на популяции иных видов, представляющих ценность в вопросах охраны природы. Влажные луга данной местности являются местом линьки многих редких видов птиц и местом размножения 25 000 пар водоплавающих птиц, включая кудрявого пеликана и савки.

Министерство индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан предлагает уменьшить влияние дороги Центр-Запад на популяции сайги и иной дикой фауны посредством строительства серии конструкций для пересечения (надземных и подземных переходов) для облегчения безопасного перехода дикими животными асфальтной дороги. Но биологи склонны считать, что сайга вряд ли станет пользоваться такими конструкциями и будет избегать дороги в целом, когда на ней появится асфальтное покрытие и увеличится объем дорожного движения. Остается также неясным, где данные конструкции должны располагаться для предоставления максимальных возможностей по пересечению для сайги, так как миграционные пути данной популяции значительно варьируются от особи к особи и в течение лет.

Меры по уменьшению влияния, описанные выше, предлагают перемещение маршрута дороги Центр-Запад во избежание разделения территории обитания популяции Бетпак-Дала и могут служить наилучшим способом избежать серьезного влияния на популяцию сайги. Природоохранная инициатива Алтын Дала идентифицирует альтернативный маршрут, который рассматривался правительственными разработчиками на начальных стадиях исследований возможности строительства; такой маршрут снизит влияние на популяцию сайги посредством обхода территорий ее постоянного обитания всего на 50 км от общей протяженности маршрута. Такой альтернативный маршрут также снизит общие затраты на строительство, так как пройдет по маршруту уже существующих и усовершенствованных дорог. Он также повысил бы экономическую выгоду, соединив небольшие поселения человека с более крупными сообществами региона.

ВКЛАД

Данные о миграции сайги были собраны в рамках Казахстанской ПИАД. Стефен Цутер и Альберт Салемгареев отвечали за сбор, обработку и анализ данных. Стефани Уорд провела оценку отчета с точки зрения ПИАД, внедряемой Ассоциацией биологического разнообразия Казахстана при финансовой и технической поддержке Международной организации Фауны и Флоры, Зоологического сообщества Франкфурта и Королевского сообщества защиты птиц в партнерстве с Комитетом лесных ресурсов и дикой фауны Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан. Тайлер Крич (ЦОКЛ) подготовил отчет. Роб Эмент (ЦОКЛ/ЗИТ) и Тони Кливенджер (ЗИТ) внесли вклад в данный отчет.

АНАЛИЗ 5: УГРОЗЫ ВАЖНЫМ ЗОНАМ ОБИТАНИЯ ПТИЦ СО СТОРОНЫ БУДУЩЕГО СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЭП В ТАИЛАНДЕ

ЛЭП транспортируют энергию от центров генераторов (напр., гидроэлектростанций, атомных или солнечных электростанций) в регионы потребления: города и промышленные центры, а также распределительные подстанции, от которых энергия подается в центры потребления меньшего спроса. Сети ЛЭП среди ландшафтов могут оказывать различное влияние на окружающую среду, включая сокращение, разрушение и фрагментацию ареалов обитания; шумовое и электромагнитное загрязнение; повышение смертности дикой фауны от электрического шока при прямом контакте и столкновениях (Biasotto & Kindel, 2018; Ferrer & Janns, 1999). Смертность от ЛЭП - серьезная проблема многих летающих видов, в частности крупных видов птиц, использующих провода под напряжением в качестве жердочек (Chevallier et al., 2015). Летающие группы, которые чаще всего погибают от электрического шока или столкновения с проводами, включают дрофиных, фламинго, журавлей, водоплавающих птиц прибрежных птиц, курообразных и хищных птиц; смертность от ЛЭП была установлена как причина сокращения численности популяций нескольких видов из данных групп (A. R. Jenkins et al., 2010).

Таиланд является местом постоянного обитания многих из этих уязвимых групп и имеет амбициозные планы по расширению национальной электрической сети, поэтому угроза биологическому разнообразию со стороны ЛЭП весьма велика. Таиланд является частью Индо-Бирманской точки биологического разнообразия (Myers et al., 2000) - одного из наиболее важных биологических регионов планеты. Он занимает 17 позицию в списке стран с наивысшим биологическим разнообразием, включая 936 видов птиц. Здесь также обитает 67 видов птиц, подвергающихся глобальной угрозе, - 12 место среди всех стран (BLI, 2021). Но сокращение ареалов обитания и иные типы угроз видам возрастают. С 1961 по 2009 гг площадь лесного покрова суши сократилась с 53% площади страны до 32% (Convention on Biological Diversity, 2021) - огромная степень сокращения ареалов обитания лесных видов птиц и иной дикой фауны. Дополнительное сокращение ареалов обитания и повышение прямой смертности птиц вероятно произойдет в ближайшем будущем в результате строительства ЛЭП для удовлетворения потребности в энергии Таиланда, которое прогнозируемо возрастет на 78% с 2017 по 2036 гг (IRENA, 2017).

Здесь мы приводим пространственный анализ потенциального влияния ЛЭП на зоны исключительной значимости для видов птиц Таиланда.

МЕТОДЫ

Мы произвели наложение предполагаемых ЛЭП Таиланда с Зонами повышенного биологического разнообразия (ВПБР). ВПБР - зоны, определенные как важнейшие для долгосрочной жизнеспособности природно встречающихся популяций птиц, на основании встречаемости видов под глобальной угрозой, с ограниченными территориями обитания и стайных. Мы сфокусировали свое внимание на ВПБР вместо общих КТБР, потому что мы особо интересовались влиянием на птиц, которые являются весьма уязвимыми перед влиянием ЛЭП (смотри Приложение 4). Мы получили пространственные данные о ВПБР от организации по защите птиц BirdLife International (BLI, 2020).

Нам не удалось получить такие данные напрямую у правительства для проведения быстрой оценки, поэтому мы провели ручную оцифровку маршрутов предполагаемых ЛЭП с карт в наиболее обновленной версии Плана энергетического развития Таиланда (Energy Policy and Planning Office, 2019). Используя информацию из плана 2018 года, мы классифицировали каждую предполагаемую ЛЭП в качестве нового проекта строительства (напр., такие, что не следуют путям уже существующих ЛЭП) или проекта усовершенствования (напр., новых линий, пристраиваемых к существующим ЛЭП). Мы также классифицировали каждый проект, как в стадии строительства или предполагаемый (согласно опубликованному плану Таиланда за апрель 2019 года).

Мы характеризовали охват потенциального расширения электросетей с подсчетом общей протяженности предполагаемых ЛЭП по типу проекта (новый или усовершенствование) и по статусу проекта (в стадии строительства или предполагаемый). Мы рассчитали общую длину предполагаемых ЛЭП, пересекающих ВПБР, в качестве показателя потенциальной угрозы популяциям птиц. Поскольку некоторые маршруты ЛЭП имеют многочисленные параллельные ветки, мы подсчитали протяженность маршрута и протяженность цепи, где последняя учитывает длину маршрута и количество параллельных веток вдоль него.

РЕЗУЛЬТАТЫ

ЛЭП общей протяженностью в 7 026 км и протяженностью цепи в 12 718 км будут предположительно введены в сеть к 2037 году согласно Плану экономического развития Таиланда (Таблица 14, Рисунок 16). Примерно 65% протяженности предполагаемого увеличения сети ЛЭП пройдет по новым маршрутам, а остальные 35% будут добавлены вдоль существующих маршрутов (напр., усовершенствования). К апрелю 2019 г. 73% протяженности маршрута и 81% протяженности сети предполагаемых ЛЭП находились в стадии строительства.

Предполагаемые ЛЭП пересекут девять ВПБР Таиланда: Бу До-Сунгаи Пади, Чалоем Пра Киет, Каенг Крачан, Кхао Бантад, Кхао Нор Чучи, Кхао Яй, Нижний центральный бассейн, Талекан и Топариват (Рисунок 16). Примерно 468 км (6,7%) общей протяженности маршрута предполагаемых ЛЭП пересечет ВПБР; эта статистика становится еще выше с учетом протяженности сети (880 км, 6,9%). ВПБР, которые будут пересечены предполагаемыми ЛЭП, расположены в основном в южной полуостровной части Таиланда и в общем вблизи Бангкока. Хотя некоторые предполагаемые ЛЭП пройдут напрямую через ВПБР, пролегание веток вдоль границ ВПБР распространено более.

Таблица 14: Протяженность предполагаемых ЛЭП в Таиланде и в границах зон повышенного разнообразия птиц и биологического разнообразия (ВПБР)

ТАБЛИЦА 14: ПРОТЯЖЕННОСТЬ ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ ЛЭП В ТАИЛАНДЕ И В ГРАНИЦАХ ЗОН ПОВЫШЕННОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПТИЦ И БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ (ВПБР). ПРОТЯЖЕННОСТИ СЕТИ, ПОМНОЖЕННАЯ НА КОЛИЧЕСТВО ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЕТОК ВДОЛЬ МАРШРУТА				
		ВСЕ ЛЭП	ЛЭП ВНУТРИ ВПБР	% ВНУТРИ ВПБР
Протяженность маршрута (км)	Новые	4,579	315	6,9
	Усовершенствование	2,448	153	6,2

	Будущие	1,902	53	2,8
	В стадии строительства	5,124	415	8,1
	Все категории	7,026	468	6,7
Протяженность сети (км)	Новые	9,291	660	7,1
	Усовершенствование	3,427	221	6,4
	Будущие	2,443	72	2,9
	В стадии строительства	10,275	809	7,9
	Все категории	12,718	880	6,9

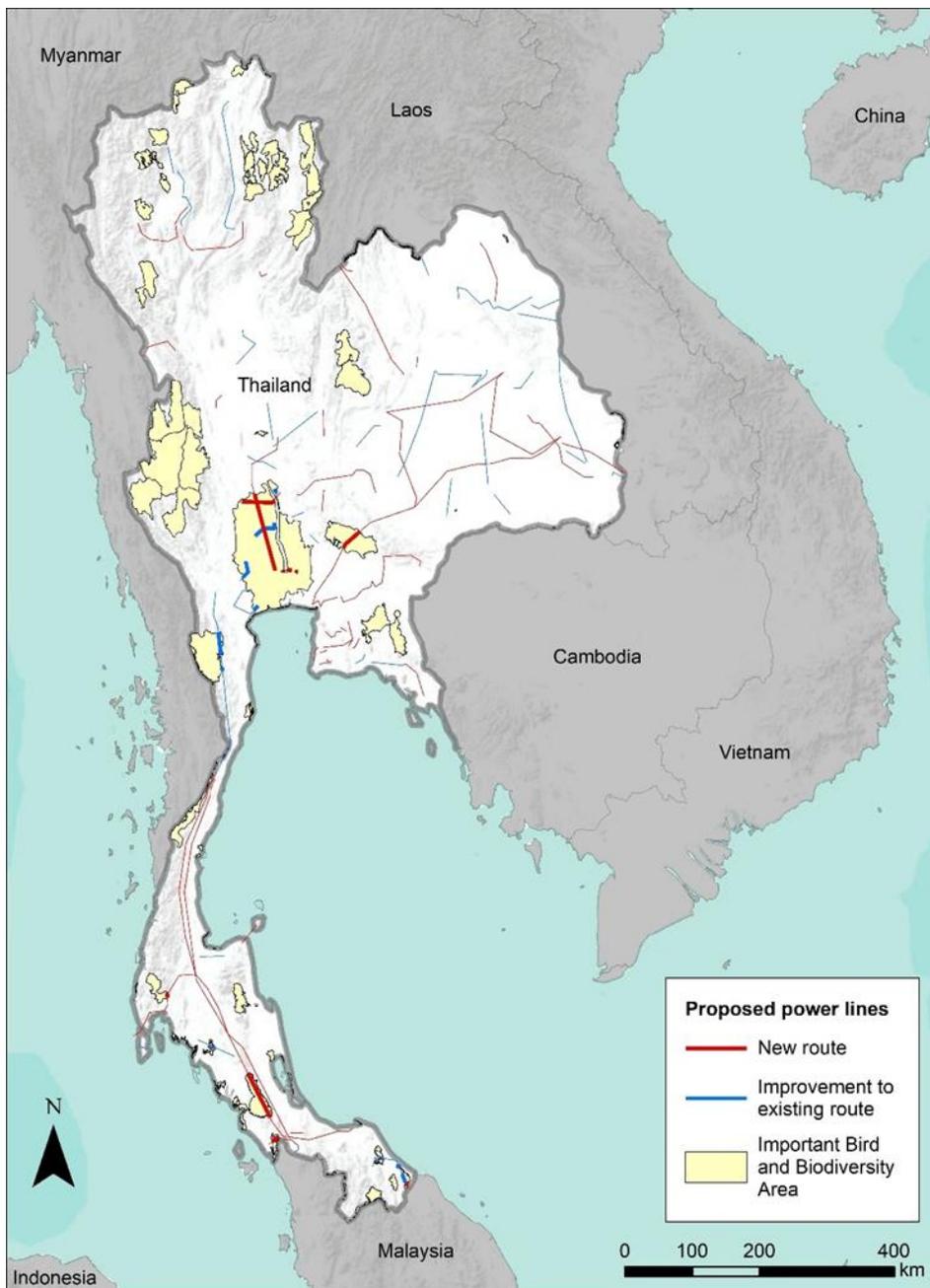


Рисунок 16: Предполагаемые ЛЭП и зоны Высокого разнообразия птиц и биологического разнообразия (ВПБР) в Таиланде. Жирные линии указывают предполагаемые ЛЭП, которые пересекут ВПБР.

ОБСУЖДЕНИЕ

План энергетического развития Таиланда призывает к существенному расширению национальной электрической сети, включая важнейшие для охраны птиц и иных таксонов территории. Если все предполагаемые ЛЭП будут построены, это приведет к 38% увеличению общей протяженности национальной сети по состоянию на март 2017 г. (IRENA, 2017). Основная часть предполагаемого расширения предусматривает строительство новых маршрутов (вместе с сопутствующим строительством дорог, очистке от растительности, перемещению грунтов и т.п.) в

отличие от усовершенствования существующих маршрутов, поэтому потенциал влияния на девственные ареалы обитания представляется существенным.

В пределах четырех ВПБР предполагается наибольшая степень вреда популяциям птиц из-за размаха строительства на данных территориях при сооружении ЛЭП. Национальный парк Кхао Яи примерно в 100 км к северо-востоку от Бангкока - третий по размерам национальный парк Таиланда и на данный момент остается на 80% лесистым. Это часть лесного комплекса Донг Пхаяен-кхао Яи - серийное природное угодье мирового наследия. Кхао Яи - одно из нескольких хорошо известных мест зимовки серебряной иволги (под глобальной угрозой) и место постоянного обитания нескольких других видов птиц под глобальной угрозой или близких к исчезновению или уязвимых, включая коричневую птицу-носорога, двурогого калао, индийской змеешейки, серого пеликана, пурпурного голубя и красноклювой земляной кукушки (BLLI, 2021a; IUCN and UNEP, 2017). Предполагаемые ЛЭП протяженностью 34 км и протяженностью сети в 68 км пересекут этот национальный парк.

Природный заповедник Кхао Бантан в южной части Тайского полуострова - это зона известняковых холмов с вечно-зелеными лесами. Эта ВПБР поддерживает популяцию ястребиного орла Уолласа, находящуюся под глобальной угрозой, а также 32 вида на грани глобальной угрозы, включая морщинистого калао и золотистогорлого бородастика (BLLI, 2021c). Предполагаемые новые ЛЭП общей протяженностью 73 км и протяженностью сети в 146 км пересекут данную ВПБР вблизи ее восточной границы.

ВПБР нижнего центрального бассейна состоит из Нижней центральной равнины реки Чаупхрая, включая город Бангкок. Данная территория когда-то была занята природными болотами, но была преобразована в рисовые поля и теперь имеет высокую плотность населения, хотя несколько небольших участков находятся под защитой в качестве зон, где запрещена охота. Данная ВПБР постоянно поддерживает свыше 20 000 водоплавающих птиц, а также используется видами птиц под глобальной угрозой, включая большого подорлика, могильника, серого пеликана и индийского марабу (BLLI, 2021d). Новые ЛЭП протяженностью в 184 км и протяженностью сети в 398 км предполагаются к строительству в ВПБР Нижнего центрального бассейна вместе с усовершенствованиями маршрута протяженностью в 85 км и протяженностью сети в 113 км.

Национальный парк Каен Крачан - это крупнейший национальный парк Таиланда, расположенный к юго-западу от Бангкока вдоль границы с Мьянмой. Он является частью лесного комплекса Каен Крачан, который номинирован на статус угодья мирового природного наследия. ВПБР состоит из вечно-зеленых и полу-вечнозеленых лесных ареалов обитания в горной местности гряды Тенассерим и содержит самое высокое количество зарегистрированных видов птиц среди угодий всей страны. Не менее пяти видов птиц под глобальной угрозой (красноватый калао, полосатогрудый зимородок, белолобая сова, серебристая иволга и буроголовый дрозд) встречаются в Каенг Крачан, а также не менее 25 видов близких к глобальной угрозе птиц (BLLI, 2021b). Предполагаемые усовершенствования ЛЭП протяженностью 40 км и протяженностью сети 80 км пройдут через эту ВПБР вблизи ее восточной границы.

План развития ЛЭП Таиланда также имеет потенциал влияния на биологическое разнообразие не летающих видов. ВПБР, которые будут пересечены предполагаемыми ЛЭП, поддерживают многочисленные виды млекопитающих Красной книги МСОП, таких как азиатский слон, гаур,

тигр, дымчатый леопард, кошка Темминка, красный волк, коричневая черепаха, свинохвостый макак, кампучийский гиббон и малайский дикобраз. Красно-книжные рептилии и амфибии, такие как коричневая черепаха, бородавчатый веслоног Чантабури и Тайская тонкая жаба, также обитают в ВПБР. Древесные приматы и летучие мыши также уязвимы перед электрическим шоком от ЛЭП, а живущие на земле млекопитающие и пресмыкающиеся могут страдать от сокращения и фрагментации ареалов обитания в связи с расчисткой местности от растительности полос отвода ЛЭП (смотри Приложение 4). Прогалины в лесном покрове из-за ЛЭП также фрагментируют ареалы обитания древесных видов и могут быть частично вредными для таких видов, как гиббоны, которые обитают только в кроне деревьев и никогда не спускаются на землю для пересечения таких прогалин.

Мы сфокусировали свое внимание на влиянии ЛЭП на ВПБР, так как ценность таких территорий для охраны птиц и иных таксонов весьма высока и хорошо изучена. Однако новые и усовершенствованные ЛЭП вне ВПБР также повлияют на биологическое разнообразие. Таиланд находится на пути Восточноазиатско-Австралийского пролетного пути, который используется миллионами перелетных птиц, путешествующих к местам гнездовки в Арктике и местам зимовки в Юго-Восточной Азии и Австралии. Птицы, совершающие перелет над Таиландом могут встретить на пути и получить вред от ЛЭП, включая также и те, что расположены на территориях промежуточной посадки вне пределов ВПБР.

Существует разнообразие возможных мер по уменьшению влияния ЛЭП на птиц и иные виды. В идеале ЛЭП стоит переместить с учетом обхода территорий, где влияние на виды неприемлемо - ОТ и участков важнейших ареалов обитания. Где такой обход не представляется возможным, необходимо провести прокладку ЛЭП под землей (Silva et al., 2014); однако избегание смертности птиц от столкновений и электрического шока все же необходимо, хотя может быть дорогостоящим и все равно представлять угрозу видам на стадии строительства. Там, где обход или подземная прокладка ЛЭП невозможны, успешно использовались меры предосторожности нескольких типов: меры по предотвращению посадки птиц на провода ЛЭП (напр., вращающиеся зеркала, щеточные дефлекторы и шипы), меры по предотвращению контакта с проводами под напряжением (напр., изоляционные наконечники и провода реконфигурации), а также меры повышения видимости проводов для уменьшения количества столкновений (напр., пометка проводов и разделителей). Эти меры варьируются по эффективности, но некоторые из них показали способность уменьшить смертность до 91% (Barrientos et al., 2012; Dixon et al., 2018, 2019); многие из них сравнительно дешевы и технически просты в установке (Mahood, 2021). Меры предосторожности по снижению смертности приматов от ЛЭП, пересекающих их ареалы обитания, также весьма доступны, например, установка металлических щитов на опорах ЛЭП для предотвращения доступа приматов на верхушки опор.

Маршруты ЛЭП, использованные нами в анализе, имеют некую степень пространственного несоответствия, так как были оцифрованы вручную при помощи карт мелкого масштаба, что могло повлиять на наши выводы о наложении с ВПБР. Данная проблема особо остро стоит в выводах о зонах пролегания предполагаемых ЛЭП вблизи границ ВПБР и небольшая пространственная погрешность может указывать на пересечение там, где его не существует; в частности там, где маршруты ЛЭП были специально спроектированы с расположением вдоль границ ВПБР. По этой причине наш анализ на национальном уровне лучше всего следует применять как инструмент первичной оценки, и следует проводить точные анализы проектного

уровня в тех зонах, где наш анализ предполагает наличие пересечения с ВПБР. Мы, однако же, указываем на то, что ЛЭП вблизи территорий ВПБР, но не внутри них, также имеют потенциал влияния на биологическое разнообразие, особенно сильно подвижных видов птиц, часто пересекающих границы ВПБР.

ВКЛАД

Данный отчет был подготовлен Меттом Беллом (ЗИТ), Тайлером Крич (ЦОКЛ), Робом Эментом (ЦОКЛ/ЗИТ), Грейс Стонсифер (ЦОКЛ) и Тони Кливенджером (ЗИТ). Чаитанья Кришна (в консультации с биологом по вопросам дикой природы, Индия) и Петч Манопавитр (в консультации с ученым специалистом по охране природы, Тайланд) также внесли вклад в данный отчет.

АНАЛИЗ 6: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ АСФАЛЬТНЫХ ДОРОГ И Ж/Д МАГИСТРАЛЕЙ НА ПОПУЛЯЦИЮ КУЛАНА И ДЖЕЙРАНА МОНГОЛИИ

Степная экосистема Гоби на юго-востоке Монголии является одной из последних сравнительно девственных экосистем обитания кочевых копытных (Ito et al., 2013; Joly et al., 2019) и домом для самых крупных остающихся популяций кулана и джейрана (Вуувейбаатар et al., 2017). Популяция кулана юго-востока Монголии отличается одним из самых больших суммарных расстояний ежегодной миграции среди всех видов - до 6 145 км/год (Joly et al., 2019). И хотя оба вида - кулан и джейран - считаются кочевыми, они необязательно следуют одинаковыми маршрутами каждый сезон; наоборот, их миграция более кочевая, движимая поиском качественного фуража, что в свою очередь зависит от тенденции осадков (Batsaikhan et al., 2014). Джейран считается уязвимым видом согласно Красной книги МСОП, а кулан - близким к угрозе вымирания, но оба вида также подлежат защите согласно Конвенции по сохранению мигрирующих видов диких животных. Влияние деятельности человека исторически существенно сократило численность популяции обоих видов, что делает Степную экосистему Гоби особенно важной в вопросе сохранения данных видов (Wingard et al., 2014a).

Однако целостность Степной экосистемы Гоби находится под угрозой в связи с расширением сети ЛИ Монголии. Множественные ж/д магистрали планируются или находятся в стадии строительства для увеличения доступа в районы месторождений минералов и органического топлива, а новые асфальтные дороги строятся для улучшения сообщения между населенными центрами и облегчения передвижения пассажиропотока и товарооборота (Batsaikhan et al., 2014). Процесс строительства новой инфраструктуры врезается в ландшафт и фрагментирует ареалы обитания копытных, а также создает барьеры миграции (Ito et al., 2013). Предыдущие исследования показали особую уязвимость кулана перед ж/д магистралями, которые обычно ограждают; одно исследование выявило создание абсолютного барьера миграции копытных на маршруте Трансмонгольской ж/д на востоке Монголии, отрезая одну из популяций кулана от дополнительных ареалов обитания с более подходящими условиями к востоку (Kaczensky et al., 2011). Еще большее ограничение миграции копытных в южной Монголии представляет граница Монголии и Китая, которая почти обнесена забором (Linnell et al., 2016). И в завершении, дополнительно к фрагментации ареалов обитания и ограничению миграции животных, облегчение доступа человека при помощи ЛИ может вызвать дополнительное давление от браконьерства (Kaczensky et al., 2006) или повышенной плотности населения в целом, которое обычно избегают копытными (Batsaikhan et al., 2014).

Здесь мы провели пространственный анализ для демонстрации потенциального влияния предполагаемой ЛИ на территории постоянного обитания и миграции на примере популяции кулана и джейрана в южной Монголии.

МЕТОДЫ

Мы получили данные телеметрии 20 особей кулана и 20 особей джейрана от Программы по охране дикой природы Монголии вместе с пространственными данными о предполагаемых расширениях асфальтных дорог и существующих дорогах, а также предполагаемых, строящихся и существующих ж/д магистралях. Животные с ошейниками отлавливались с целью проведения исследований по изучению ареалов обитания в зонах с разным территориальным управлением и разной интенсивностью развития, и поэтому не являются образцами, отражающими все

тенденции полных популяций кулана и джейрана. Мы изъяли данные местоположения в периоды отлова животных для закрепления ошейников и возврата их.

Мы исследовали потенциальное влияние предполагаемых ЛИ на особи с ошейниками двумя путями. Первый способ - мы рассмотрели потенциальное влияние на ареалы обитания копытных с помощью изучения наложения ЛИ и территорий постоянного обитания. Мы создали карту территорий постоянного обитания каждой особи при помощи 95% контура ядерной оценки плотности (ЯОП)(Leonard, 2017) и подсчитали площадь территорий постоянного обитания. Для кулана, учитывая отсутствие закрепленных территорий в Китае, такие территории постоянного обитания ограничены территорией внутри границ Монголии. Затем мы провели пространственное наложение данных ЛИ на индивидуальные полигоны территорий постоянного обитания, а также рассчитали среднюю протяженность каждого типа ЛИ внутри границ территорий постоянного обитания каждого вида. Мы создали карты для каждого вида отдельно для наглядной демонстрации мест крупнейшего наложения территорий постоянного обитания среди особей, а также мест блокирования предполагаемыми ЛИ доступа к другим частям территорий их постоянного обитания.

Мы затем изучили потенциальное влияние ЛИ на сообщение между особями с ошейниками с помощью подсчета количества пересечения каждой особью существующих и планируемых маршрутов ЛИ. Точки пересечения были выведены из данных телеметрии методом построение прямой линии между точками регистрации местоположения, следующими друг за другом, с максимальным временем между регистрацией в восемь часов. Каждое пересечение пути миграции особи с конструкцией ЛИ учтено как точка пересечения. Мы также создали карты мест таких пересечений для идентификации зон особо высокой плотности пересечений.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Джейран

Особи джейрана отслеживались в среднем 310 дней, с фиксированной медианой времени в один час на 13 животных и полчаса на 7 особей. Все записи велась с 14.10.2018 (12 особей) или с 18.10.2018 (8 особей). Самый короткий период наблюдения длился 16 дней, окончившись 30.10.2018, а самый длинный - 485 дней, окончившийся 11.02.2020.

20 особей джейрана занимали две различные территории - одна на юге у границы с Китаем и одна к северо-востоку (Рисунок17). В среднем территории постоянного обитания джейрана занимали 143 977 гектар (га); наименьшая из них - 677 га, а самая большая - 380 688 га (Таблица15). Большой разброс размеров территорий постоянного обитания вероятно выявлен из-за большой разницы во времени периода наблюдений, согласно этому особь, наблюдаемая всего 16 дней, имела наименьшую площадь территории постоянного обитания. В среднем 21,5 км существующих дорог уже пролегает на территории постоянного обитания каждой особи, а максимальная протяженность дорог в границах территории постоянного обитания одной особи составляет 130,5 км, из которых все в южной части. Самая высокая плотность наложения территорий постоянного обитания наблюдалась напрямую между двумя существующими дорогами. В среднем 6,4 км предполагаемых дорог наложились на территории постоянного обитания каждой особи, и в среднем 13,43 км ж/д путей находятся в стадии строительства внутри границ территорий постоянного обитания каждой особи. Наложения предполагаемых или

существующих ж/д путей с территориями постоянного обитания не регистрировалось. Территория постоянного обитания одной из особей распространяется на территорию Китая; из-за наличия нескольких закрепленных точек на территории Китая, мы включили данные о них в данный анализ.

Таблица 15: Наложение ЛИ с территориями постоянного обитания 20 особей джейрана по режимам

ТАБЛИЦА 15: НАЛОЖЕНИЕ ЛИ С ТЕРРИТОРИЯМИ ПОСТОЯННОГО ОБИТАНИЯ 20 ОСОБЕЙ ДЖЕЙРАНА ПО РЕЖИМАМ						
ПРОТЯЖЕННОСТЬ НАЛОЖЕНИЯ						
	Площадь (га)	Предполагаемая дорога (км)	Предполагаемый ж/д путь (км)	Ж/д путь в стадии строительства (км)	Существующая дорога (км)	Существующий ж/д путь (км)
Среднее	143 977	6,40	0	13,43	21,50	0
Минимальное	677	0	0	0	0	0
Максимальное	380 688	57,95	0	55,79	130,50	0

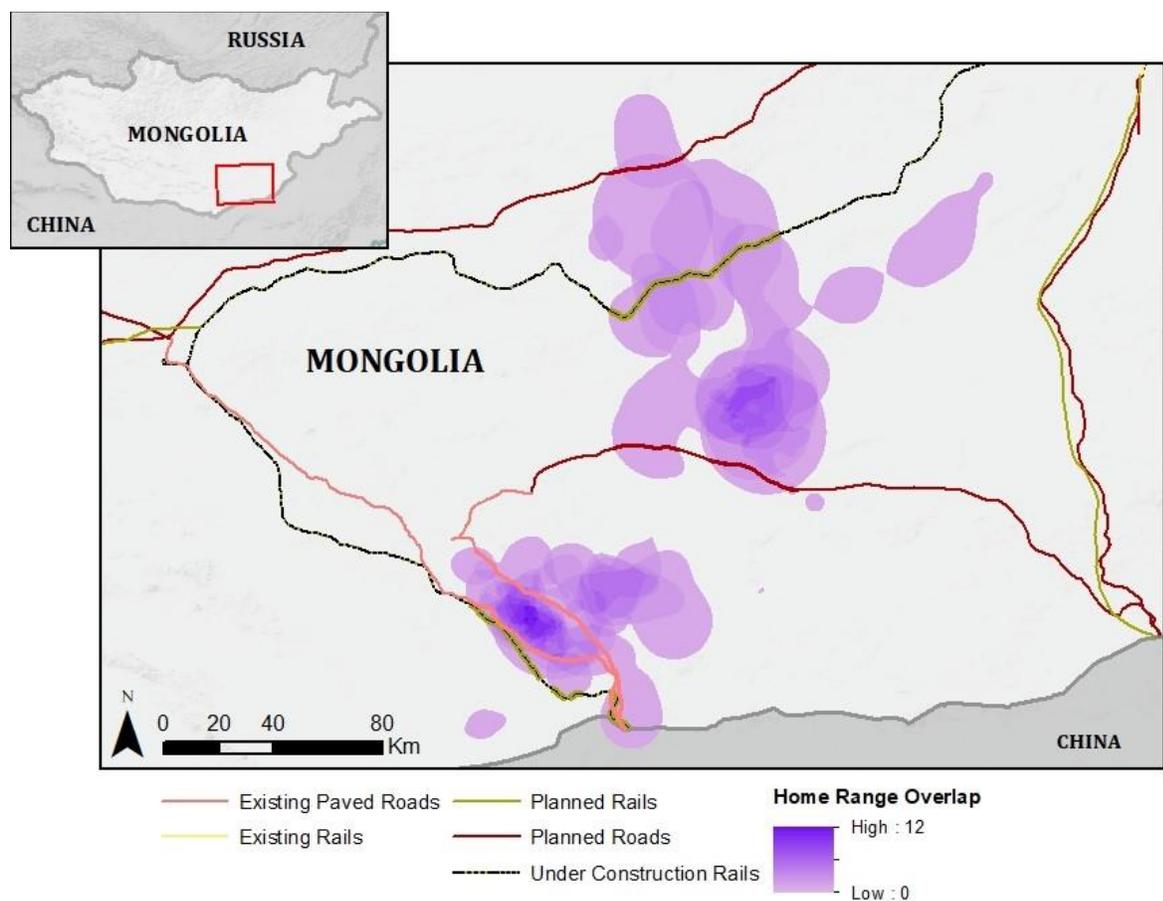


Рисунок 17: Наложение линейной инфраструктуры с территориями постоянного обитания 20 особей джейрана. Жирные линии указывают на пересечение существующих или предполагаемых ЛИ с территориями постоянного обитания.

Особь джейрана, наблюдаемые в данном исследовании, в среднем пересекали предполагаемые маршруты дорог 1,82 раза в год, но никогда не пересекали маршруты предполагаемых ж/д путей (Таблица 16). Они пересекали ж/д пути в стадии строительства в среднем 3,8 раз в год. Особи не пересекали существующие ж/д пути, но пересекали существующие дороги в среднем 3,45 раз в год. Половина особей пересекали предполагаемые дороги или дороги в стадии строительства хотя бы один раз. Точки пересечения особями предполагаемых дорог были несколько сгущены, а точки пересечения ж/д путей в стадии строительства распределялись более равномерно (Рисунок 18).

Таблица 16: Число пересечений в год по типу ЛИ 20 особей джейрана

ТАБЛИЦА 16: ЧИСЛО ПЕРЕСЕЧЕНИЙ В ГОД ПО ТИПУ ЛИ 20 ОСОБЕЙ ДЖЕЙРАНА					
ЧИСЛО ПЕРЕСЕЧЕНИЙ (ПЕРЕСЕЧЕНИЙ/ГОД)					
	Предполагаемая дорога	Предполагаемый ж/д путь	Ж/д путь в стадии строительства	Существующая дорога	Существующий ж/д путь
Среднее	1,82	0	3,80	5,79	0
Минимальное	0	0	0	0	0
Максимальное	24,28	0	19,73	31,00	0

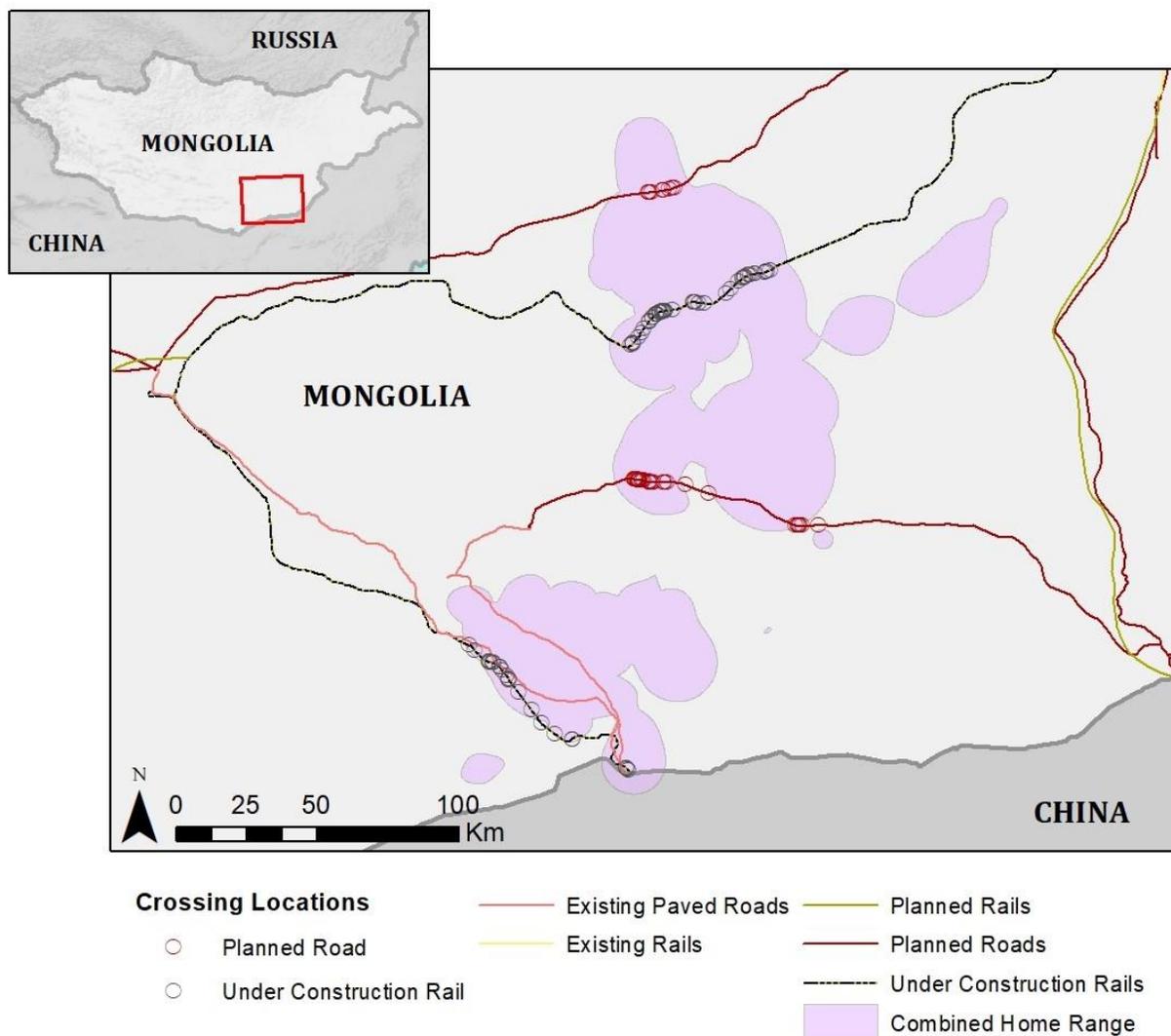


Рисунок 18: Места пересечений 20 особей джейрана предполагаемых ж/д путей, предполагаемых дорог и ж/д путей в стадии строительства.

Кулан

Особи кулана наблюдались в среднем 623 дня с фиксированной медианой в один час. Все записи велись с 23.08.2013 и 30.08.2018. Самый короткий период наблюдения длился 270 дней, окончившись 26.05.2014, а самый длинный - 727 дней, окончившийся 21.08.2015.

Территории постоянного обитания кулана были большими, чем у джейрана, и имели среднюю площадь в 2 643 885 га (Таблица 17, Рисунок 19). Наименьшая территория постоянного обитания имела площадь 328 492 га, а самая большая - 5 340 698 га. В среднем почти 215 км новых дорог и 83 км новых ж/д путей предполагается к постройке в границах территорий постоянного обитания 20 особей кулана, и в среднем 102,27 км ж/д путей в стадии строительства накладывались на территории постоянного обитания. В среднем 101,93 км существующих дорог пересекают территории постоянного обитания кулана, но только 0,03 км существующих ж/д

путей пересекают их. Хотя некоторые территории постоянного обитания, вычисленные при помощи алгоритма ЯОП, распространялись на территорию Китая, эта территория не учтена в общей площади из-за присутствия ограждения на границе государств, а также отсутствия закрепленных точек регистрации на территории Китая.

Таблица 17: Наложение ЛИ с территориями постоянного обитания 20 особей кулана по режимам

ТАБЛИЦА 17: НАЛОЖЕНИЕ ЛИ С ТЕРРИТОРИЯМИ ПОСТОЯННОГО ОБИТАНИЯ 20 ОСОБЕЙ КУЛАНА ПО РЕЖИМАМ

	ПРОТЯЖЕННОСТЬ НАЛОЖЕНИЯ					
	Площадь (га)	Предполагаемая дорога (км)	Предполагаемый ж/д путь (км)	Ж\д путь в стадии строительства (км)	Существующая дорога (км)	Существующий ж/д путь (км)
Среднее	2,643,885	214,84	82,66	102,27	101,93	0,001
Минимальное	328 492	20,74	0	0	0	0
Максимальное	5,340,698	606,09	231,86	317,73	243,05	0,03

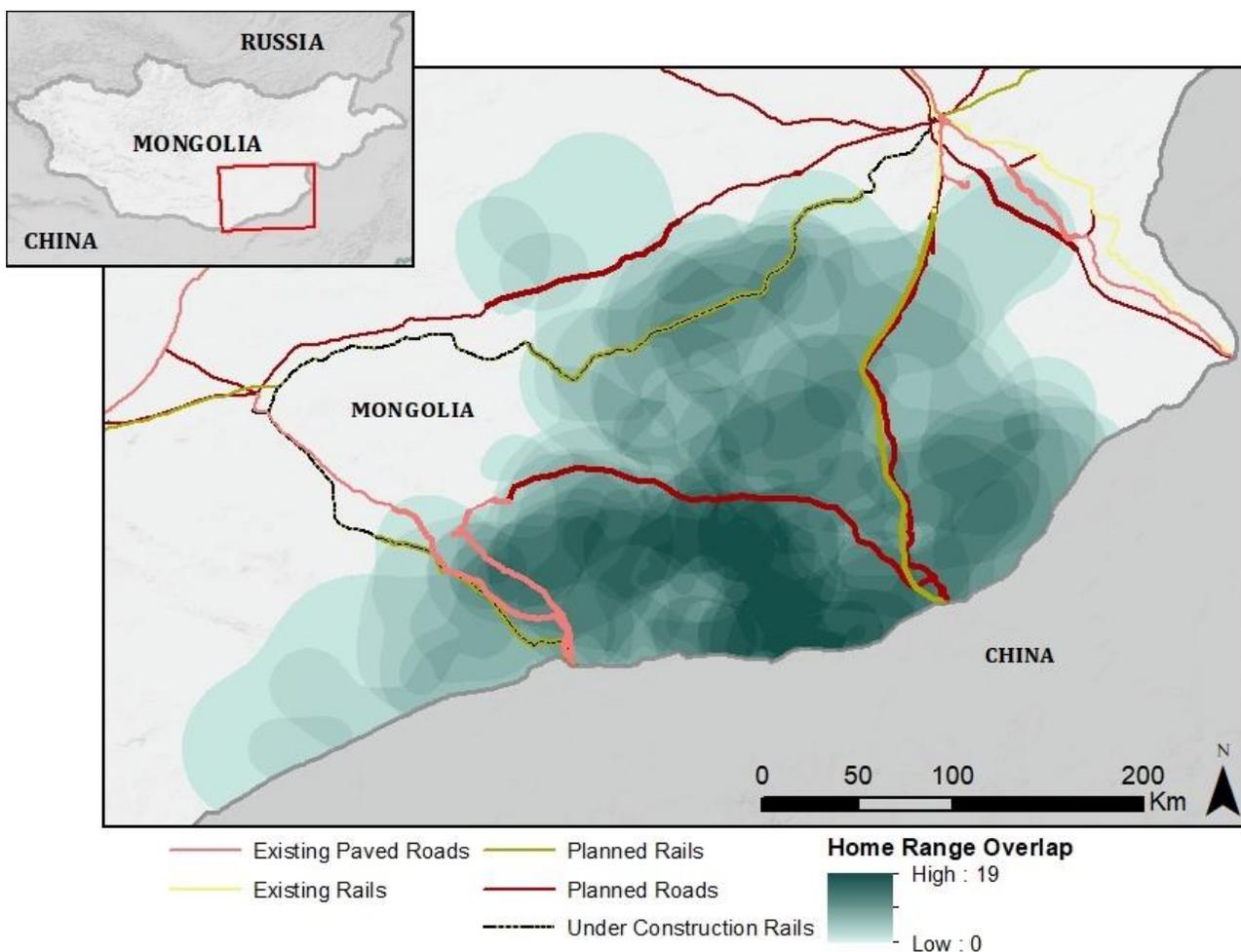


Рисунок 19: Наложение линейной инфраструктуры с территориями постоянного обитания 20 особей кулана. Жирные линии указывают на пересечение существующих или предполагаемых ЛИ с территориями постоянного обитания.

Особь кулана, наблюдаемые в данном исследовании, в среднем пересекали предполагаемые маршруты дорог 23,9 раз в год, а маршруты предполагаемых ж/д путей в среднем 10,4 раз в год (Таблица 18). Они пересекали ж/д пути в стадии строительства в среднем 8,9 раз в год. Особи кулана пересекали существующие асфальтные дороги в среднем 5,0 раз в год, но никогда не пересекали существующие ж/д пути. Каждая особь кулана пересекала маршрут предполагаемых дорог хотя бы дважды за период наблюдений, а одна особь - 101 раз, с количеством пересечений в 76,6 в год. Места точек пересечений были в общем распределены вдоль маршрута предполагаемых ЛИ, с повышенной плотностью точек в некоторых местах (Рисунок 20).

Таблица 18: Число пересечений в год по типу ЛИ 20 особей Кулана

ТАБЛИЦА 18: ЧИСЛО ПЕРЕСЕЧЕНИЙ В ГОД ПО ТИПУ ЛИ 20 ОСОБЕЙ КУЛАНА					
ЧИСЛО ПЕРЕСЕЧЕНИЙ (ПЕРЕСЕЧЕНИЙ/ГОД)					
	Предполагаемая дорога	Предполагаемый ж/д путь	Ж/д путь в стадии строительства	Существующая дорога	Существующий ж/д путь
Среднее	23,87	10,36	8,87	5,01	0

Минимальное	1,29	0	0	0	0
Максимальное	76,63	31,17	29,52	26,00	0

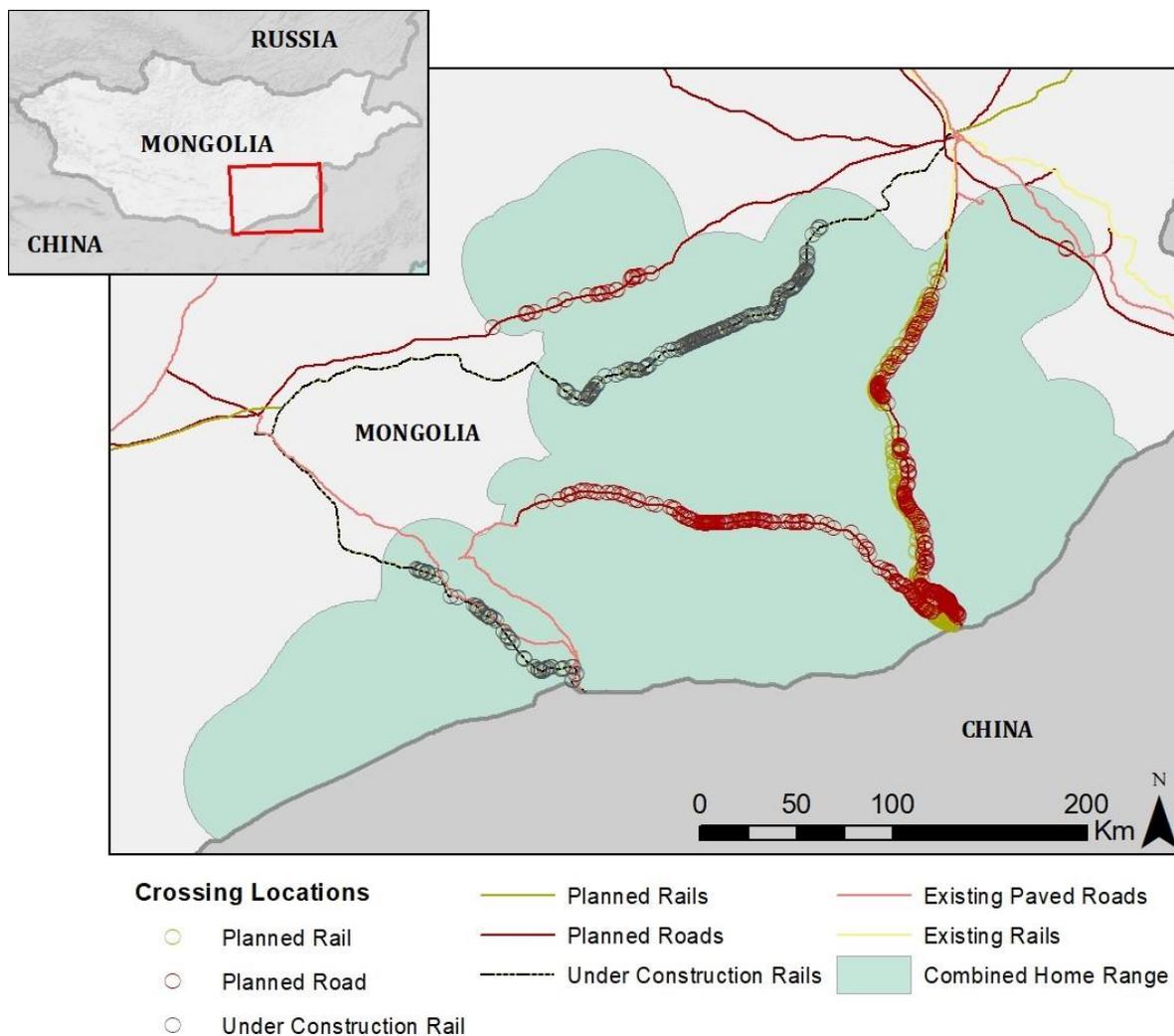


Рисунок20: Места пересечений 20 особей КУЛАНА предполагаемых ж/д путей, предполагаемых дорог и ж/д путей в стадии строительства.

Существующие Дороги

Оба вида пересекали существующие дороги: в течение двух периодов наблюдения особи кулана пересекали существующие дороги 176 раз, а особи джейрана - 69 раз в общем. Хотя точки пересечения были в целом распределены вдоль существующих дорог, точки пересечения особями кулана несколько скучены на западной части дороги, а джейрана - на восточной части (Рисунок21).

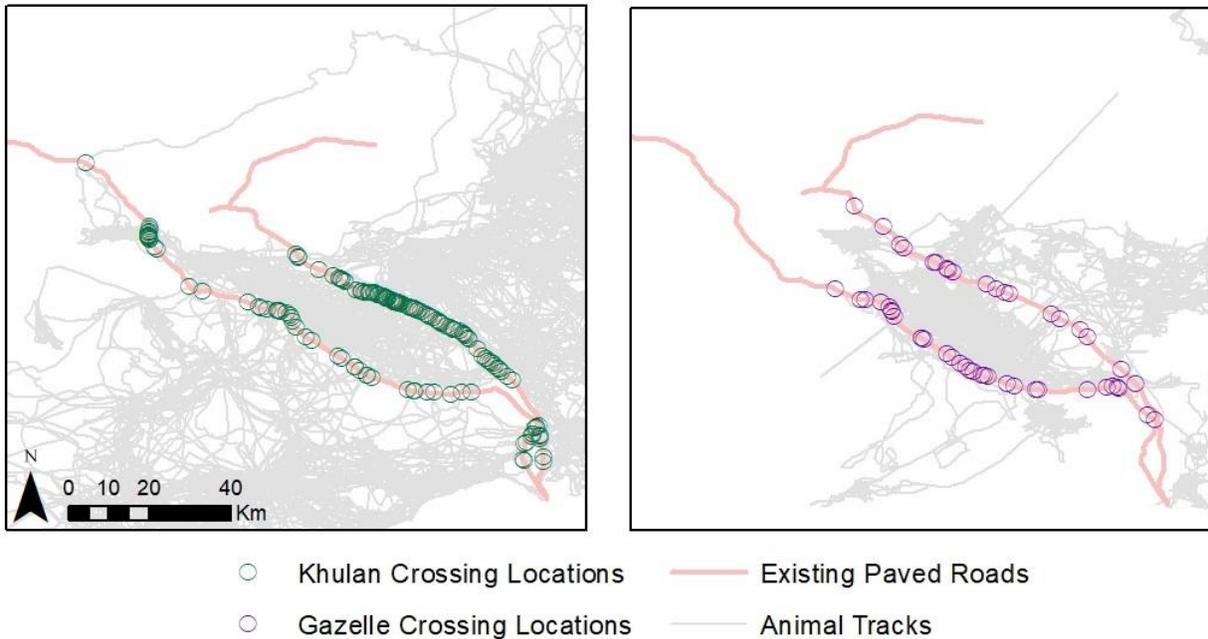


Рисунок21: Точки пересечения особей кулана и джейрана на существующих асфальтных дорогах.

ОБСУЖДЕНИЕ

Наш анализ небольшого пробы популяций кулана и джейрана указывает на то, что популяции данных видов на юго-востоке Монголии вероятно уязвимы перед влиянием предполагаемых ЛИ. Маршруты нескольких предполагаемых дорог и ж/д путей пройдут напрямую посередине наблюдаемых территорий постоянного обитания особей джейрана и кулана, потенциально снижая для них возможность перемещения по ландшафту в поисках качественного фуража. В целом заметно, что ж/д пути оказывают большее влияние на оба вида, чем асфальтные дороги, поскольку особи с ошейниками обоих видов периодически пересекали существующие асфальтные дороги, но не пересекали существующие ж/д пути. Однако основная часть перемещений этих 20 особей происходила в местности между двух существующих дорог в южной части территории постоянного обитания, что указывает на то, что дороги могут выступать в качестве частичного барьера миграции этих видов. Особи кулана проявили несколько меньшую степень уязвимости перед дорогами, но изучение индивидуальных перемещений показывает, что особи кулана в основном перемещались параллельно асфальтным дорогам, вероятно в поисках возможности пересечь их. Общее влияние этих дорог на копытных также вероятно зависит от объема дорожного движения (Gagnon et al., 2007); необходимо проведение дополнительных наблюдений с использованием большего количества особей с ошейниками для подтверждения этих выводов.

Учитывая предыдущие наблюдения об отсутствии пересечений особями кулана Трансмонгольской ж/д к востоку, можно предположить, что ж/д пути предполагаемые и в стадии строительства могут также создать абсолютный барьер миграции копытных, если будут ограждены подобным же образом. Альтернативно, новые ж/д пути должны включать инфраструктуру для пересечения дикими животными в достаточном плане, размерах, местоположении и частоте (расположении)

для обеспечения проницаемости животными; после удаления трех секций ограждений Трансмонгольской д/ж отмечалось пересечение ее особями кулана (Kimbrough, 2020). В отношении кулана отсутствие мер по уменьшению влияния ж/д путей и ограждений на предполагаемых маршрутах ж/д путей приведет к разделению общей территории постоянного обитания 20 пробных особей на четыре разделенных участка, что приведет к сильному снижению целостности ареала обитания. На основании зон с наибольшим количеством наложений территорий постоянного обитания, можно прогнозировать, что особи кулана с ошейниками окажутся в ловушке между тремя ж/д путями и ограждением границы, что может привести к потенциальной генетической изоляции. В отношении джейрана, северная обобщенная территория постоянного обитания особей с ошейниками будет разделена наполовину; южная обобщенная территория постоянного обитания этих особей будет только частично фрагментирована ж/д путями на дальней западной части ее, хотя особи пересекали этот маршрут 28 раз. Наши выводы согласны с выводами предыдущих наблюдений в том, что фрагментация ареалов обитания может угрожать длительной жизнеспособности популяций копытных данного региона (Huijser et al., 2013; Ito et al., 2013; UNEP/CMS, 2019).

Учитывая то, что оба вида кочуют по ландшафту в поисках фуража в отличие от следования постоянным миграционным путям, планирование расположения мер по уменьшению влияния, таких как конструкции переходов, является затрудненным. Согласно показаниям телеметрии особи кулана и джейрана совершают пересечения дорог и ж/д путей по всей длине предполагаемых ЛИ; и хотя существуют некоторые участки скопления точек пересечения, остается необходимым дальнейшее наблюдение с увеличением количества пробных особей и большим географическим охватом для определения постоянства таких точек пересечения в течение нескольких лет, на основе которого можно планировать внедрение мер по уменьшению более целенаправленно.

В дополнение к конструкциям переходов предыдущие наблюдения призывают удалить или модифицировать ограждений вдоль ж/д путей для обеспечения возможности пересечения существующей инфраструктуры, либо определить для нее зоны без ограждений (Ito et al., 2013). Поскольку установка ограждений осуществлялась с целью предупреждения столкновений домашнего скота с ж/д составами, такие меры могут быть особо эффективны в районах, не занятых скотоводами (Batsaikhan et al., 2014), хотя такое решение также не исключает столкновения между дикими копытными и поездами. Учитывая сложности внедрения мер по уменьшению влияния ЛИ на кочующие виды, лучшей стратегией остается избегание или выбор маршрутов, имеющих наименьший потенциал влияния на данные виды. Кроме того исключительно важен региональный подход к планированию с учетом суммарного эффекта уже существующих и предполагаемых проектов инфраструктуры (Batsaikhan et al., 2014).

И в завершении, стоит еще раз напомнить, что выводы о потенциальном влиянии ЛИ на основании наблюдений за 40 пробными особями из обеих популяций, насчитывающих десятки тысяч особей, не могут наглядно отображать влияние на всю численность популяций. Популяции кулана и джейрана в юго-восточной Монголии занимают территории значительно обширнее, чем территории постоянного обитания, описанные выше, и вероятно, что существует дополнительное наложение предполагаемых ЛИ и ареалов обитания копытных в регионе, вызывающем беспокойство. Наш анализ подтверждает потенциальное влияние предполагаемых ЛИ на популяции копытных в регионе, а также указывает на необходимость рассмотрения

целостности при дальнейшем развитии ЛИ; однако малое число особей с ошейниками не позволяет сделать точные выводы о тенденциях пересечения маршрутов ЛИ на уровне популяции и связанных с ними рекомендуемых мер по уменьшению влияния. Дальнейшие исследования данного региона могут пролить свет на полный географический охват потенциального влияния ЛИ на популяции кулана и джейрана и предложить решения по внедрению мер по уменьшению влияния в специфических местах наряду с прочими мерами по охране природы.

ВКЛАД

Буувейбаатар Баярбаатар, Нарангуа Батдорж и Керк Олсен (ОДП Монголии) предоставили данные телеметрии популяции кулана и джейрана, а также пространственные данные по предполагаемым и существующим дорогам и ж/д путям, а также провели оценку отчета (в процессе). Грейс Стонсифер (ЦОКЛ) провела пространственные анализы и создала черновой вариант отчета. Тайлер Крич (ЦОКЛ) и Роб Эмент (ЦОКЛ/ЗИТ) также внесли вклад в данный отчет.

СИНТЕЗ КРУПНОМАСШТАБНЫХ АНАЛИЗОВ

Шесть крупномасштабных анализов Части II указали на ряд общих выводов, способных направлять будущие исследования подобного типа. Сотрудничество с местными экспертами оказалось необходимым для выполнения полезных анализов высокого качества. Сотрудники НПО предоставили доступ к детальной биологической информации и данным по ЛИ, которые невозможно было бы получить иными способами так быстро. И, пожалуй, еще более полезным оказалось их экспертное мнение и понимание биологического и социально-политического контекста проектов развития ЛИ в границах исследуемых территорий, что помогло нам сфокусировать анализы на наиболее актуальных и давящих угрозах биологическому разнообразию.

Даже быстрые оценки на основании сравнительно простых методов анализа предлагают внушающие доверие выводы о вероятности нанесения вреда биологическому разнообразию или индивидуальным видам дикой фауны со стороны предполагаемых проектов развития ЛИ. Многие из наших анализов специально были ограничены по времени и объему данных; например, наложение маршрутов предполагаемых ЛИ с элементами охраны дикой фауны, такими как коридоры миграции или ОТ. И хотя анализы на основе более сложных методов (таких, как рассмотренные в Части III данного приложения) могут предоставить более детальную информацию о потенциальном влиянии ЛИ на биологическое разнообразие, быстрая оценка имеет ценность, так как способна указать на потенциальные угрозы со стороны предполагаемых ЛИ на ранних стадиях планирования, когда остается достаточно времени для внедрения мер защиты биологического разнообразия в процессе развития ЛИ (напр., поиск альтернативных маршрутов, разработку мер по уменьшению влияния или приостановлению строительства до завершения более точных исследований влияния на окружающую среду).

ЧАСТЬ III: ОБЗОР ПРИМЕРА КРУПНОМАСШТАБНЫХ АНАЛИЗОВ

Пространственные анализы влияния существующих ЛИ на биологическое разнообразие являются повсеместным явлением и весьма полезны для документирования и объяснения обнаруженных изменений популяций дикой фауны или ареалов обитания, поддерживающих эти популяции. Такие ретроспективные исследования помогают нам укрепить наше понимание о реакции видов на развитие ЛИ, определить зоны нанесения наибольшего вреда биологическому разнообразию в режиме реального времени, а также предложить меры по уменьшению или обращению такого вредоносного влияния. Однако они имеют одно существенное ограничение: из-за фокусировки на влиянии существующих ЛИ ретроспективные исследования не способны предложить стратегии по предупреждению нанесения вреда биологическому разнообразию до того, как это произойдет, путем разработки неопасных для дикой фауны ЛИ или избегания строительства таких ЛИ в целом. Перспективный анализ с учетом предполагаемых маршрутов проектов ЛИ и их наложения с зонами, представляющими ценность для биологического разнообразия, необходим для предоставления такой информации, но перспективный анализ остается сравнительно нераспространенным.

Часть III данного приложения изучает существующие усилия и проводит предварительную оценку угроз ЛИ биологическому разнообразию методами пространственного анализа. Мы сделали вывод из перспективных пространственных анализов, опубликованных недавно в различных научных журналах и серой литературе, определенной методом поиска неформальной литературы. Мы фокусировали внимание на 11 примерах исследований, использовавших пространственные данные для изучения потенциального влияния предполагаемых проектов дорог, ж/д путей и ЛЭП в одной стране или ландшафта меньшего уровня внутри страны. Мы рассматривали только исследования, опубликованные в 2018 году и позднее с целью фокусировки на проектах ЛИ, которые вероятно находятся еще в стадии планирования или строительства, что подразумевает относительную актуальность исследований для превентивных мер по охране природы. Ниже мы приводим краткое изложение каждого исследования и синтез, описывающий ключевые характеристики исследований и рекомендации по будущему применению и прогрессу.

ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ I: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ И Ж/Д ПУТЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ИНДОНЕЗИЙСКОГО БОРНЕО (АЛАМГИР И ДР. 2019)

Публикация: Аламгир, М., Кэмпбел, М. Дж., Слоан, С., Сухардиман, А., Суприанта, Дж., и Лауренс, У. Ф. (2019). Крупные инфраструктурные проекты представляют непосредственную угрозу лесам индонезийского Борнео. Научные отчеты, 9(1), 1-10. <https://www.nature.com/articles/s41598-018-36594-8>.

Зона исследований: Индонезийский Борнео (Калимантан)

Ключевые виды: Отсутствуют (нейтрально по видам)

Типы инфраструктуры: Дороги и ж/д пути

Основание: Борнео признан мировым центром биологического разнообразия и имеет один из наибольших оставшихся в мире нетронутых тропических лесных ареалов обитания. Здесь также

наблюдается высокая скорость вырубки и деградации лесов из-за расширения сети ЛИ и сопутствующих этому угроз, включая заготовку леса, разработку месторождений, плантации масличной пальмы и лесные пожары. Согласно генеральному плану Индонезии по ускорению и расширению экономического развития (2011-2025) на индонезийской части Борнео (Калимантан) ожидается значительное увеличение строительства дорог и ж/д путей к 2025 году в рамках Экономического коридора Калимантан; сюда включено усовершенствование свыше 3 000 км Транс-Калимантанской а/м и строительство порядка 2 000 км новых дорог. Расширение дорожной сети вероятно приведет к повышению присутствия человека на территориях нетронутых лесов и повысит степень их конвертации для деятельности человека. Данное исследование провело количественную оценку потенциального влияния развития ЛИ на пространственную структуру, неразрывность и экологическую целостность естественных лесов Калимантана.

Методы: Авторы сопоставили пространственные данные предполагаемых ж/д путей и дорог из спектра государственных баз данных, отчетов и предыдущих исследований. Использовались спутниковые снимки для картографирования и классификации лесных участков (напр., густой лес или окраинный), а затем провели наложение предполагаемых маршрутов ЛИ на лесные участки для определения изменений на общей площади и согласно типу лесного участка. Авторы подсчитали метрику ландшафтной целостности, как индекс эквивалентной целостности территории для данного ландшафта на данный момент и предполагаемого ландшафта после строительства ЛИ, с помощью чего прогнозировали вероятную степень потери целостности ландшафта. Авторы также произвели наложение предполагаемых маршрутов ЛИ и сети существующих ОТ. Все отрезки ЛИ были классифицированы по степени влияния на окружающую среду, как очень высокие, высокие, средние и низкие на основании их пересечения с ОТ, лесами, лесопосадками и торфяниками.

Выводы: Исследование прогнозирует значительное влияние на нетронутые естественные лесные ареалы обитания Калимантана при условии продолжения развития проектов ЛИ на предложенном уровне. Приблизительно 237 000 га густого леса будут трансформированы в иные категории негустого леса или ареала обитания более низкого качества, а 392 000 га существующих лесных мостов-коридоров, выступающих в качестве соединений между зонами густого леса, также подвергнутся влиянию. Развитие ЛИ снизит целостность ландшафта на 34% согласно подсчетам метрике эквивалентной целостности территории. 25 существующих ОТ будут пересечены новыми дорогами и ж/д путями, включая национальный парк Каян Ментаранг, который является одной из крупнейших экологически девственных ОТ региона. Дополнительно еще 17 ОТ попадут под влияние усовершенствований существующих дорог. Анализ идентифицировал свыше 3 300 км предполагаемых дорог и ж/д путей, которые вероятно будут иметь очень высокий, высокий или средний уровень влияния. Авторы рекомендуют приостановить строительство предполагаемые отрезков этих дорог и ж/д путей с очень высоким уровнем влияния, а такие, уровень влияния которых классифицирован как высокий и средний, должны иметь усиленные меры по уменьшению влияния, а также подпадать под ужесточенное законодательство в случаях продолжения их строительства. Авторы предположили, что большая часть проектов развития ЛИ на Калимантане будет неэффективной с точки зрения затрат при учете всех факторов окружающей среды и социально-экономических.

ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 2: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ И ЛЭП НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ О. СУМАТРА, ИНДОНЕЗИЯ (СЛОАН, АЛАМГИР И ДР. 2019)

Публикация: Слоан, С., Аламгир, М., Кэмпбел, М. Дж., Сетьявати, Т., и Лауренс, У. Ф. (2019). Коридоры развития и охрана остаточных лесов на Суматре, Индонезия. Наука об охране тропиков, 12, 1-9. <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1940082919889509>.

Территория исследования: Суматра, Индонезия

Ключевые виды: Отсутствуют (нейтрально по видам)

Типы инфраструктуры: Дороги, ЛЭП

Основание: Массивное расширение дорог на острове Суматра предложено правительством Индонезии в рамках стратегии экономического развития путем развития экономических коридоров. В отличие от развития ЛИ в удаленных регионах Индонезии, развитие ЛИ на острове Суматра происходит в условиях территорий, которые уже подверглись влиянию дорог, сельского хозяйства, заготовки древесины и разработки горных месторождений. Поэтому усилия по охране природы Суматры должны быть направлены именно на уменьшение вреда от второй волны развития участкам остаточного леса, уцелевшим после первичного развития. Основная часть данной второй волны связана со строительством 2 700 км Транс-Суматранской а/м (ТСАМ), которая вероятно увеличит давление на участки остаточного леса посредством продвижения доступа сельскому хозяйству. Данный анализ изучил угрозы со стороны ТСАМ и примыкающих к ней дорог участкам остаточного леса с исключительно высоким уровнем биологического разнообразия: (1) Национальный парк Керинси Себлат - вторая по величине ОТ Индонезии, являющаяся местностью всемирного наследия; (2) экосистема Лесер - последний ареал привычного обитания видов, находящихся под угрозой - слонов, тигров, носорогов и орангутанов; и (3) регион Батанг Тору - последний рефугиум орангутана Тапанули, находящегося в критическом состоянии.

Методы: Исследование использовало простые пространственные данные предполагаемых маршрутов автомагистралей и сопутствующих конструкций по охране природы для определения точек потенциального конфликта развития ЛИ и биологического разнообразия. Такие меры по охране природы включили участки остаточного леса, карта которых была создана на основе спутниковых снимков, участки обитания орангутана Тапанули и ландшафты сохранения тигра, а также ОТ наподобие национальных парков и природных заказников. Маршруты а/м были сняты с карт, предоставленных сотрудниками исполнительного аппарата президента Индонезии.

Выводы: ТСАМ отделит национальный парк Керинси Себлат от прилегающего природного заказника и вероятно снизит географический охват территорий обитания тигра Суматры из-за избегания дорог, чей эффект усиливается также браконьерством и снижением сообщения ареалов обитания. ТСАМ также пересечет северо-восточную часть экосистемы Лесер, где вероятно расширится и соединит освоенные ранее сельскохозяйственные угодья и позволит им продвинуться далее вглубь девственных лесов, вероятно в виде плантаций масличной пальмы. Регион Батанг Тору пересечет а/м (поддерживающий коридор ТСАМ) и ЛЭП, которые будут построены в рамках расширения гидроэлектростанций, угрожая статусу защиты и качеству ареалов обитания в местных лесах. Это вероятно негативно повлияет на популяцию орангутана

Тапанули, которая уже снизилась до примерно 800 особей, обитающих в трех лесных фрагментах. Авторы рекомендуют настоять на законном усилении статуса охраняемых остаточных лесов, а также расширение законодательного ограничения на строительство дорог в густых лесах на леса пониженной густоты. Законы, касающиеся строительства национальных стратегических объектов (напр., ТСАМ) также должны применяться к предполагаемым проектам местных дорог, примыкающих к более крупным, которые оказывают значительное влияние на участки остаточного леса. Авторы настаивают на смене маршрутов предполагаемых участков а/м, которые вероятно негативно повлияют на леса высокой ценности по охране природы и вымирающих видов.

ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 3: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МАЛАЙСКОГО БОРНЕО (СЛОАН, КЕМПБЕЛ И ДР. 2019)

Публикация: Слоан, С., Кемпбел, М. Дж., Аламгир, М., Лечнер, А. М., Энгерт, Дж., и Лауренс, У. Ф. (2019). Транснациональная защита природы и развитие инфраструктуры в Сердце Борнео. ПЛОС Уан, 14(9), e0221947. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0221947>.

Зона исследования: Малайское Борнео (Сабах)

Ключевые виды: Отсутствуют (нейтрально по видам)

Типы инфраструктуры: Дороги

Основание: Инициатива Сердце Борнео (СБ) была основана в 2007 году для усиления сотрудничества Малайзии, Индонезии и Брунея по охране природы и созданию транс-границной сети ОТ и иных природных зон Борнео. С момента основания площадь ОТ увеличилась более, чем вдвое, улучшая сообщение между ОТ и снижая влияние заготовки леса. Однако этому трехстороннему соглашению угрожают односторонние проекты развития ЛИ, движимые федеральными стратегиями экономического развития, такими как Коридор развития Сабах, который включает в себя также планы по расширению сети Пан-Борнейской автомагистрали в Малайском Борнео. Это расширение включает приблизительно 1 300 км предполагаемых новых дорог и еще 1 300 км усовершенствований существующих; большая часть ЛИ данного проекта пересечет ОТ напрямую или нарушит миграционные пути дикой фауны между ОТ. Данное исследование изучило потенциальное влияние строительства Пан-Борнейской а/м и ее усовершенствования на экологическую целостность СБ в Сабахе, фокусируясь на утрате сообщения между ОТ и девственными участками леса.

Методы: Авторы произвели наложение маршрута предполагаемой а/м из Структурного плана Сабах 2033 с ОТ и участками девственного леса, картографированных при помощи спутниковых снимков. Они определили какие из ОТ на данный момент соединены коридорами с участками девственного леса, а затем определили какие из них будут нарушены предполагаемыми маршрутами развития дорог. Они использовали метрику теории сетей и интегральный индекс сообщения (ИИС) для определения (1) ожидаемого изменения общего уровня сообщения внутри сети ОТ при завершении предполагаемых проектов строительства и усовершенствования дорог и (2) относительную важность каждого из коридоров для общего уровня сообщения внутри антропогенных ландшафтов, что позволит расставить приоритеты по внедрению мер

уменьшения влияния и облегчения сообщения ареалов обитания дикой фауны (напр., конструкции по переходу).

Выводы: Предполагаемое развитие дорог фрагментирует наибольший участок девственного леса в СБ, отрезая ОТ Сабаха от тех, что расположены южнее внутри СБ. Экологическое сообщение между IO ОТ будет утрачено. Планирование мер по уменьшению влияния а/м на Сабах призывает к строительству подземных переходов а/м для дикой фауны, которые совпадут с лесными коридорами, но авторы выражают сомнение в достаточности мер данной стратегии для предотвращения потери сообщения, а также в наличии достаточного финансирования для осуществления данных мер. Для максимизации выгоды данной стратегии, места расположения лесных коридоров и надземных переходов дикой фауны следует определять при помощи наблюдения за миграцией животных или за биологическим разнообразием, а не основываясь на удобстве строительства таких конструкций, как было ранее. Авторы рекомендуют создание генерального плана Малайзии, Индонезии и Брунея по признанию регионального приоритета природоохранной сети, коридоров и буферных зон в формате трехстороннего соглашения. Они также предлагают усилить интеграцию природоохранных мер, чтобы таковые не могли бы быть обращены проектами развития, как в примере Пан-Борнейской а/м и СБ.

ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 4: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ И Ж/Д ПУТЕЙ НА ПОПУЛЯЦИЮ ТИГРА В ИНДИИ (ПАРИВАКАМ И ДР. 2018)

Публикация: Паривакам, М., Джоши, А., Навгире, С., и Вайдианатан, С.(2018). Стратегические рамки мер по охране сообщения и развитию зеленых объектов линейной инфраструктуры в ландшафтах центральной Индии и Восточных Гат. Фонд охраны дикой природы, Мумбай.
<https://www.wildlifeconservationtrust.org/wp-content/uploads/2018/11/Vol-1-Policy-Framework-CI-and-EG-Landscape-Low-Res-.pdf>.

Зона исследования: Центральная Индия и Восточные Гаты

Основные виды: Тигр (*Panthera tigris*)

Типы инфраструктуры: Дороги, ж/д пути

Основание: Ландшафты центральной Индии и Восточных Гат поддерживают приблизительно одну треть крупнейшей индийской популяции тигра, включающую 23 заказника тигра и 46 других ОТ, в которых обитает тигр. Популяция тигра в данном ландшафте является самой генетически разнообразной в мире, но стремительное развитие ЛИ и сопутствующая этому утрата и фрагментация природных ареалов обитания угрожает долгосрочному здоровью популяции. Приблизительно 22 км новых дорог строятся за день в Индии, что ведет к возрастанию степени ограничения миграции тигра между участками ареалов обитания, а также ограничивает генный обмен. Многие коридоры миграции тигра и иных видов дикой фауны внутри данного ландшафта еще не были определены или широко признаны, что усложняет оценку существующего или потенциального влияния развития сети ЛИ на сообщение ареалов или внедрение адекватных мер по уменьшению влияния. Данное исследование использует особый подход к такой нехватке информации: (1) использует модель сообщения для определения коридоров миграции между ОТ и участками леса, где обитает тигр, и (2) определяет предполагаемых места пересечения этих

коридоров маршрутами дорог и ж/д путей, которые ограничат миграцию тигра между ареалами обитания.

Методы: Авторы использовали пространственные данные о населенных пунктах и охвате антропогенного использования земель для подсчета уровня сопротивления ландшафтов миграции тигра, а затем использовали модель сообщения для картографирования оптимальных миграционных путей между ОТ и участками леса, в которых встречается тигр. Авторы рассмотрели приблизительно 1 700 недавних проектов по развитию ЛИ (включая дороги и ЛЭП), предложенных к рассмотрению в Министерстве окружающей среды, лесного хозяйства и Климатических изменений Индии с целью освоения лесов, а затем извлекли пространственные данные по развитию ЛИ из данных предложений. Но пространственное наложение этих маршрутов на карты коридоров миграции тигра было выведено с использованием модели сообщения и позволило идентифицировать предполагаемые маршруты ЛИ, которые пересекут коридоры миграции тигра и вероятно будут вмешиваться в сообщение между участками ареалов обитания.

Выводы: Приблизительно 400 предложений по развитию ЛИ включали участки, пересекающие коридоры миграции тигра. Однако 86% таких предложений не соответствовали требованию об "очистке дикой фауны" (т.е., утверждении проекта Национальным центром по охране тигра и Национальным комитетом по дикой природе), несмотря на их вероятное влияние на популяции тигра. Многие из этих коридоров были выявлены за пределами ОТ и зон экологической чувствительности, определяющих требование очистки дикой фауны; в связи с чем авторы предлагают обновить законодательство таким образом, чтобы выявленные в данном исследовании коридоры могли служить основанием для введения такого требования. Авторы также предлагают отвести небольшую часть бюджета проектов ЛИ на внедрение эффективных мер по уменьшению влияния на начальной стадии планирования, что может в целом привести к снижению затратных задержек, которые случаются при необходимости вносить изменения по этим мерам после начала строительства. Наложение предполагаемых маршрутов проектов ЛИ на карты коридоров миграции тигра в начале планирования позволило бы агентствам лучше прогнозировать и учитывать затраты на меры по уменьшению влияния в планы проектов.

ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 5: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ЛЭП НА БЕНГАЛЬСКОГО ФЛОРИКАНА В КАМБОДЖЕ (МАХУД И ДР. 2018)

Публикация: Махуд, С.П., Сильва, Дж. П., Долман, П. М., и Бернсайд, Р. Дж.(2018). Предполагаемые ЛЭП в Камбодже представляют весомую новую угрозу самой крупной популяции бенгальского флорикана (*Houbaropsis bengalensis*), находящегося в критическом состоянии. Орикс, 52(1), 147-155. <https://www.cambridge.org/core/journals/oryx/article/proposed-power-transmission-lines-in-cambodia-constitute-a-significant-new-threat-to-the-largest-population-of-the-critically-endangered-bengal-florican-houbaropsis-bengalensis/363AD7029432E2FFC81726FE8568274E>

Зона исследования: Камбоджа

Основные виды: Бенгальский флорикан (*Houbaropsis bengalensis*)

Типы инфраструктуры: ЛЭП

Основание: Бенгальский флорикан - подвид дрофиных, находящийся в критическом состоянии, и единственный таксон дрофиных в Юго-Восточной Азии, в пределах которой обитает исключительно в пойме оз. Тонлесап в Камбодже. Популяция флорикана резко снизилась в последние годы, а строительство дамб гидроэлектростанций и ЛЭП в регионе могут усугубить данную тенденцию, так как дрофиные наряду с иными крупными видами птиц особо подвержены угрозе смерти от столкновения с ЛЭП. Правительство Камбоджи планирует строительство 230 кВ ЛЭП вдоль северной окраины поймы Тонлесап, примыкающих к месту гнездовки 81% популяции флорикана, а также вероятно на пересечении путей миграции между местами гнездовки и иными ареалами обитания. Данное исследование провело сбор информации о миграции флорикана и уровне смертности для установления степени влияния предполагаемых ЛЭП на популяцию.

Методы: Авторы использовали данные телеметрии маячков для наблюдения за перемещением 17 особей флорикана за пятилетний период. Авторы провели обзор литературы и предыдущих исследований смертности дрофиных от ЛЭП для подсчета пропорции смертельных столкновений на 1 км предполагаемых новых ЛЭП. Авторы провели наложение предполагаемых ЛЭП на маршруты миграции и места гнездовки с целью определения зон повышенной прогнозируемой смертности флорикана от столкновения с ЛЭП.

Выводы: Особи с датчиками пересекали маршрут предполагаемых ЛЭП дважды вне сезона размножения, что указывает на высокий потенциал смертности от столкновений. Места гнездовки некоторых особей располагались достаточно близко в маршрутах предполагаемых ЛЭП для увеличения частоты прогнозируемого контакта птиц с ЛЭП. Обзор литературы выявил среднюю частоту столкновений дрофиных с ЛЭП в 0,69 раз на каждый км ЛЭП в год согласно предыдущим исследованиям. Хотя представляется сложным применить данную частоту на популяцию флорикана поймы Тонлесап, авторы предполагают возможность подобной частоты и для данной популяции, что вероятно приведет к дальнейшему снижению единственной значимой популяции подвида флорикана в Юго-Восточной Азии. Иные уязвимые виды птиц, подверженных данной угрозе, - это индийский журавль, серый пеликан и несколько видов аистов и ибисов. Авторы рекомендуют изменение маршрута предполагаемых ЛЭП в районе Тонлесап, которые вероятно послужат точкой столкновения с птицами, а также установку дефлекторов для птиц или маркировку веток в тех местах, где изменение маршрута невозможно.

ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 6: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ И Ж/Д ПУТЕЙ НА ПОПУЛЯЦИЮ ДЫМЧАТОГО ЛЕОПАРДА В МЬЯНМЕ (КАСЗТА И ДР. 2020)

Публикация: Касзта, З., Кушман, С. А., Хтун Наинг, Х., Бернхем, Д., и Макдоналд, Д. У. (2020). Симуляция влияния инициативы Пояс и Дорога и подобных проектов строительства в Мьянме на представителя кошачьих - дымчатого леопарда, *Neofelis nebulosa*. Ландшафтная экология, 1-20. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10980-020-00976-z.pdf>.

Зона исследования: Мьянма

Основные виды: Дымчатый леопард (*Neofelis nebulosa*)

Типы инфраструктуры: Дороги, ж/д пути

Основание: Лесной покров Мьянмы является самым крупным среди всех стран юга и юго-востока Азии и глобальной точкой биологического разнообразия, но подвергается стремительной вырубке леса в связи с разработкой месторождений, а также широкомасштабным развитием сельского хозяйства и промышленности. Природные ресурсы Мьянмы и ее выгодное стратегическое положение между Южной и Юго-Восточной Азией делают страну привлекательным объектом для китайской инициативы ОПОП, стремящейся к строительству серии экономических коридоров (включая дорожную и ж/д инфраструктуру) по всей Азии. В частности три крупных проекта ЛИ - Трехсторонняя автомагистраль Индия-Мьянма-Таиланд, Шелковый Путь ОПОП и ж/д путь и трубопровод ОПОП - вероятно значительно повысят риски для биологического разнообразия Мьянмы путем сокращения и фрагментации ареалов обитания, убоя на дороге и облегчения доступа для отлова и торговли дикими животными. Данное исследование анализирует потенциальное влияние таких сценариев на примере популяции дымчатого леопарда - широко распространенного хищника высшего разряда, основного вида и индикатора биологического разнообразия в регионе.

Методы: Авторы использовали пространственные данные о переменных окружающей среды, ЛИ и антропогенного освоения для подсчета сопротивления ландшафта миграции дымчатого леопарда, а затем использовали модель сообщения для симуляции миграции между ареалами обитания данного вида. С использованием сценариев модели сообщения на ландшафтах до и после завершения строительства авторы произвели расчет изменения целостности ландшафта для дымчатого леопарда, прогнозируемого при условии завершения строительства по каждому из проектов ЛИ. Авторы также подсчитали метрику серии фрагментаций ландшафта в сценариях до и после строительства, что позволило прогнозировать потенциальное изменение ареала обитания дымчатого леопарда посредством фрагментации. И в завершении, авторы использовали программу симуляции для изучения сценариев развития ЛИ, которые могут ограничить генный поток, генетическое разнообразие и численность популяции дымчатого леопарда.

Выводы: Трехсторонняя а/м приведет к фрагментации двух крупнейших ареалов обитания дымчатого леопарда в Мьянме, а также коридоров миграции, связывающих эти два центра. Шелковый Путь приведет к повышению уровня фрагментации ландшафта до 39%. Трубопровод пересечет зоны высокой миграционной плотности в важнейшей зоне, а симуляция генного потока предположила значительное снижение разнообразия популяции дымчатого леопарда. Прогнозируемое отдельное влияние каждой из этих ЛИ на численность популяции дымчатого леопарда определено, как среднее, но в сочетании с влиянием новых дамб гидроэлектростанций и расширением городов Мьянмы, оно может потенциально снизить численность популяции на 25%. Результаты данного исследования дымчатого леопарда в лесной экосистеме предлагают веские доказательства потенциального вреда предполагаемых новых дорог и д/ж путей, но авторы считают, что проведение подобного анализа для разных основных видов и экосистем необходимо для понимания полного влияния развития ЛИ на биологическое разнообразие Мьянмы.

ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 7: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ НА ПОПУЛЯЦИЮ СНЕЖНОГО БАРСА В НЕПАЛЕ (ВФДП 2018)

Публикация: Всемирный фонд дикой природы.(2018). Оценка инфраструктуры в ареалах обитания снежного барса в Непале. ВФДП Непала, Катманду.
https://www.panda.org/discover/knowledge_hub/?340154/Infrastructure-Assessment-in-Snow-Leopard-Habitat-of-Nepal

Зона исследования: Непал

Основные виды: Снежный барс (*Panthera uncia*)

Типы инфраструктуры: Дороги

Основание: Северный регион Гималаев - это ландшафт глобального приоритета по охране снежного барса, - основного вида, который считается индикатором здоровья экосистем высокогорья. Непал поддерживает примерно 7% глобальной популяции снежного барса, но развитие ЛИ в стране указывает возрастающую угрозу популяции. Необходимость общества в развитии сети дорог в северных районах Гималаев высока и политики страны в целом поддерживают такое расширение для подкрепления экономического роста посредством улучшения сообщения с быстро развивающимися экономиками соседних Индии и Китая. Не менее 13 Северо-Западных (С-3) дорог для соединения непальских низменностей с Китаем предложены или находятся в стадии строительства и пересекут ареал обитания снежного барса. Эти дороги приведут к антропогенному освоению территорий вдоль из маршрутов и вероятно фрагментируют ландшафт, снижая генный поток между популяциями снежного барса и облегчая доступ браконьеров в места его обитания.

Методы: Авторы провели расширенный обзор академических исследований, законодательства и планов развития, а также сообщений прессы для выявления проектов развития ЛИ в районах обитания снежного барса. Авторы создали карту плотности существующих дорог внутри территорий обитания снежного барса в Непале и сравнили ее с прогнозируемой плотностью дорог в будущем при условии завершения строительства всех предполагаемых С-3 дорог. На основе плотности дорог были определены участки высокого, среднего и низкого риска для популяции снежного барса. Авторы также оценили прогнозируемое изменение плотности пяти других типов инфраструктуры (шахт, троп, поселений, аэропортов и гидроэлектростанций), но панель экспертов определила дороги как представляющие самый высокий риск для снежного барса среди всех типов инфраструктуры.

Выводы: Если все предполагаемые С-3 дороги будут построены, общая площадь ареала обитания снежного барса, подвергающаяся влиянию дорог, возрастет приблизительно втрое, с 5 725 до 17 775 км². Влияние было определено как среднее и низкое для существующих дорог, но развитие новой дорожной сети создаст 600 км² площади с высоким уровнем влияния и 175 км² - с очень высоким уровнем влияния. Ожидаемое влияние на популяцию снежного барса также вероятно распространится на иные подзащитные виды, обитающие в тех же высокогорных ареалах, включая таких хищников, как гималайский волк, тибетская лиса и шакал обыкновенный, а также травоядных видов, таких как голубой баран, гималайский тар, гималайский архар, гималайский сероу, горалы и кабарги. Авторы предполагают необходимость улучшения в оценке влияния на окружающую среду в стадии планирования, внедрение мер по уменьшению влияния во время строительства, а также мониторинг и коррекцию таких мер во время эксплуатации для обеспечения устойчивости развития ЛИ в Непале.

ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 8: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ НА ПОПУЛЯЦИЮ ТИГРА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ИНДИИ (ТАТ И ДР. 2018)

Публикация: Тат, П., Джоши, А., Вайдьянатан, С., Ландгут, Е., и Рамакришан, У.(2018).

Поддержание целостности популяции тигра и минимизация вымирания в следующем столетии: Выводы ландшафтной генетики и четких пространственных симуляций. Биологическая охрана, 218, 181-191. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320717307346>.

Зона исследования: Центральная Индия

Основные виды: Тигр (*Panthera tigris*)

Типы инфраструктуры: Дороги

Основание: В Индии обитает 65% мировой популяции тигра; за последние 30 лет усилия по управлению и охране популяции тигра возросло на 30%, что создало важнейшую точку опоры для вида. Однако тигр встречается в Индии в разных ОТ и природных зонах в виде малочисленных популяций, которые могут оказаться нежизнеспособными без должного генетического обмена (сообщения между ареалами). При учете резкого роста экономики и прогнозируемом увеличении населения вдвое к 2050 году, Индия испытывает острую необходимость в улучшении дорожного и ж/д сообщения между городами. Расширение и улучшение транспортной сети Индии вероятно нарушит сообщение между популяциями тигра. Данное исследование оценивает возможность снижения генного разнообразия и повышение риска вымирания популяций тигра в будущем при условии дальнейшего изменения ландшафтов в связи с развитием дорог.

Методы: Авторы собрали генетические данные 116 тигров по Центральной Индии и использовали ландшафтно-генетический метод для определения влияния ландшафтных переменных, включая объем дорожного движения, поселения человека и использования земель, на распределение популяции тигра. Авторы использовали программу генетической симуляции для моделирования спаривания и распределения тигра по ландшафту за период в 100 лет в условиях нескольких сценариев развития, а также для регистрации изменений в генетическом разнообразии и вероятности исчезновения популяции тигра в данном сценарии. Сценарии развития, учтенные в данном анализе, включали расширение двух автомагистралей (НА6 и НА7) таким образом, что они создали бы барьер распределения тигра, если не будут построены переходы диких животных.

Выводы: Модель указывает на то, что расширение НА7 без постройки переходов диких животных усилит генетическую дифференциацию между популяциями тигра в тигровом заказнике Канха и Пенч по обе стороны от а/м в четыре раза. Расширение НА6 без строительства переходов усилит генетическую дифференциацию между популяциями Нагзира и Навегаон по обе стороны в 65 раз. Авторы рекомендуют в случае невозможности изменения маршрута предполагаемых дорог для сохранения целостности территории для распределения тигра, произвести строение конструкций перехода (подземных и надземных) перед началом строительства или расширения дороги. Планы развития Индии должны фокусироваться на сохранении биологического разнообразия и целостности ландшафта так же, как и на антропогенных целях развития, и большее количество моделирующих исследований, как

приведенное здесь, может помочь идентифицировать популяции уязвимые перед влиянием ЛИ и других форм развития.

ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 9: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ И Ж/Д ПУТЕЙ НА ПОПУЛЯЦИЮ ДЫМЧАТОГО ЛЕОПАРДА МАЛАЙСКОГО БОРНЕО (КАСЗТА И ДР. 2019)

Публикация: Касзта, З., Кушман, С. А., Херн, А. Дж., Бернхем, Д., Макдоналд, Е. А., Гусенс, Б., Нейтан, С. К. С. С., и Макдоналд, Д. У.(2019). Внедрение мер по охране дымчатого леопарда Сунда () в планирование развития и реставрации Сабах (Борнео). Биологическая охрана, 235, 63-76. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320718309480>.

Зона исследования: Сабах (малайский Борнео)

Основные виды: Дымчатый леопард Сунда (*Neofelis diardi*)

Типы инфраструктуры: Дороги, ж/д пути

Основание: Дымчатый леопард Сунда - самый крупный сухопутный хищник Борнео и весьма отличается генетически от дымчатого леопарда Юго-Восточной Азии. Как вид, ограниченный по территории обитания и распределения, дымчатый леопард выступает в качестве показательного вида иных видов, которые зависят от леса, а также в качестве индикатора здоровья экосистемы в штате Сабах, Малайзия. Популяция дымчатого леопарда штата Сабах снизилась в численности приблизительно до 750 особей из-за стремительного сокращения лесов, а предполагаемые проекты развития ЛИ в регионе угрожают дальнейшей фрагментацией ареалов обитания, снижением генного потока и повышением уровня смертности. Данное исследование использует серию моделирующих методов для изучения потенциального влияния развития дорог и ж/д путей на популяцию дымчатого леопарда и их лесные ареалы обитания по штату.

Методы: Авторы сопоставили пространственные данные предполагаемых проектов развития дорог и ж/д путей из Плана структурного развития штата Сабах до 2033 года, включая 16 новых четырехполосных участков автомагистралей, 15 участков дорог к усовершенствованию до а/м и 10 новых участков ж/д путей. Авторы использовали данные GPS телеметрии дымчатого леопарда для определения сопротивления ландшафта миграции леопарда, как функцию от охвата земель, характеристик леса и дорог. Авторы использовали модели сообщения для симуляции миграции между участками, подходящими для обитания дымчатого леопарда, принимая в расчет либо сценарий ландшафтов до начала строительства либо сценарий, при котором строительство предполагаемых ЛИ было завершено, и затем сравнили результаты до и после строительства для определения степени влияния на дымчатого леопарда. Авторы рассчитали серию метрики фрагментации ландшафта для оценки потенциальных изменений фрагментации ареалов обитания дымчатого леопарда. В завершении авторы использовали программу генетической симуляции для изучения того, как сценарии развития ЛИ могут ограничить генный поток леопарда и повлиять на генетическое разнообразие и численность популяции, с помощью метода, учитывающего прямую смертность от строительства ЛИ (напр., убой на дороге) наравне с влиянием на целостность ландшафтов. Для проектов ЛИ с особо значительным влиянием авторы также прогнозируют, что изменение маршрутов снизит влияние на качество ареалов обитания.

Выводы: Два новых участка дороги, один участок усовершенствования дороги и один участок новой ж/д магистрали предположительно сильно негативно повлияют на сообщество популяции дымчатого леопарда и значительно усилят фрагментацию ландшафта с уровне прогнозируемого снижения сообщения ареалов в связи с развитием ЛИ до 23%. Генетическая симуляция прогнозировала снижение численности дымчатого леопарда (до 63% снижения) по всему штату Сабах при условии наступления сценария развития ЛИ схожего с базовым, включая вымирание нескольких суб-популяций, а также значительное снижение генетического разнообразия. Перемена направления маршрутов этих пяти наиболее вредных предполагаемых участков ЛИ улучшит сообщество внутри популяции на 3%, но не улучшит генетическое разнообразие или численность популяции. Авторы обращают внимание на то, что проведение анализов с учетом прямой смертности от ЛИ, а не только снижения сообщения ареалов, весьма необходимо для понимания полной степени влияния развития ЛИ на популяции дикой фауны. Авторы также указывают на то, что модельный прогноз влияния на дымчатого леопарда следует рассматривать, как консервативный, так как он не включал оценку влияния увеличения антропогенного присутствия, браконьерства, освоения земель и строительство малых дорог, связанное с развитием сети автомагистралей и ж/д магистралей.

ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 10: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ В ЛАОСЕ (ДАНИО И ДР. 2018)

Публикация: Данио, С., Дасгупта, С., и Уиллер, Д. (2018). Потенциальные риски для лесов и биологического разнообразия со стороны проектов усовершенствования дорог в Лаосской НДР. Рабочий документ исследования политики 8569. Группа исследования развития, Экономика развития и глобальные практики по окружающей среде и природным ресурсам, Группа всемирного банка. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30321?locale-attribute=en>.

Зона исследования: Лаос

Ключевые виды: Отсутствуют (нейтрально по видам)

Типы инфраструктуры: Дороги

Основание: Основная часть пассажирских и грузовых перевозок в Лаосе приходится на дороги, но только 16% дорожной сети страны имеет асфальтовое покрытие. Улучшение качества дорог позволит снизить затраты на транспортировку и увеличит доходность сельскохозяйственного производства в Лаосе, но также увеличит степень расчистки лесов для сельскохозяйственного освоения вдоль новых доходных коридоров, окружающих улучшенные дороги. Расчистка лесов может быть весьма разрушающей для биологического разнообразия в стране, особенно в отношении видов, зависящих от лесных ареалов обитания. Законодатели получили бы пользу от четкой пространственной информации о биологическом влиянии потенциального улучшения дорог для принятия лучших решений о том, где и как осуществлять экономическое развитие, сохраняя биологическое разнообразие. Данное исследование рассматривает эти компромиссы между экономической выгодой и потерей биологического разнообразия, связанного с улучшением национальной дорожной сети Лаоса.

Методы: Исследование использовало пространственные данные о существующей дорожной сети Лаоса и историческим тенденциям расчистки леса для создания модели влияния на скорость

такой расчистки типов дорог и их удаленности, законодательного статуса защиты, экономических и ландшафтных характеристик. Затем авторы использовали эту модель для прогнозирования объемов и местоположения будущей расчистки леса, которая произойдет в случае усовершенствования всех второстепенных и третьестепенных дорог Лаоса до уровня первостепенных. Авторы также создали карту показателей биологического разнообразия страны с использованием комплексного индекса биологического разнообразия, содержащего информацию о статусе биома, плотности видов, эндемичности, риска исчезновения, и которые затем были приложены к расчистке лесов в прошлом. И в завершении, авторы умножили данный индекс биологического разнообразия, связанный с расчисткой, на прогнозируемое их моделью повышение степени расчистки при сценарии полного усовершенствования всех дорог с целью определения зон сильной потери биологического разнообразия.

Выводы: Эконометрические модели указали на то, что второстепенные дороги ведут к большей расчистке леса, чем третьестепенные, а первостепенные - к еще большей расчистке. Усовершенствование второстепенных и третьестепенных дорог Лаоса прогнозируемо приведет к усилению расчистки леса в северном регионе страны, где ее степень достигнет 14% в некоторых 500м ячейках. Влияние расчистки леса для усовершенствования дорог на биологическое разнообразие окажется прогнозируемо существенным и будет широко распространено по всей стране. Результаты данного исследования могут помочь перенаправить усовершенствование дорог в сторону транспортных коридоров, от которых вред биологическому разнообразию будет минимизирован, а также выделить зоны необходимости более строгих мер по охране земель во избежание еще больших потерь биологического разнообразия. Авторы указывают на то, что методология их анализа также позволяет оценить влияние усовершенствования дорог на окружающую среду в более крупном масштабе (напр., на уровне анализа проекта) или же влияние предполагаемых новых дорог, которые еще не построены.

ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ I I: ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОГ И Ж/Д ПУТЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ТЕРАЙСКОЙ ДУГИ, НЕПАЛ (ШАРМА И ДР. 2018)

Публикация: Шарма, Р., Римал, Б., Сторк, Н., Барал, Н., и Дхакал, М.(2018). Пространственный анализ потенциального влияния развития линейной инфраструктуры на охрану биологического разнообразия в низменностях Непала. Международный журнал Гео-Информации МОФДЗ, 7(9), 365. <https://www.mdpi.com/2220-9964/7/9/365>.

Зона исследования: Терайская дуга, Непал

Ключевые виды: Отсутствуют (нейтрально по видам)

Типы инфраструктуры: Дороги, ж/д пути

Основание: Непал является глобальным лидером по охране биологического разнообразия и получил признание за успешную охрану видов, требующих крупных девственных экосистем. Трансграничная зона ЛТД вдоль границы Непал-Индия является особо важным ландшафтом для охраны биологического разнообразия, так как является критическим ареалом обитания многих видов дикой фауны, находящихся под угрозой, включая мегафауну, такую как тигр, слон и носорог. ЛТД также является продуктивным сельскохозяйственным ландшафтом с высокой плотностью населения в некоторых зонах, и Стратегический план правительства Непала

предлагает развитие ЛИ в данной зоне. План включает в себя Почтовую а/м и ж/д Восток-Запад, пролегающих по всей своей протяженности по ЛТД и пересекая несколько ОТ, что может угрожать биологическому разнообразию региона при условии отсутствия планирования адекватных мер по минимизации влияния на окружающую среду. Данное исследование предлагает прогноз и карту влияния таких предполагаемых Ли в ЛТД на биологическое разнообразие с использованием качества ареала обитания как косвенной меры влияния на виды и популяции.

Методы: Авторы получили пространственные данные от государственных агентств по предполагаемым дорогам и ж/д путям. Авторы использовали программу моделирования качества ареалов обитания InVEST для прогнозирования изменения качества ареалов обитания, связанные с развитием дорог и ж/д путей (плюс поселений человека и сельского хозяйства), как функции эффективности ареала обитания и характеристик таких угроз развития. Здесь также включен вклад правительства и экспертов НПО о моделировании биологического разнообразия и экологическом моделировании. Изменение ареалов обитания моделировалось в трех сценариях защиты этих ареалов, предполагающих разный уровень доступности территорий для человека (а также следующих за этим антропогенных угроз, таких как браконьерство, незаконная заготовка леса и инвазивные виды) существующим ОТ и буферным зонам вокруг них. Авторы выделили категории ареалов обитания по значению качества для ЛТД: истощенные, низкие, средние, хорошие и высокие классы, а также прогнозировали изменения в пространственном распределении этих классов качества ареалов обитания в связи с развитием.

Выводы: Предполагаемые ЛИ пересекают и разрушают ареалы высокого качества в ЛТД вне зависимости от уровня защиты, что приведет к снижению качества ареалов обитания на 12% от всех территорий, которые на данный момент входят в категорию ареалов высокого качества. Размах и охват потери ареалов обитания зависел от уровня защиты ОТ и их буферных зон. Даже при современном уровне защиты модель прогнозирует уменьшение качества ареалов обитания в некоторых ОТ, как национальный парк Шуклафанта, национальный парк Читван и заповедник Блэкбак. Строительство дорог и ж/д путей может снизить качество ареалов обитания на 40% в районах внутри или вблизи национальных парков. Авторы утверждают, что точки прогнозируемого снижения качества ареалов обитания в данном исследовании могут быть использованы для применения прямых мер по охране природы в особо уязвимых местах. Результаты также служат основанием для разработки стратегии оценки будущих проектов развития ЛИ с точки зрения окружающей среды в ЛТД, которая будет иметь более расширенный пространственный и сезонный масштаб, чем традиционно осуществляемая оценка проектов ЛИ, которая зачастую неадекватна для полного понимания влияния ЛИ на окружающую среду.

СИНТЕЗ ПРИМЕРОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ниже мы привели краткие обзор ключевых характеристик существующих крупномасштабных исследований и предлагаем методы использования данных исследований в будущих пространственных анализах для восполнения недостающей информации в нашем понимании потенциального влияния предполагаемых проектов ЛИ в Азии.

РАЗНООБРАЗИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Все исследования, рассмотренные здесь, территориально охватывают Южную Азию (Индия, Непал) или Юго-Восточную Азию (Камбоджа, Индонезия, Лаос, Малайзия, Мьянма). Приблизительно половина исследований нейтральны по видам, то есть не фокусировались на отдельных видах, а остальные фокусировались на крупных кошачьих (тигр, дымчатый леопард, снежный барс), кроме одного исследования, фокусировавшегося на птицах (бенгальский флорикан). Практически все исследования рассматривали влияние дорог, половина - влияние ж/д путей, и только одно исследование - влияние ЛЭП. Приблизительно две трети исследований были опубликованы в научных журналах, а остальные - в газетах или отчетах. Соавторы академических и НПО организаций внесли вклад в приблизительно две трети исследований, а сотрудники государственных агентств соавторствовали приблизительно в трети исследований, сотрудники многостороннего банка развития внесли вклад в одно исследование.

Характеристики существующих высококачественных исследований указывают на то, что рассмотрение на крупномасштабном уровне в виде перспективного пространственного анализа влияния ЛИ может быть улучшено при покрытии большей площади в Азии, в частности в Восточной и Центральной Азии; расширении покрытия таксонов с целью включения большего количества основных видов кроме крупных хищных млекопитающих (напр., птиц, травоядных млекопитающих, рептилий); увеличении фокуса на типы ЛИ кроме дорог, в частности ЛЭП; и привлечении большего количества сотрудников государственных агентств и многосторонних банков развития, которые могут часто быть ответственны за одобрение, планирование и финансирование проектов ЛИ, способных оказать влияние на биологическое разнообразие.

ВЛИЯНИЕ НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ

Большинство исследований рассматривали влияние ЛИ на биологическое разнообразие путем характеристики прогнозируемых изменений окружающей среды, которые будут отражаться на дикой фауне. Наиболее часто рассматриваемые типы влияния - это фрагментация ландшафтов, или, наоборот, сообщение и потеря сообщения ландшафтов, которое было рассмотрено в двух третях исследований. Приблизительно половина исследований рассматривала влияние предполагаемых ЛИ на количество и качество ареалов обитания в ландшафте, при котором ареалы обитания определялись либо для отдельных видов либо для биологических сообществ в целом. Исследования реакции на ЛИ на уровне популяции дикой фауны (таких как, например, изменение в обильности популяций, уровень смертности, генетическое разнообразие или риск исчезновения) были менее часты; менее чем половина исследований рассматривала один или более тип такой реакции. Хотя влияние предполагаемых ЛИ на состав и структуру ландшафта было чаще проще измерить и прогнозировать, требуется больше исследований реакции дикой фауны на изменения ландшафта, следующее за развитием ЛИ для понимания угрозы биологическому разнообразию.

ДАнные ЛИНЕЙНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Пространственные данные о линейной инфраструктуре на крупномасштабном уровне были получены из многочисленных различных источников. Государственная плановая документация служила наиболее частым источником, но исследования авторов также опирались на базы данных государственных и НПО организаций, новые статьи и заявки на получение и

сопоставление пространственных данных по предполагаемым проектам ЛИ. Точность детализации и пространственной привязки данных сильно варьировалась; некоторые исследования указывали на необходимость ручной оцифровки данных с мелкомасштабных карт предполагаемых маршрутов ЛИ в государственных документах, которые могли включать пространственную погрешность и ограничивать потенциал крупномасштабных анализов.

Усилия государственных агентств и спонсоров проектов ЛИ (напр., многосторонних банков развития) по облегчению общественного доступа к пространственным данным о предполагаемых ЛИ позволит упростить и ускорить, а также уточнить исследования о потенциальном влиянии на биологическое разнообразие проектов развития ЛИ. В идеале маршруты предполагаемых проектов ЛИ должны быть доступны на базе данных онлайн или посредством простого электронного запроса; предоставляться в виде географического пространственного формата; быть доступны на ранних стадиях планирования для обеспечения достаточного количества времени для проведения адекватных исследований до начала разработки дизайна и строительства; а также содержать дополнительную информацию о характеристиках предполагаемых ЛИ (напр., количество полос дороги, дорожное покрытие, наличие/отсутствие ограждения, напряжение ЛЭП, ширину колеи ж/д путей) для обеспечения более детальной оценки влияния ЛИ.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Большой спектр биологических данных использовался для оценки потенциального влияния развития ЛИ. Карты обозначенных ОТ, лесных заказников и иных административных единиц, предназначенных для охраны природы, использовались в приблизительно половине исследований для определения зон, где вероятно нанесения ущерба биологическому разнообразию со стороны ЛИ. Снятые удаленно данные о лесном покрове и характеристиках растительности также использовались для определения мест внутри и за пределами ОТ, которые вероятно поддерживают высокий уровень биологического разнообразия и могут быть уязвимы перед развитием ЛИ, как, например, девственные леса, поймы и прибрежных зон. Многие исследования также основывались на пространственных данных других природных и антропогенных переменных (напр., растительного покрова, топографии и уровня антропогенного развития) для определения качества ареала обитания или сопротивления ландшафта миграции животных.

Несколько исследований использовали эмпирические данные о встречаемости дикой фауны или миграции для оценки потенциального влияния ЛИ. Исследователи использовали данные телеметрии особей бенгальского флорикана с маячками для регистрации существующих миграционных маршрутов в Камбодже, а также данные дымчатого леопарда с GPS маячками для создания моделей сообщения ландшафтов малайского Борнео. Данные видео-регистрации использовались для создания модели подходящего ареала обитания и разработки моделей сообщения для дымчатого леопарда в Мьянме. Генетические пробы тигра в Индии использовались для определения уровня сопротивления ландшафта миграции тигра и создания карт коридоров миграции вида. Затраты по времени и финансам для сбора данных наподобие видео-регистратора, местоположения телеметрии и генетических проб выглядят существенными, но такие данные позволяют провести детальный видовой анализ потенциального влияния ЛИ, что может быть очень полезным при условии достаточного финансирования. Финансирование

сбор данных до начала строительства и начала таких исследований как можно ранее на стадии планирования может повысить качество анализа влияния проектов ЛИ, как в данном исследовании.

Хотя не включено в рассмотренных нами исследованиях, тенденции смертности дикой фауны (напр., убой на дороге) и наблюдение за поведением диких животных вблизи дорог и ж/д путей может эффективно и достоверно информировать перспективные анализы влияния проектов по усовершенствованию ЛИ (напр., асфальтирование или расширение дорог). Такие данные могут использоваться для картографирования существующих участков ЛИ с высокой степенью смертности дикой фауны, где необходимо включение мер по уменьшению влияния посредством столкновений в проектирование усовершенствования ЛИ, наряду с местами частного пересечения дикими животными, где стоит обеспечить сообщение ареалов обитания путем строительства конструкций переходов диких животных, надземных и подземных, во время расширения ЛИ.

МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Примерно половина исследований использовали простые пространственные данные о показателях природоохранного интереса (напр., участки девственного леса, точки биологического разнообразия, миграционные коридоры) для определения мест потенциального конфликта. Такой подход зачастую может использоваться при условии наличия минимального количества требуемых данных и предоставлять полезный первый шаг в выделении мест существенного влияния развития ЛИ на биологическое разнообразие.

Другие исследования использовали более интенсивный количественно ориентированный подход для прогноза более специфических типов влияния на биологическое разнообразие. Например, несколько исследований использовали уровень фрагментации ландшафта или метрику сообщения для прогноза изменения растительного покрова или барьерного эффекта, связанных с влиянием предполагаемых ЛИ на потенциал миграции диких животных по ландшафту. Другие исследования использовали данные обнаружения животных, миграции и генетики для разработки специфичных по видам моделей прогноза тенденций миграции по ландшафту, как функцию переменных ЛИ, окружающей среды и антропогенных. При помощи моделирования и сравнения сообщения в сценариях перед началом и после завершения строительства данные исследования прогнозировали изменения в пространственных тенденциях и объеме миграции животных, как результата развития ЛИ. Генетические симуляции использовались в нескольких исследованиях для прогноза того, насколько изменения сообщения и прямой смертности (напр., столкновения транспортных средств с животными), связанные с предполагаемыми ЛИ, повлияют на генетическое разнообразие, богатство и риск исчезновения популяций дикой фауны.

Самые расширенные исследования в нашем обзоре сочетали несколько количественных методов для прогноза нескольких типов влияния на биологическое разнообразие. Например, Казста и др. (2019) использовали модель сообщения, генетические симуляции и метрику фрагментации ландшафта для изучения потенциальных изменений в структуре и целостности ландшафта, генетическом разнообразии и богатстве популяции дымчатого леопарда в малайском Борнео. Расширенные исследования наподобие этого требуют обширных данных, экспертных мнений, времени и ресурсов для возможности их проведения, но они способны

предоставить намного более детальную картину потенциального влияния ЛИ, чем более упрощенные методы наподобие пространственного наложения.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Среди рассмотренных исследований определились несколько общих выводов и рекомендаций. Во-первых, авторы обратили внимание на необходимость улучшения координации между развитием ЛИ и лицами, ответственными за охрану биологического разнообразия внутри страны или отдельного ландшафта. В некоторых случаях планы развития и охраны природы работали в разных направлениях, а пространственные анализы влияния на биологическое разнообразие при альтернативных сценариях развития могли помочь заполнить этот недостаток. Во-вторых, раннее рассмотрение потенциального влияния на биологическое разнообразие в процессе планирования проектов ЛИ, которое возможно с использованием пространственного анализа, является критическим для избегания или минимизации вреда. Некоторые исследования заметили, что ранние консультации способны уменьшить общие проектные затраты, поскольку изменение дизайна ЛИ или установка мер предосторожности по охране биологического разнообразия после начала или завершения строительства значительно дороже. В-третьих, многие исследования обращали внимание на то, что опосредованное влияние развития ЛИ может распространяться далеко за пределы физического охвата конструкций, но не могут четко улавливаться в большинстве пространственных анализов. Например, строительство новых дорог может привести к повышению уровня браконьерства или нелегальной заготовки леса в прилегающих ландшафтах посредством облегчения доступа человека в ранее малодоступные и экологически нетронутые зоны. И в завершении, несмотря на то, что пространственные анализы фокусировались на влиянии развития ЛИ на одном главном виде, авторы исследований часто обращали внимание на то, что прогнозы влияния их анализа не будут ограничены одним видом; авторы предполагали, что другие виды в зоне исследования также будут подвержены схожему влиянию ЛИ.

ВКЛАД

Тайлер Крич (ЦОКЛ) провел обзор примеров исследований. Роб Амент (ЦОКЛ/ЗИТ), Тони Кливенджер (ЗИТ) и Грейс Стонсифер (ЦОКЛ) редактировали обзор.

КЛЮЧЕВЫЕ ВЫВОДЫ

Многие тенденции были выявлены в трех частях наших пространственных анализов. Самые важные выводы изложены далее:

1. Пространственные анализы на данный момент ограничены малодоступностью и низким качеством данных о предполагаемых ЛИ. Пространственные данные о проектах ЛИ в целом систематически не собраны в базы данных, и такая информация собирается в единую массу исследователями благодаря случаю и при участии иных заинтересованных сторон с использованием проектной документации и сообщений в прессе. Это может привести к неточному определению положения маршрутов, устаревших деталей проекта и неумышленному пропуску некоторых проектов ЛИ из пространственных анализов.
2. Крупно- и мелкомасштабные пространственные анализы играют важную роль в характеристике угроз биологическому разнообразию со стороны ЛИ, а также дизайну и приоритету защитных мер. Мелкомасштабный пространственный анализ способен определить зоны приоритета внедрения мер по избеганию или минимизации вреда биологическим сообществам на континентальном и региональном уровнях. Крупномасштабные исследования предлагают выводы о потенциальном влиянии проектов ЛИ на ареалы обитания, представляющие природоохранный интерес, на достаточном уровне точности для информирования проектного планирования о необходимых мерах по уменьшению влияния или стратегиям компенсации и их внедрению.
3. Влияние ЛЭП на биологическое разнообразие было весьма неизучено по сравнению с таким влиянием дорог и ж/д путей, и только несколько пространственных анализов развития ЛИ учитывали ЛЭП. Однако, экстенсивное развитие сети ЛЭП предполагается по всей Азии, и большинство из них - внутри зон высокого биологического разнообразия или вблизи ОТ.
4. Подходы пространственного анализа к оценке влияния предполагаемых ЛИ весьма разнообразны. Подходы варьируются в зависимости от масштаба (охвата и точности), аналитических методов, учитываемых элементов биологического разнообразия (напр., популяций, видов и экосистем), типов влияния ЛИ (напр., разрушение ареалов обитания, фрагментация ландшафта и сниженное богатство популяции). Не существует единого наилучшего подхода - наоборот, подходы являются контекстными и ограничены доступностью и качеством данных о биологическом разнообразии и ЛИ.
5. Нейтральные по видам пространственные анализы потенциального влияния ЛИ весьма часты и могут быть необходимыми при рассмотрении больших пространственных охватов там, где большие экологические сообщества представляют повышенный интерес, или там, где биологические данные по видам природоохранного значения недоступны. Однако анализы по видам могут предоставить более точные оценки реакции дикой фауны на развитие ЛИ (напр., изменения богатства популяций, географического распределения или риска исчезновения), которые могут находить более сильный отклик в обществе и у разработчиков, чем анализы нейтральные по видам.

6. Суммарное и опосредованное влияние ЛИ не получает адекватного освещения в пространственных анализах. Суммарное влияние - это постепенно нарастающее влияние предполагаемых ЛИ при наложении на влияние прошлых, существующих и других будущих проектов ЛИ (напр., существующих дорог в ландшафте). Опосредованное влияние - это не прямое влияние иных угроз, возрастающее при развитии ЛИ, таких как незаконная заготовка леса и браконьерство, которые происходят в удаленных зонах, доступ к которым обеспечивается новыми дорогами. Сравнительно невысокое число пространственных анализов учитывали суммарное и опосредованное влияние, которое весьма сложно учесть количественно, но которое оказывает существенное давление на биологическое разнообразие.
7. Существующие данные пространственных анализов в обзоре коллег фокусировались на Южной и Юго-Восточной Азии, что понятно, так как эти регионы ожидаемо испытают самое сильное влияние ЛИ при учете их стремительного развития и высокой степени ценности биологического разнообразия в этих регионах. Однако такой узкий географический фокус пространственных анализов ограничивает наше понимание потенциального влияния ЛИ на биологическое разнообразие других регионов Азии, где виды, ареалы обитания и уязвимые экологические процессы могут значительно отличаться (напр., помехи на пути многолетней миграции кочевых копытных в степях Центральной Азии).
8. Существующие анализы глобального и континентального уровня фокусируются в основном на проектах ЛИ, связанных с китайской ОПОП. Однако, мелкомасштабный анализ предполагает, что предполагаемые проекты ЛИ, финансируемые иными региональными инициативами экономического развития (напр., ЮАСЭС, РЭЦЦА, АСЕАН) являются не менее обширными, чем проекты ЛИ, финансируемые ОПОП, в Азии. Влияние проектов, не связанных с ОПОП, на биологическое разнообразие в Азии будет существенным, а во многих странах будет оказывать суммарное влияние в сочетании с проектами ОПОП.
9. Влияние развития ЛИ ожидается по всей Азии, но тропические и субтропические леса Юго-Восточной и Южной Азии могут быть особо уязвимы. Экосистемы исключительной ценности (напр., Терайская дуга, леса Борнео и Суматры) находятся под угрозой со стороны предполагаемых ЛИ, но многие системы более низкой ценности со схожим уровнем биологического разнообразия получают меньше признания в обществе. Например, многие территории в бассейне Меконга имеют исключительный уровень биологического разнообразия и высокую плотность предполагаемых проектов ЛИ.

РЕКОМЕНДАЦИИ

Мы предлагаем следующие рекомендации по улучшению пространственных анализов угроз биологическому разнообразию со стороны предполагаемых проектов развития ЛИ. Внедрение данных рекомендаций увеличит точность, понятность и как следствие - эффективность пространственного анализа в информировании планирования проектов ЛИ в отношении мер предосторожности по отношению к биологическому разнообразию.

1. *Финансовые институты, региональные инфраструктурные партнеры и правительства стран должны выделить ресурсы на создание и поддержку географической пространственной базы данных предполагаемых проектов ЛИ. Доступ к таким пространственным данным сложно получить в данный момент, что ограничивает потенциал проведения пространственного анализа на стадиях планирования, что позволило бы наверняка включить адекватные меры предосторожности в отношении биологического разнообразия в дизайн ЛИ. Базы данных должны включать положение маршрутов в географическом пространственном формате, а также максимальное возможное количество информации о характеристиках ЛИ (напр., ширина и тип покрытия дорожного полотна, ширина ж/д колеи и напряжение веток ЛЭП). Базы данных должны обновляться регулярно, так как планы проектов ЛИ меняются, и должны быть легко доступны обществу и включать дельные метаданные.*
2. *Пространственные анализы должны проводиться как можно раньше для определения мер предосторожности в планах проектов. Не смотря на то, что мы обнаружили примеры прогноза влияния предполагаемых ЛИ с использованием пространственного анализа, практически все исследования проводились ретроспективно и оценивали уже нанесенный вред биологическому разнообразию. Перспективные исследования, проводимые на ранних стадиях планирования и дизайна проектов ЛИ, предлагают информацию, которая способна помочь избежать, минимизировать (напр., изменение маршрута) влияние, а также внедрять меры по уменьшению влияния в проектах ЛИ, угрожающих биологическому разнообразию.*
3. *Планировщики, спонсоры и разработчики проектов ЛИ должны сотрудничать с биологическими экспертами научной среды, НПО и агентств дикой природы для определения потенциала ЛИ повредить биологическому разнообразию и проведения пространственных анализов. Зачастую отсутствует информированное сотрудничество экспертов по дизайну и строительству ЛИ и экспертов по оценке влияния на биологическое разнообразие, что ограничивает возможность внедрения эффективных мер предосторожности. Кооперация между этими двумя группами с момента начала планирования развития ЛИ приведет к лучшим результатам для биологического разнообразия и может потенциально сократить расходы финансовые и по времени.*
4. *Больше внимания стоит уделять пространственному анализу ЛЭП. ЛЭП заслуживают большего внимания, учитывая, что они занимают значительную часть проектов развития ЛИ в Азии, в частности в зонах с высоким уровнем биологического разнообразия. Иные типы ЛИ, не учтенные в данных исследованиях, такие как каналы, ограждения и*

трубопроводы, также способны оказывать значительное влияние на биологическое разнообразие и должны учитываться в пространственных анализах.

5. *Географический и таксономический охват пространственных анализов должен быть расширен.* Необходимы пространственные анализы, фокусирующие внимание на территориях вне пределов Юго-Восточной и Южной Азии, а также таксонов кроме крупных млекопитающих, для полноценного понимания потенциального влияния проектов развития ЛИ в Азии и наилучших способов оценки этого влияния.
6. *Все источники проектов ЛИ должны комбинироваться в пространственных анализах оценки влияния на биологическое разнообразие общего охвата.* Это включает проекты, финансируемые международными экономическими инициативами (напр., ЮАСЭС, РЭЦЦА, АСЕАН), и проекты, финансируемые на национальном и суб-национальном уровне, которые, как ОПОП, могут оказывать существенное влияние на биологическое разнообразие в Азии.

ЦИТИРУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ADB. (2017). *Unlocking the Potential of Railways: A Railway Strategy for CAREC, 2017-2030*. Asian Development Bank. <https://www.adb.org/documents/railway-strategy-carec-2017-2030>
- ADB. (2018a). *ADB-Supported Road Development to Help Spur Growth in Mongolia* [News Release]. Asian Development Bank. <https://www.adb.org/news/adb-supported-road-development-help-spur-growth-mongolia>
- ADB. (2018b). *Country Operations Business Plan: Nepal 2019-2021*. Asian Development Bank.
- ADB. (2018c). *GMS Transport Sector Strategy 2030: Toward a Seamless, Efficient, Reliable, and Sustainable GMS Transport System*. Asian Development Bank. <https://www.adb.org/documents/gms-transport-sector-strategy-2030>
- ADB. (2020a). *CAREC Transport Strategy 2030*. Asian Development Bank. <https://www.adb.org/documents/carec-transport-strategy-2030>
- ADB. (2020b). *South Asia Subregional Economic Cooperation Operational Plan 2016-2025 Update*. Asian Development Bank. <https://www.adb.org/documents/sasec-operational-plan-2016-2025>
- Alamgir, M., Campbell, M. J., Sloan, S., Suhardiman, A., Supriatna, J., & Laurance, W. F. (2019). High-risk infrastructure projects pose imminent threats to forests in Indonesian Borneo. *Scientific Reports*, 9(1), 140. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36594-8>
- Altyn Dala Conservation Initiative. (2021). *The Saiga Aerial Census in Kazakhstan: 2021 Results*. Association for the Conservation of Biodiversity of Kazakhstan. <http://www.acbk.kz/article/default/view?id=548>
- Ament, R., Bell, M., & Wittie, M. (2021). *Federal lands wildlife-vehicle collision data coordination project, Phase 3*. [Final Report]. National Center for Rural Road Safety. <http://ruralsafetycenter.org/>
- Aryal, A., Brunton, D., Pandit, R., Shrestha, T. K., Lord, J., Koirala, R. K., Thapa, Y. B., Adhikari, B., Ji, W., & Raubenheimer, D. (2012). Biological Diversity and Management Regimes of the Northern Barandabhar Forest Corridor: An Essential Habitat for Ecological Connectivity in Nepal. *Tropical Conservation Science*, 5(1), 38–49. <https://doi.org/10.1177/194008291200500105>
- ASEAN. (2019). *Enhancing ASEAN Connectivity: Initial Pipeline of ASEAN Infrastructure Projects*. World Bank Group, Australia Aid, and Association of Southeast Asian Nations. https://asean.org/?static_post=enhancing-asean-connectivity-initial-pipeline-asean-infrastructure-project
- Barrientos, R., Ponce, C., Palacín, C., Martín, C. A., Martín, B., & Alonso, J. C. (2012). Wire Marking Results in a Small but Significant Reduction in Avian Mortality at Power Lines: A BACI Designed Study. *PLOS ONE*, 7(3), e32569. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032569>
- Batsaikhan, N., Buuveibaatar, B., Chimed, B., Enkhtuya, O., Galbrakh, D., Ganbaatar, O., Lkhagvasuren, B., Nandintsetseg, D., Berger, J., Calabrese, J. M., Edwards, A. E., Fagan, W. F., Fuller, T. K., Heiner, M., Ito, T. Y., Kaczensky, P., Leimgruber, P., Lushchekina, A., Milner-Gulland, E. J., ... Whitten, T. (2014). Conserving the World's Finest Grassland Amidst Ambitious National Development. *Conservation Biology*, 28(6), 1736–1739. <https://doi.org/10.1111/cobi.12297>
- Bayandonoi, G., Lkhagvajav, P., Alexander, J. S., Durbach, I., Borchers, D., Munkhtsog, B., Munkhtogtokh, O., Chimeddorj, B., Sergelen, E., & Koustubh, S. (2021). *Nationwide Snow Leopard Population Assessment of Mongolia: Key Findings* [Summary Report]. World Wide Fund for Nature.
- Bekenov, A. B., Grachev, I. A., & Milner-Gulland, E. J. (1998). The ecology and management of the Saiga antelope in Kazakhstan. *Mammal Review*, 28(1), 1–52. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2907.1998.281024.x>
- Belote, R. T., Faurby, S., Brennan, A., Carter, N. H., Dietz, M. S., Hahn, B., McShea, W. J., & Gage, J. (2020). Mammal species composition reveals new insights into Earth's remaining wilderness. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 18(7), 376–383. <https://doi.org/10.1002/fee.2192>

- Benítez-López, A., Alkemade, R., & Verweij, P. A. (2010). The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: A meta-analysis. *Biological Conservation*, 143(6), 1307–1316. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.02.009>
- Beyer, H. L., Venter, O., Grantham, H. S., & Watson, J. E. M. (2020). Substantial losses in ecoregion intactness highlight urgency of globally coordinated action. *Conservation Letters*, 13(2), e12692. <https://doi.org/10.1111/conl.12692>
- Biasotto, L. D., & Kindel, A. (2018). Power lines and impacts on biodiversity: A systematic review. *Environmental Impact Assessment Review*, 71, 110–119. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.04.010>
- Biswas, S., Bhatt, S., Sarkar, D., Talukdar, G., Pandav, B., & Mondol, S. (2020). Assessing tiger corridor functionality with landscape genetics and modelling across Terai-Arc Landscape, India [BioRxiv preprint]. <https://doi.org/10.1101/2020.10.24.353789>
- BLI. (2020). *Digital boundaries of Important Bird and Biodiversity Areas from the World Database of Key Biodiversity Areas. March 2020 version.* BirdLife International. <http://datazone.birdlife.org/site/requestgis>
- BLI. (2021). *Country profile: Thailand.* <http://datazone.birdlife.org/country/thailand>
- BLI. (2021a). *Important Bird Area factsheet: Khao Yai.* BirdLife International. <http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/khao-yai-iba-thailand>
- BLI. (2021b). *Important Bird Areas factsheet: Kaeng Krachan.* BirdLife International. <http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/kaeng-krachan-iba-thailand>
- BLI. (2021c). *Important Bird Areas factsheet: Khao Banthad.* BirdLife International. <http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/khao-banthad-iba-thailand>
- BLI. (2021d). *Important Bird Areas factsheet: Lower Central Basin.* BirdLife International. <http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/lower-central-basin-iba-thailand>
- Brauneder, K. M., Montes, C., Blyth, S., Bennun, L., Butchart, S. H. M., Hoffmann, M., Burgess, N. D., Cuttelod, A., Jones, M. I., Kapos, V., Pilgrim, J., Tolley, M. J., Underwood, E. C., Weatherdon, L. V., & Brooks, S. E. (2018). Global screening for Critical Habitat in the terrestrial realm. *PLOS ONE*, 13(3), e0193102–e0193102. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193102>
- Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., Da Fonseca, G. A. B., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J. F., Mittermeier, C. G., Pilgrim, J. D., & Rodrigues, A. S. L. (2006). Global biodiversity conservation priorities. *Science*, 313(5783), 58–61. <https://doi.org/10.1126/science.1127609>
- Buuveibaatar, B., Strindberg, S., Kaczensky, P., Payne, J., Chimeddorj, B., Naranbaatar, G., Amarsaikhan, S., Dashnyam, B., Munkhzul, T., Purevsuren, T., Hosack, D. A., & Fuller, T. K. (2017). Mongolian Gobi supports the world’s largest populations of khulan *Equus hemionus* and goitered gazelles *Gazella subgutturosa*. *Oryx*, 51(4), 639–647. <https://doi.org/10.1017/S0030605316000417>
- Carter, N., Killion, A., Easter, T., Brandt, J., & Ford, A. (2020). Road development in Asia: Assessing the range-wide risks to tigers. *Science Advances*, 6(18), eaaz9619. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz9619>
- CASA-1000. (2018). *Map of the CASA-1000 Project.* CASA-1000. <http://www.casa-1000.org/>
- Chakravarty, M. (2021, February 1). India’s budget targets infrastructure to boost economy. *Argus Media*. <https://www.argusmedia.com/en/news/2182527-indias-budget-targets-infrastructure-to-boost-economy>
- Chanchani, P., Lamichhane, B. R., Malla, S., Maurya, K., Bista, A., Warriar, R., Nair, S., Almeida, M., Ravi, R., Sharma, R., Dhakal, M., Yadav, S. P., Thapa, M., Jnawali, S., Pradhan, N., Subedi, N., Thapa, G., Yadav, H., Jhala, Y., ... Borah, J. (2014). *Tigers of the Transboundary Terai Arc Landscape: Status, distribution and movement in the Terai of India and Nepal.* National Tiger Conservation Authority, Government of India, and Department of National Park and Wildlife Conservation, Government of Nepal.
- Chevallier, C., Hernández-Matías, A., Real, J., Vincent-Martin, N., Ravayrol, A., & Besnard, A. (2015). Retrofitting of power lines effectively reduces mortality by electrocution in large birds: An

- example with the endangered Bonelli's eagle. *Journal of Applied Ecology*, 52(6), 1465–1473. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12476>
- Clevenger, A., de la Cueva, P., Sharma, B., Grilo, C., Webb, T., Lama, H., Sharma, D., & Shrestha, H. (2020). *Smart infrastructure planning and design to protect natural habitats and biodiversity: Interim Report*. Prepared by ESSA Technologies Ltd. for the Asian Development Bank (ADB).
- Clevenger, A. P., & Huijser, M. P. (2011). *Wildlife Crossing Structure Handbook: Design and Evaluation in North America* (Final Report FHWA-CFL/TD-11-003). Federal Highway Administration: Planning, Environment, and Realty.
- Convention on Biological Diversity. (2021). *Country Profiles: Thailand*. <https://www.cbd.int/countries/profile/?country=th>
- Danyo, S., Dasgupta, S., & Wheeler, D. (2018). *Potential forest lost and biodiversity risks from road improvement in Lao PDR* (Research Working Paper No. 8569). World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30321>
- Das, A., Ahmed, M. F., Lahkar, B., & Sarma, P. (2007). A preliminary report on reptilian mortality on road due to vehicular movements near Kaziranga National Park, Assam, India. *CASE REPORT ZOOS' PRINT JOURNAL*, 22, 2742–2744. <https://doi.org/10.11609/JoTT.ZPJ.1541.2742-4>
- Diener, A. C., & Batjav, B. (2019). Axial Development in Mongolia: Intended and unintended effects of new roads. *Mobilities*, 14(6), 778–794. <https://doi.org/10.1080/17450101.2019.1643163>
- Dinerstein, E., Vynne, C., Sala, E., Joshi, A. R., Fernando, S., Lovejoy, T. E., Mayorga, J., Olson, D., Asner, G. P., Baillie, J. E. M., Burgess, N. D., Burkart, K., Noss, R. F., Zhang, Y. P., Baccini, A., Birch, T., Hahn, N., Joppa, L. N., & Wikramanayake, E. (2019). A Global Deal For Nature: Guiding principles, milestones, and targets. *Science Advances*, 5(4), eaaw2869. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw2869>
- Dixon, A., Bold, B., Tsolmonjav, P., Galtbalt, B., & Batbayar, N. (2018). Efficacy of a mitigation method to reduce raptor electrocution at an electricity distribution line in Mongolia. *Conservation Evidence*, 15, 50–53.
- Dixon, A., Rahman, M. L., Galtbalt, B., Bold, B., Davaasuren, B., Batbayar, N., & Sugarsaikhan, B. (2019). Mitigation techniques to reduce avian electrocution rates. *Wildlife Society Bulletin*, 43(3), 476–483. <https://doi.org/10.1002/wsb.990>
- DNPWC. (2016). *Tiger Conservation Action Plan for Nepal (2016-2020)*. Department of National Parks and Wildlife Conservation.
- DNPWC, & DoFSC. (2018). *Status of Tigers and Prey in Nepal*. Ministry of Forests and Environment.
- Dormann, C. F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., Marquéz, J. R. G., Gruber, B., Lafourcade, B., Leitão, P. J., Münkemüller, T., McClean, C., Osborne, P. E., Reineking, B., Schröder, B., Skidmore, A. K., Zurell, D., & Lautenbach, S. (2013). Collinearity: A review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36(1), 27–46. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>
- Energy Policy and Planning Office. (2019). *Thailand Power Development Plan 2018-2037*. Thailand Ministry of Energy.
- Farooq, H., Azevedo, J., Belluardo, F., Nanvonamuquitxo, C., Bennett, D., Moat, J., Soares, A., Faurby, S., & Antonelli, A. (2020). WEGE: A new metric for ranking locations for biodiversity conservation. *Diversity and Distributions*, 26(11), 1456–1466. <https://doi.org/10.1111/ddi.13148>
- Ferrer, M., & Janns, G. (1999). *Birds and power lines*. Quercus.
- Foggin, J. M., Lechner, A. M., Emslie-Smith, M., Hughes, A. C., Sternberg, T., & Dossani, R. (2021). Belt and Road Initiative in Central Asia: Anticipating socioecological challenges from large-scale infrastructure in a global biodiversity hotspot. *Conservation Letters*, n/a(n/a), e12819. <https://doi.org/10.1111/conl.12819>
- Gagnon, J. W., Schweinsburg, R. E., & Dodd, N. L. (2007). *Effects of Roadway Traffic on Wild Ungulates: A Review of the Literature and Case Study of Elk in Arizona*. <https://escholarship.org/uc/item/9ms8f1k6>

- GMS. (2018). *GMS Regional Power Trade—Illustration*. Greater Mekong Subregion. <https://www.greatermekong.org/gms-regional-power-trade-illustration>
- GMS. (2020). *GMS Railways—Status*. Greater Mekong Subregion. <https://www.greatermekong.org/gms-railways-status>
- Government of Mongolia. (2016). *Mongolia Sustainable Development Vision 2030*. Secretariat of the State Great Hural.
- Hillebrand, H. (2004). On the generality of the latitudinal diversity gradient. *American Naturalist*, 163(2), 192–211. <https://doi.org/10.1086/381004>
- Horne, J. S., Garton, E. O., Krone, S. M., & Lewis, J. S. (2007). Analyzing animal movements using Brownian bridges. *Ecology*. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/06-0957.1/full>
- Hughes, A. C. (2019). Understanding and minimizing environmental impacts of the Belt and Road Initiative. *Conservation Biology*, 33(4), 883–894. <https://doi.org/10.1111/cobi.13317>
- Hughes, A. C., Lechner, A. M., Chitov, A., Horstmann, A., Hinsley, A., Tritto, A., Chariton, A., Li, B. V., Ganapin, D., Simonov, E., Morton, K., Toktomushev, K., Foggin, M., Tan-Mullins, M., Orr, M. C., Griffiths, R., Nash, R., Perkin, S., Glémet, R., ... Yu, D. W. (2020). Horizon scan of the Belt and Road Initiative. *Trends in Ecology & Evolution*, 35(7), 583–593. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.02.005>
- Huijser, M., Clevenger, A., McGowen, P., Ament, R., & Begley, J. (2013). *Oyu Tolgoi Roads and Wildlife Mitigation Report*. Western Transportation Institute.
- IBEF. (2021a). *Indian Railways Industry Analysis*. India Brand Equity Foundation Website. <https://www.ibef.org/industry/railways-presentation>
- IBEF. (2021b). *Power Sector in India*. India Brand Equity Foundation Website. <https://www.ibef.org/industry/power-sector-india.aspx>
- IEA. (2019). *Establishing multilateral power trade in ASEAN* (p. 131). International Energy Agency. https://asean.org/storage/2020/02/Establishing_Multilateral_Power_Trade_in_ASEAN.pdf
- IRENA. (2017). *Renewable Energy Outlook: Thailand*. International Renewable Energy Agency.
- Ito, T. Y., Lhagvasuren, B., Tsunekawa, A., Shinoda, M., Takatsuki, S., Buuveibaatar, B., & Chimeddorj, B. (2013). Fragmentation of the Habitat of Wild Ungulates by Anthropogenic Barriers in Mongolia. *PLOS ONE*, 8(2), e56995. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056995>
- IUCN. (2016). *A Global Standard for the Identification of Key Biodiversity Areas, version 1.0*. IUCN.
- IUCN. (2018). *Saiga tatarica*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2018*. IUCN SSC Antelope Specialist Group. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T19832A50194357.en>
- IUCN and UNEP. (2017). *Dong Phayayen-khao Yai Forest Complex*. World Heritage Datasheets. <http://world-heritage-datasheets.unep-wcmc.org/datasheet/output/site/dong-phayayen-khao-yai-forest-complex/>
- Jackson, R., & Wangchuk, R. (2001). Linking Snow Leopard Conservation and People-Wildlife Conflict Resolution: Grassroots Measures to Protect the Endangered Snow Leopard from Herder Retribution. *Endangered Species Update*, 18(4), 138–141.
- Jacobson, S. L., Bliss-Ketchum, L. L., Rivera, C. E. de, & Smith, W. P. (2016). A behavior-based framework for assessing barrier effects to wildlife from vehicle traffic volume. *Ecosphere*, 7(4), e01345. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1345>
- Jenkins, A. R., Smallie, J. J., & Diamond, M. (2010). Avian collisions with power lines: A global review of causes and mitigation with a South African perspective. *Bird Conservation International*, 20(3), 263–278. <https://doi.org/10.1017/S0959270910000122>
- Jenkins, C. N., & Pimm, S. L. (2013). Global patterns of terrestrial vertebrate diversity and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(28), E2602–E2610.
- Joly, K., Gurarie, E., Sorum, M. S., Kaczensky, P., Cameron, M. D., Jakes, A. F., Borg, B. L., Nandintsetseg, D., Hopcraft, J. G. C., Buuveibaatar, B., Jones, P. F., Mueller, T., Walzer, C., Olson, K. A., Payne, J. C., Yadamsuren, A., & Hebblewhite, M. (2019). Longest terrestrial migrations and movements around the world. *Scientific Reports*, 9(1), 15333. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51884-5>

- Kaczensky, P., Kuehn, R., Lhagvasuren, B., Pietsch, S., Yang, W., & Walzer, C. (2011). Connectivity of the Asiatic wild ass population in the Mongolian Gobi. *Biological Conservation*, 144(2), 920–929. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.12.013>
- Kaczensky, P., Sheehy, D., Johnson, D. E., Walzer, C., Davaa, L., & Sheehy, C. (2006). Room to roam? The threat to khulan (Wild Ass) from human intrusion. *Mongolia Discussion Papers, East Asia and Pacific Environment and Social Development Department.*, 1–69.
- Karki, J. (2020). *Biodiversity baseline assessment and mitigation strategy, Narayanghat-Butwal Road Project, Nepal* (p. 110). Report submitted to Nepal Department of Roads, Project Directorate (Asian Development Bank).
- Kaszta, Ż., Cushman, S. A., Hearn, A. J., Burnham, D., Macdonald, E. A., Goossens, B., Nathan, S. K. S. S., & Macdonald, D. W. (2019). Integrating Sunda clouded leopard (*Neofelis diardi*) conservation into development and restoration planning in Sabah (Borneo). *Biological Conservation*, 235, 63–76. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.04.001>
- Kaszta, Ż., Cushman, S. A., Htun, S., Naing, H., Burnham, D., & Macdonald, D. W. (2020). Simulating the impact of Belt and Road initiative and other major developments in Myanmar on an ambassador felid, the clouded leopard, *Neofelis nebulosa*. *Landscape Ecology*, 35(3), 727–746. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-00976-z>
- Kennedy, C. M., Oakleaf, J. R., Theobald, D. M., Baruch-Mordo, S., & Kiesecker, J. (2019). Managing the middle: A shift in conservation priorities based on the global human modification gradient. *Global Change Biology*, 25(3), 811–826. <https://doi.org/10.1111/gcb.14549>
- Kimbrough, L. (2020). Animal crossing: A wild ass makes history. *Mongabay Environmental News*. <https://news.mongabay.com/2020/06/animal-crossing-a-wild-ass-makes-history/>
- Kranstauber, B., Kays, R., LaPoint, S. D., Wikelski, M., & Safi, K. (2012). A dynamic Brownian bridge movement model to estimate utilization distributions for heterogeneous animal movement. *Journal of Animal Ecology*, 81(4), 738–746. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2012.01955.x>
- Kukkala, A. S., & Moilanen, A. (2013). Core concepts of spatial prioritisation in systematic conservation planning. *Biological Reviews*, 88(2), 443–464. <https://doi.org/10.1111/brv.12008>
- Lalthanpuia, Dey, S., Sharma, T., Sarma, P., Deka, J., Bora, P., & Borah, J. (2014). Camera-trap record of felid species from Kanchanjuri wildlife corridor, Assam, India. *CatNews*, 60, 28–30.
- Lechner, A. M., Chan, F. K. S., & Campos-Arceiz, A. (2018). Biodiversity conservation should be a core value of China's Belt and Road Initiative. *Nature Ecology & Evolution*, 2(3), 408–409. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0452-8>
- Leonard, J. (2017). *Analyzing Wildlife Telemetry Data in R*. https://www.ckwri.tamuk.edu/sites/default/files/publication/pdfs/2017/leonard_analyzing_wildlife_telemetry_data_in_r.pdf
- Linnell, J. D. C., Trouwborst, A., Boitani, L., Kaczensky, P., Huber, D., Reljic, S., Kusak, J., Majic, A., Skrbinek, T., Potocnik, H., Hayward, M. W., Milner-Gulland, E. J., Buuveibaatar, B., Olson, K. A., Badamjav, L., Bischof, R., Zuther, S., & Breitenmoser, U. (2016). Border Security Fencing and Wildlife: The End of the Transboundary Paradigm in Eurasia? *PLOS Biology*, 14(6), e1002483. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002483>
- Locke, H. (2014). Nature needs half: A necessary and hopeful new agenda for protected areas. *Nature New South Wales*, 58(3), 7–17.
- Mahood, S. P. (2021). *Avian power line mortality in the Northern Tonle Sap Protected Landscape (NTSPL), June 2019 – January 2021*. Wildlife Conservation Society Cambodia Program.
- Mahood, S. P., Silva, J. P., Dolman, P. M., & Burnside, R. J. (2018). Proposed power transmission lines in Cambodia constitute a significant new threat to the largest population of the Critically Endangered Bengal florican *Houbaropsis bengalensis*. *Oryx*, 52(1), 147–155. <https://doi.org/10.1017/S0030605316000739>
- Mano, S., Ovgor, B., Samadov, Z., Pudlik, M., Julch, V., Sokolov, D., & Yoon, J. (2014). *Gobitec and the Asian Super Grid for Renewable Energies in Northeast Asia* (p. 114). Energy Charter Secretariat,

- Energy Economics Institute of the Republic of Korea, Energy Systems Institute of the Russian Federation, Ministry of Energy of Mongolia, and Japan Renewable Energy Foundation.
- McInturff, A., Xu, W., Wilkinson, C. E., Dejid, N., & Brashares, J. S. (2020). Fence Ecology: Frameworks for Understanding the Ecological Effects of Fences. *BioScience*, 70(11), 971–985. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa103>
- Menon, V., Tiwari, S. K., Ramkumar, K., Kyarong, S., Ganguly, U., & Sukumar, R. (2017). *Right of Passage: Elephant Corridors of India [2nd Edition]* (Conservation Reference Series No. 3). Wildlife Trust of India.
- Milner-Gulland, E. J., Kholodova, M. V., Bekenov, A., Bukreeva, O. M., Grachev, I. A., Amgalan, L., & Lushchekina, A. A. (2001). Dramatic declines in saiga antelope populations. *Oryx*, 35(4).
- Morgan, P., Plummer, M., & Wignaraja, G. (2015). *Regional Transport Infrastructure: Mapping Projects to Bridge South Asia and Southeast Asia* (ADB Brief No. 43; p. 11). Asian Development Bank and Asian Development Bank Institute. <http://www.adb.org/sites/default/files/publication/159083/adbi-connecting-south-asia-southeast-asia.pdf>
- Myers, N., Mittermeyer, R. A., Mittermeyer, C. G., Da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- NEFEJ. (2020). *Impacts of Infrastructures on Environment and Biodiversity in Terai, Nepal*. Nepal Forum for Environmental Journalists.
- Newbold, T., Hudson, L. N., Arnell, A. P., Contu, S., De Palma, A., Ferrier, S., Hill, S. L. L., Hoskins, A. J., Lysenko, I., Phillips, H. R. P., Burton, V. J., Chng, C. W. T., Emerson, S., Gao, D., Hale, G. P., Hutton, J., Jung, M., Sanchez-Ortiz, K., Simmons, B. I., ... Purvis, A. (2016). Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. *Science*, 353(6296), 291–288. <https://doi.org/10.1126/science.aaf2201>
- Ng, L. S., Campos-Arceiz, A., Sloan, S., Hughes, A. C., Tiang, D. C. F., Li, B. V., & Lechner, A. M. (2020). The scale of biodiversity impacts of the Belt and Road Initiative in Southeast Asia. *Biological Conservation*, 248, 108691. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108691>
- Olson, D. M., & Dinerstein, E. (2002). The global 200: Priority ecoregions for global conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 89(2), 199–224. <https://doi.org/10.2307/3298564>
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., D'Amico, J. A., Itoua, I., Strand, H. E., Morrison, J. C., Loucks, C. J., Allnutt, T. F., Ricketts, T. H., Kura, Y., Lamoreux, J. F., Wettengel, W. W., Hedao, P., & Kassem, K. R. (2001). Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on Earth. *BioScience*, 51(11), 933–938. <https://doi.org/10.1641/0006-3568>
- Parashar, U. (2019, September 8). Longest flyover to protect wildlife at Kaziranga planned. *Hindustan Times*. <https://www.hindustantimes.com/india-news/longest-flyover-to-protect-wildlife-at-kaziranga-planned/story-QgE7k99jT1zP7LAfjR1exM.html>
- Pariwakam, M., Joshi, A., Navgire, S., & Vaidyanathan, S. (2018). *A Policy Framework for Connectivity Conservation and Smart Green Linear Infrastructure Development in the Central Indian and Eastern Ghats Tiger Landscape*. Wildlife Conservation Trust.
- Popp, J. N., & Boyle, S. P. (2017). Railway ecology: Underrepresented in science? *Basic and Applied Ecology*, 19, 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2016.11.006>
- Potapov, P., Hansen, M. C., Laestadius, L., Turubanova, S., Yaroshenko, A., Thies, C., Smith, W., Zhuravleva, I., Komarova, A., Minnemeyer, S., & Esipova, E. (2017). The last frontiers of wilderness: Tracking loss of intact forest landscapes from 2000 to 2013. *Science Advances*, 3(1), e1600821–e1600821. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600821>
- Poudel, S., Devkota, B. P., Lamichhane, B. R., Bhattarai, S., Dahal, P., & Lamichhane, A. (2020). Usage of Man-Made Underpass by Wildlife: A Case Study of Narayanghat-Muglin Road Section. *Forestry: Journal of Institute of Forestry, Nepal*, 17, 184–195. <https://doi.org/10.3126/forestry.v17i0.33635>

- Pouzols, F. M., Toivonen, T., Di Minin, E., Kukkala, A. S., Kullberg, P., Kuusterä, J., Lehtomäki, J., Tenkanen, H., Verburg, P. H., & Moilanen, A. (2014). Global protected area expansion is compromised by projected land-use and parochialism. *Nature*, *516*(7531), 383–386. <https://doi.org/10.1038/nature14032>
- Reed, T., & Trubetskoy, A. (2019). *Assessing the Value of Market Access from Belt and Road Projects* (Policy Research Working Paper No. 8815; p. 81). World Bank Group. <http://documents1.worldbank.org/curated/en/333001554988427234/pdf/Assessing-the-Value-of-Market-Access-from-Belt-and-Road-Projects.pdf>
- Sanchez-Ortiz, K., Gonzalez, R. E., De Palma, A., Newbold, T., Hill, S. L. L., Tylianakis, J. M., Borger, L., Lysenko, I., & Purvis, A. (2019). Land-use and related pressures have reduced biotic integrity more on islands than on mainlands. *BioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/576546>
- Sharma, R., Rimal, B., Stork, N., Baral, H., & Dhakal, M. (2018). Spatial Assessment of the Potential Impact of Infrastructure Development on Biodiversity Conservation in Lowland Nepal. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *7*(9), 365. <https://doi.org/10.3390/ijgi7090365>
- Silva, J. P., Palmeirim, J. M., Alcazar, R., Correia, R., Delgado, A., & Moreira, F. (2014). A spatially explicit approach to assess the collision risk between birds and overhead power lines: A case study with the little bustard. *Biological Conservation*, *170*, 256–263. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.12.026>
- Sloan, S., Alamgir, M., Campbell, M. J., Setyawati, T., & Laurance, W. F. (2019). Development Corridors and Remnant-Forest Conservation in Sumatra, Indonesia. *Tropical Conservation Science*, *12*, 1940082919889509. <https://doi.org/10.1177/1940082919889509>
- Sloan, S., Campbell, M. J., Alamgir, M., Lechner, A. M., Engert, J., & Laurance, W. F. (2019). Trans-national conservation and infrastructure development in the Heart of Borneo. *PLOS ONE*, *14*(9), e0221947. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221947>
- Snow Leopard Network. (2014). *Snow Leopard Survival Strategy, Revised 2014 Version*. Snow Leopard Network.
- Stimson Center. (2021). *Mekong Infrastructure Tracker*. Stimson Center. <https://www.stimson.org/project/mekong-infrastructure/>
- Thapa, K., Wikramanayake, E., Malla, S., Acharya, K. P., Lamichhane, B. R., Subedi, N., Pokharel, C. P., Thapa, G. J., Dhakal, M., Bista, A., Borah, J., Gupta, M., Maurya, K. K., Gurung, G. S., Jnawali, S. R., Pradhan, N. M. B., Bhata, S. R., Koirala, S., Ghose, D., & Vattakaven, J. (2017). Tigers in the Terai: Strong evidence for meta-population dynamics contributing to tiger recovery and conservation in the Terai Arc Landscape. *PLOS ONE*, *12*(6), e0177548. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177548>
- Thatte, P., Joshi, A., Vaidyanathan, S., Landguth, E., & Ramakrishnan, U. (2018). Maintaining tiger connectivity and minimizing extinction into the next century: Insights from landscape genetics and spatially-explicit simulations. *Biological Conservation*, *218*, 181–191. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.12.022>
- UNEP/CMS. (2019). *Central Asian Mammals Migration and Linear Infrastructure Atlas* (CMS Technical Series No. 41). Convention on Migratory Species.
- UNEP-WCMC, & IUCN. (2021). *Protected Planet: The World Database on Protected Areas*. UNEP-WCMC and IUCN. www.protectedplanet.net
- UNESCAP. (2019a). *Asian Highway Route Map* [Map]. United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. <https://www.unescap.org/resources/asian-highway-route-map>
- UNESCAP. (2019b). *Trans-Asian Railway Network Map* [Map]. United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. <https://www.unescap.org/resources/trans-asian-railway-network-map>
- Wang, O. (2021, February 26). China sets 15-year transport expansion plan as it seeks to double size of economy by 2035. *South China Morning Post*. <https://www.scmp.com/economy/china-economy/article/3123151/china-sets-15-year-transport-expansion-plan-it-seeks-double>

- Wilson, E. (2016). *Half-earth: Our planet's fight for life*. Norton & Company.
<https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=gftlCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT7&dq=half+earth&ots=VdLt8vyn5O&sig=dPm0PoswfT9OQpKZNBQs3Sgt5lg>
- Wingard, J., & Zahler, P. (2006). *Silent Steppe: The Illegal Wildlife Trade Crisis in Mongolia* (Mongolia Discussion Papers, East Asia and Pacific Environment and Social Development Department). World Bank.
- Wingard, J., Zahler, P., Victurine, R., Bayasgalan, O., & Buuveibaatar, B. (2014a). *Guidelines for Addressing the Impact of Linear Infrastructure on Large Migratory Mammals in Central Asia*. UNEP/CMS Secretariat, Wildlife Conservation Society.
- Wingard, J., Zahler, P., Victurine, R., Bayasgalan, O., & Buuveibaatar, B. (2014b). *Guidelines for Addressing the Impact of Linear Infrastructure on Migratory Large Mammals in Central Asia* [Technical Report]. Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals.
- Wolf, M., & Ale, S. (2009). Signs at the top: Habitat features influencing snow leopard *Uncia uncia* activity in Sagarmatha National Park, Nepal. *Journal of Mammalogy*, 90(3), 604–611.
- WWF. (2015). *Snow leopard Species Action Plan 2015-2020*. World Wide Fund for Nature.
- WWF. (2018). *Infrastructure assessment in snow leopard habitat of Nepal*. WWF Nepal.
https://www.panda.org/discover/knowledge_hub/?340154/Infrastructure-Assessment-in-Snow-Leopard-Habitat-of-Nepal
- WWF. (2019). *Use and Effectiveness of Wildlife Crossings in Nepal: Results for the Wildlife Underpasses Built along Narayanghat-Mugling Road in Barandabhar Corridor Forest*. WWF Nepal.
- Zeller, K. A., Wattles, D. W., & Destefano, S. (2020). Evaluating methods for identifying large mammal road crossing locations: Black bears as a case study. *Landscape Ecology*, 35(8), 1799–1808.
<https://doi.org/10.1007/s10980-020-01057-x>