

Скопления морских колониальных птиц как ландшафтообразующий фактор (на примере острова Матыкиль, Ямской архипелаг)

А. Н. Иванов

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

Ivanov A. N. 2008. Colonial seabirds accumulation as landscape formative factor (by the example of Matykil Island, Jamskoj Archipelago) // The biology and conservation of the birds of Kamchatka. Moscow, 8: 3–11.

The influence of large congestions of colonial seabirds on the features of small islands nature is analyzed. The test object is the Matykil Island in the Sea of Okhotsk with more than 8 million birds on its total area of 6 km². On such islands the birds are proved to create special forms of a microrelief to change chemistry of surface waters. One can observe pauperization of phytocoenosis species composition, change of efficiency, biomorphological adaptations of plants. Peculiar soil, different from zonal ones, are formed. As the result large congestions of colonial seabirds on small islands act as a factor forming special ornithogenic ecosystems.

ВВЕДЕНИЕ

Крупные гнездовые скопления морских колониальных птиц, локализованные обычно на береговых обрывах, давно привлекают внимание орнитологов. Совершенно особая ситуация складывается на небольших островах, где при отсутствии наземных хищников и поселений человека птицы могут заселять целиком весь остров. В этом случае под влиянием птичьего населения изменяются практически все природные компоненты, и птицы выступают системообразующим фактором, определяя основные черты структуры и функционирования всей островной экосистемы (Иванов, 2006, 2007).

Влияние скоплений морских колониальных птиц на структуру экосистем ранее отмечалось в литературе, хотя число публикаций по этой теме невелико. В большинстве работ обращается внимание на трансформацию растительности. На примере Кольской Субарктики показано, что в местах гнездований морских колониальных птиц возникает особая орнитогенная растительность, при этом разные виды птиц по-разному влияют на растительный покров. Качественная и количественная стороны воздействия зависят от мест гнездования птиц, поведения, экскреторной и вытаптывающей деятельности (Бреслина, 1987). Ученые Института биологических проблем Севера ДВО РАН установили основные особенности изменений видового состава и биоморфологические адаптации растений как ответную реакцию на орнитогенный пресс (Зеленская, 1995; Мочалова, 2001; Хорева, 2003; Зеленская, Хорева, 2006; Мочалова, Хорева, 2006; и др.).

В некоторых работах обращается внимание на формирование под скоплениями морских колониальных птиц особых орнитогенных почв (Плещенко, 1992). Показано, что в условиях Антарктиды только

внесение птицами органического вещества из моря способно обеспечить развитие своеобразных примитивных почв (Сыроечковский, 1959).

Весьма важным, хотя менее изученным аспектом является влияние птичьих базаров на прилегающую акваторию. Вблизи скоплений морских колониальных птиц существенным образом меняется круговорот вещества и энергии. Собирая корм на обширной акватории, но постоянно возвращаясь к своей колонии, птицы концентрируют продукты своего рациона (рыб, ракообразных и др.) на небольшой площади. За счет высокой интенсивности метаболизма, присущей морским рыбоядным птицам, ускорение круговорота веществ и их концентрация приводят к повышенному содержанию биогенов в прибрежных водах. В результате этого процесса вблизи птичьих колоний возникают орнитогенные биогеохимические аномалии. Метаболиты птиц увеличивают продуктивность диатомовых и перидиниевых водорослей, мелких жгутиковых и других групп, составляющих основу питания растительного планктона. Это сказывается и на более высоких трофических уровнях. Вблизи колоний морских птиц отмечается высокая численность личинок усоногих рачков, аномально высокие показатели биомассы некоторых видов зообентоса, рыб (Головкин, 1982, 1991). При исследовании о. Монерон, расположенного в Японском море (Иванов, 1994), была отмечена четкая корреляция между локализацией птичьих базаров на скалах острова и скоплениями трепанга на шельфе (В. Г. Папунов, устн. сообщ.).

Цель настоящей работы – выявление основных трендов, отражающих трансформацию экосистем под влиянием орнитогенного пресса на о. Матыкиль, и поиск геохимических параметров, характеризующих интенсивность миграции химических элементов в орнитогенных экосистемах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Объектом исследования являлся о. Матыкиль, полевые работы на котором проводились в июле 2006 г. Матыкиль входит в состав Ямского архипелага, расположенного в северной части Охотского моря в 4–18 км от материкового побережья. Площадь острова составляет 6,1 км², наиболее высокая отметка – 697 м. В геологическом отношении остров относится к Охотско-Чукотскому вулканогенному поясу, литогенная основа представлена гранитными интрузиями, а также юрскими песчаниками и глинистыми сланцами. В ландшафтном отношении о. Матыкиль относится к типу материковых низкогорных островов с тундрово-стланиково-луговой растительностью на сухоторфяных почвах. Факторы ландшафтной дифференциации первого порядка – морской субарктический климат с отрицательной среднегодовой температурой воздуха (–5,2 °C), охлаждающее влияние акватории вследствие подъема холодных глубинных вод (температура воды у поверхности в июле +5 °C), низкогорный скалистый рельеф, изолированность от материка последние 13 тыс. лет (Велижанин, 1976). Факторами дифференциации второго порядка выступают экспозиция склонов, ветровой режим и перераспределение снега, положение в ландшафтно-геохимической катене, состав слагающих пород, а также многовековой орнитогенный пресс.

Необычность островной природы связана с крупнейшим, вероятно, в Северной Пацифике скоплением морских колониальных птиц, численность которых оценивается от 7 до 11,4 млн. особей (Кондратьев и др., 1993), по учетам 2006 г. – 8,2 млн. (Зеленская, в печати). Птичьи базары образованы гнездовьями различных видов чистиковых (тонкоклювой *Uria aalge* и толстоклювой кайры *U. lomvia*, большой конюги *Aethia cristatella*, конюги-крошки *A. pusilla*, белобрюшки *Cyclorhynchus psittacula*, очкового чистика *Cephus carbo*, топорика *Lunda cirrhata*, ипатки *Fratercula corniculata*), а также тихоокеанской чайки *Larus schistisagus*, моевки *Rissa tridactyla*, берингова баклана *Phalacrocorax pelagicus*, глупыша *Fulmarus glacialis*. Основу птичьего населения составляют конюги, кайры, глупыши. Птицы заселяют практически весь остров – от тыловой части пляжей до привершинных осыпей. В распределении птичьего населения обнаруживается определенная связь с ландшафтной структурой (Иванов, Авессаломова, 2008). В верхнем ярусе из морских колониальных птиц гнездятся только конюги (реже белобрюшка), которые заселяют главным образом курумы. В нижней части склонов в вейниковых кочкарниках разнообразие и плотность птиц увеличиваются, к отмеченным выше видам добавляются глупыш, ипатка, реже топорик. Помимо осыпей, птицы здесь гнездятся между вейниковыми кочками. Максимальное разнообразие и плотность птичьего населения наблюдаются в береговой зоне: на скалистых обрывах гнездятся кайры, моевки, бакланы, чайки, глупыши, в тыловой части пляжей – очковый чистик, в обвально-осыпных шлейфах – ипатка, белобрюшка, большая конюга.

Отметим, что птичье население выступало не как объект исследования, а как фактор, определяющий особенности структуры и функционирования островных экосистем. Учет численности и распределения птиц проводился Л. А. Зеленской (в печати).

Изучение влияния птиц на природные комплексы проводилось с использованием как традиционных методов физико-географических исследований (Берущавили, Жучкова, 1997), так и ряда специфических методов. При изучении орнитогенного микро-рельефа в типичных природных комплексах закладывались площадки размером 3,5×3,5 м, внутри которых подсчитывалось число и размеры кочек, жилых и нежилых нор. При определении параметров биологического круговорота использованы данные по укосам с площадки 50×50 см, характеризующим надземную травянистую фитомассу и ее фракционную структуру в орнитогенных комплексах разных типов. Там же отбирались образцы почв по горизонтам. Для гидрохимического опробования на о. Матыкиль выбраны ручьи с многочисленными колониями птиц на территориях водосборов; в качестве фонового выбран ручей в привершинной части острова без птичьего населения. Анализ проб проведен в Аналитическом центре контроля качества вод ЗАО «Роса». Анализы почв проводились в геохимической лаборатории географического факультета МГУ Ю. А. Поляковой, М. А. Хрусталева и автором по принятой методике (Хрусталева, 2003).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Вначале рассмотрим основные последствия воздействия птиц на отдельные природные компоненты – рельеф, поверхностные воды, растительность, почвы.

Рельеф. Под влиянием жизнедеятельности птичьего населения формируются особые формы микрорельефа – норы, тропинки, «взлетные площадки», «клубы», «присады», злаковые кочкарники (Иванов, 2006, 2007). Их распределение, местные особенности и занимаемая площадь сильно варьируют в зависимости от состава и плотности птичьего населения и местных природных особенностей. Ярче всего проявляется рельефообразующая роль птиц в колониях топориков и чаек, а самые большие по площади и наиболее впечатляющие из форм орнитогенного рельефа – «злаковые кочкарники».

Подобные кочкарники в местах птичьих базаров описаны в литературе для разных природных условий (Командорский архипелаг, острова Кольской Субарктики и др.), при этом кочки образуют различные виды злаков (Бреслина, 1987; Мочалова, 2001; Мочалова, Хорева, 2006). Очень характерны злаковые кочкарники (преимущественно из *Calamagrostis langsdorfii*) для о. Матыкиль. Среднее число кочек на модельных площадках составляло 96 шт. на 100 м², средняя высота – 65 см, а максимальная высота кочки, встреченная нами, достигала 162 см, т. е. сопоставима с ростом человека. Площадь, занимаемая злаковыми кочкарниками, по предварительным оценкам

составляет не менее 20–25 % от общей площади островных склонов.

Несмотря на такую широкую распространенность кочкарников в птичьих колониях, механизм их формирования не вполне ясен (Иванов, 2006, 2007; Мочалова, Хорева, 2006). Все существующие гипотезы можно свести к трем группам: а) образование кочек вследствие механического воздействия со стороны птиц в местах гнездования; б) обильная подкормка растений органикой, стимулирующая их более активный рост и кущение; в) смешанное воздействие зоомеханогенеза и геохимической составляющей.

Наши исследования на о. Матыкиль показывают, что основным фактором кочкообразования, скорее всего, является именно аномально высокое содержание азота и фосфора в почвах, что способствует росту растений в виде кочек, то есть «геохимическая» гипотеза. Практически все встреченные злаковые кочкарники находятся в четырех типах местообитаний: а) у подножья скалистых обнажений, занятых гнездовьями птиц; б) ниже каменных россыпей, служащих местом гнездования конюг и белобрюшки; в) в эрозионных ложбинах; г) в нижней части склонов по всему периметру острова, т. е. в трансаккумулятивных звеньях ландшафтных катен. Таким образом, все злаковые кочкарники объединяет то, что они находятся в ландшафтно-геохимическом поле гнездовых скоплений птиц. При этом внутри самих кочкарников жилые гнезда обнаруживаются далеко не всегда. Нельзя исключить, однако, что это своего рода «реликтовые» образования, сохранившиеся со времени более массового гнездования птиц.

Вместе с тем «геохимическая» гипотеза не объясняет все известные случаи распространения кочкарников под воздействием птиц. Так, на о. Матыкиль вейник Лангсдорфа иногда в трансаккумулятивных позициях образует монодоминантные высокотравные сообщества высотой более 1,2 м с плотной дерниной без формирования кочек. Такие же монодоминантные вейниковые луга высотой до 1,6 м в трансаккумулятивных звеньях катен описаны на о. Талан, а вейниковые кочки здесь образуются непосредственно в колониях топориков под влиянием зоомеханогенеза (Мочалова и др., 2006). Общепринятой теории, объясняющей все имеющиеся факты и механизм формирования кочкарников, занимающих большие площади, у нас пока нет.

Поверхностные воды. Для изучения особенностей водной миграции в качестве фонового нами проанализирован ионный состав воды из ручья, вытекающего из снежника (руч. Снежный) на высоте около 600 м и отражающего главным образом гидрохимические особенности азральных потоков. Талые воды характеризуются очень низкой минерализацией, преобладанием талассофильных элементов (Cl, Na и др.), слабокислой реакцией и незначительным количеством $C_{орг}$ (табл. 1). По этим параметрам от них резко отличаются воды в среднем и нижнем течении ручьев, протекающих вблизи скоплений морских колониальных птиц. Основные изменения проявляются в увеличении минерализации и концентрации биогенных элементов, хотя степень отклонения гидрохимических характеристик от эталонных в разных ручьях неодинакова.

Таблица 1. Химический состав поверхностных вод в летний период в ручьях о. Матыкиль и реках Охотского побережья.

Table 1. Chemistry of surface water during the summer term in brooklets of Matykil Island and rivers of the Okhotsk Sea shore.

Название водотока Name of water-current	Сумма ионов, мг/л Sum of ions, mg/l	$C_{орг}$ Organic carbon	pH	P, мг/л P, mg/l
О. Матыкиль:				
руч. Снежный	45,1	2,2	5,98	0,07
руч. Подъемный	116,7–168,3	7,1–7,8	5,0–5,8	0,17–0,18
руч. Птичий	280,7–298,4	10,5–12,4	3,4–3,5	1,53–3,16
Реки Охотского побережья	37,9	Нет данных	6,8–7,4	0,0–0,02

Общая тенденция – увеличение вниз по течению суммы ионов, хлоридов, сульфатов, содержания щелочных и щелочно-земельных элементов, фосфора. Поступление минеральных веществ в воды связано с выщелачиванием химических элементов из почв, вымыванием из помета и других метаболитов птиц. При приближении к морю возможно увеличение роли импัลверизации солей. Существенное значение орнитогенного источника при формировании состава поверхностных вод четко выявляется при сравнении ручьев о. Матыкиль с реками Дукча и Каменушка Охотского побережья в районе Магадана (Гидрологический ежегодник, 1975). Например, при отсутствии морских колониальных птиц содержание фосфора в этих реках ниже на два порядка (табл. 1).

Содержание $C_{орг}$ в ручьях по сравнению с тальми снеговыми водами возрастает в 3–5 раз, что косвенно подтверждается коричневатым цветом вод и связано, очевидно, с выщелачиванием агрессивных органических кислот (щавелевая и др.) из помета. Максимальное содержание $C_{орг}$ (как и основных ионов) отмечено в ущелье руч. Птичьего, где происходит непосредственный смыв экскрементов и продуктов их разрушения с отвесных склонов. Появление высокого содержания органических кислот сопровождается снижением pH до 3,4–3,5 и свидетельствует об изменении щелочно-кислотной обстановки. Гораздо слабее такая тенденция выражена в ущелье руч. Подъемного, по днущу которого прослеживается полоса вейниковых кочкарников, ограничиваю-

щих контакт натеchnых склоновых вод с водами ручья, где сохраняется слабокислая среда.

Расчет коэффициента водной миграции (K_x) показал, что наибольшей подвижностью в орнито-генных геосистемах отличаются Cl и S, относящиеся к очень подвижным мигрантам (табл. 2), наименьшей – K, его участие в водной миграции ограничивается за счет включения в биологический круговорот (БИК). При усилении орнито-генного влияния в средних и нижних частях склонов отмечается рост K_x большинства макроэлементов. По величине коэффициента контрастности (K_c),

рассчитанного относительно вод руч. Снежного, они образуют следующий ряд: P (6,7) > Ca (4,2) > S (2,5) = Mg (2,5) > K (2,1) > Cl (1,3) > Na (0,8). Самой высокой контрастностью отличается поведение P; он переходит в группу очень подвижных мигрантов ($K_x > 10$), а его растворимые соединения с водными потоками поступают в море, обеспечивая повышение евтрофности прибрежных аквальных комплексов. Интересно, что в случае отсутствия латеральных биогеохимических барьеров в ущелье руч. Птичьего даже K ведет себя как легкоподвижный мигрант.

Таблица 2. Интенсивность водной миграции элементов в ручьях о. Матыкиль.

Table 2. Rate of water migration of elements in the brooklets of Matykil Island.

Название водотока Name of water-current	Коэффициенты водной миграции Factors of water migration			
	100n	10n	n	0,n
Руч. Снежный	Cl	S	Na, Ca, P, Mg	K
Руч. Подъемный	Cl	S	Na, Ca, Mg, P	K
Руч. Птичий	Cl, S	P	Ca, Na, Mg, K	–

Сравнение гидрохимических параметров показало: на локальном уровне проявляются различия водной миграции элементов в зависимости от морфологической структуры природных комплексов. По большинству показателей выделяется руч. Птичий, в его водах обнаружено максимальное содержание биогенных элементов. Этот ручей протекает в ущелье, борта которого заселены птицами, а днище заполнено нагромождениями щебня. Очевидно, в условиях грубого субстрата и отсутствия латеральных барьеров не действуют природные механизмы, способствующие изъятию элементов из водных потоков. Наоборот, одной из причин более низкой концентрации биогенов в водах руч. Подъемного может быть наличие биогеохимических барьеров, приуроченных к вейниковым кочкарникам в днище, где происходит перехват элементов, которые поступают с натеchnыми склоновыми водами, включение их в БИК и ограничение поступления в воды.

Таким образом, при формировании состава поверхностных вод важное значение имеют биогеохимические процессы, своеобразие которых связано с особенностями функционирования орнито-генных геосистем. При выявлении их участия в трансформации водных потоков в качестве информативных параметров выступают содержание $C_{орг}$, pH и концентрация биогенных элементов в водах (Иванов, Авесаломова, 2008).

Растительность. Наиболее сильное воздействие скопления морских колониальных птиц оказывают на растительный покров. По видовому составу, общему облику, характеру произрастания растительные сообщества на малых островах, занятых птицами, резко отличаются от фоновой зональной растительности. Основными факторами, способствующими образованию орнито-генной растительности, являются механическое повреждение растений птицами (общипывание, обламывание, вытаптывание растений и отдельных побегов внутри кочек, куртин),

изменение химического состава и кислотности почвы под влиянием большого числа экскрементов и других органических веществ, механическое влияние птиц на почву (Мочалова, Хорева, 2006). Как правило, для подобных фитоценозов характерно заметное обеднение видового состава, так как преимущество получают виды, способные переносить аномально высокое содержание азота и фосфора и устойчивые к зоомеханогенезу. К числу таких фоновых орнитофильных видов, доминирующих на о. Матыкиль, относится прежде всего *Calamagrostis langsdorffii*, а также *Leymus mollis*, *Angelica gmelinii*, *Artemisia leucophylla*, *Rhodiola rosea* и некоторые другие.

Другой важный аспект – изменение продуктивности фитоценозов. Для характеристики автотрофного биогенеза использованы данные по надземной фитомассе травяного яруса (в расчете на сухое вещество), отражающие различия разнотипных природных комплексов (табл. 3). Наименьшие запасы травянистой фитомассы отмечены в мохово-кустарничковых тундрах северных склонов, где травяной покров разрежен, отличается небольшой высотой и низким флористическим разнообразием. Птичье население здесь немногочисленно (конюги, гнездящиеся в курумах).

В горно-луговых ландшафтах интенсивность орнито-генного пресса увеличивается в нижних частях склонов в соответствии с ростом численности и разнообразия птиц. Различия горных лугов на разных высотах проявляются в изменении структуры и продуктивности фитоценозов. В автономных природных комплексах привершинных гребней фитомасса лугов составляет 30–34 ц/га, что согласуется с данными для лугов субарктического пояса (Базилевич, 1993). Фитомасса имеет сложную фракционную структуру, в которой существенную роль играют разнотравье и осоки. В транслювиальных комплексах наблюдается трансформация луговых фитоценозов и их видового разнообразия, а также увеличение высоты травостоя и роли злаков

в структуре фитомассы. Среди них доминирует *Calamagrostis langsdorffii*, относящийся к орнитофильным видам. Вейниковые кочкарники на нижних частях склонов отличаются наибольшей вариабельностью фитомассы, что, вероятно, отражает разнонаправленный характер изменения продуктивности в условиях орнитогенного привноса вещества в ландшафт. Одна из тенденций фиксирует

усиление межвидовой конкуренции, но при этом высокую устойчивость и интенсивное развитие вейника в условиях повышенного азотного питания в нижних звеньях катен, что сопровождается ростом продуктивности. Однако при избыточном содержании химических элементов в почвах и интенсивном зоомеханогенезе наблюдается снижение продукционного процесса.

Таблица 3. Фракционная структура травянистой фитомассы горно-луговых ландшафтов о. Матыкиль.
Table 3. Fractional structure of mountain-paia landscapes grassy phytomass of Matykil Island.

Название природного комплекса Name of natural complex	Абсолютная высота, м Absolute height, m	Сухая надземная травянистая фитомасса, ц/га Dry top phytomass, μ/hectares			
		Злаки Cereals	Разнотравье Forbs	Осоки Sedges	Общая Total
Автономные вейниково-осоково-разнотравные	475	1,8	20,8	11,6	34,2
Трансэлювиальные разнотравно-злаковые	375	25,6	11,8	0	37,4
Трансэлювиальные вейниковые кочкарные	350	54,0	10,8	0	64,8
	270	88,8	13,6	0	102,4
	65	21,4	17,6	0	39,0
Трансаккумулятивные вейниковые	Нет данных	26,4	3,6	0	30,0

Этот вывод подтверждается данными, полученными нами на о. Умара в зал. Одян Тауйской губы Охотского моря, где на небольшом острове имеются природные комплексы, различающиеся по длительности орнитогенного воздействия. На участках, только осваиваемых морскими колониальными птицами, отмечена высокая продуктивность разнотравно-вейниковых лугов, фитомасса которых достигает 105 ц/га, в то время как в местах старых колоний в монодоминантных вейниковых лугах она уменьшается до 39 ц/га. Таким образом, в зависимости от интенсивности и длительности орнитогенного привноса вещества его влияние на биологическую продуктивность ландшафтов может иметь как стимулирующий, так и негативный эффект.

В ответ на интенсивную орнитогенную нагрузку у растений появляются биоморфологические адаптации. Постоянная органическая подкормка приводит у большинства видов к чрезмерному развитию вегетативных органов (особенно ярко это выражено у злаков и зонтичных). У большинства видов сосудистых растений отмечается аномальное ветвление и усиленное побегообразование как результат обламывания и вытаптывания птицами. Избыток в почвах фосфора и азота – по-видимому, основной фактор, приводящий к значительному разрастанию корневищ, каудекса. На о. Матыкиль на береговых скалах выделяется особый «родиоловый пояс»: все скалы усыпаны шарообразными или эллипсоидальными подушками *Rodiola rosea* диаметром 20–30 см, используемые глупышами для устройства гнезд. Родиоловые подушки представляют собой адаптационные экобиоморфы, существующие в условиях многолетнего орнитогенного пресса. Их образование связывают с отмиранием верхушечной почки в результате избыточного поступления биогенов и мно-

гократным боковым ветвлением каудекса (Мочалова, Хорева, 2006).

Почвы. Один из интересных и слабоизученных аспектов влияния птиц на структуру экосистем – формирование специфических орнитогенных почв. Главный фактор, обуславливающий их своеобразие – орнитогенный привнос вещества, включающий различные продукты жизнедеятельности птиц: экскременты, погадки, перья и пух, скорлупа яиц, останки мертвых птенцов и взрослых птиц. Только одна пара чает с потомством за гнездовой период поставляет в почву, по разным оценкам, от 85 до 170 кг продуктов своей жизнедеятельности (Зеленская, Хорева, 2006). В состав помета входят разные органические соединения и соли мочевого и минеральных кислот: фосфорноокислые соли, мочевокислый и щавелевокислый аммоний и др. При воздействии дождевых вод из помета выщелачиваются легкорастворимые соединения фосфора, нитраты, сульфаты и хлориды. Быстрое разрушение солей мочевого кислоты и образование щавелевой кислоты увеличивают агрессивность продуктов преобразования помета, что создает предпосылки для формирования кислой среды.

Погадки представляют собой непереваренные остатки морских кормов: рыбы кости, молотую ракушку, хитин. Их разложение, как и рогового вещества перьев, происходит медленно. В то же время погадки, птичий помет и скорлупа яиц являются источниками Са, что способствует незначительному подщелачиванию среды в верхних горизонтах торфяных почв.

На о. Матыкиль фоновыми являются почвы, относящиеся к типу сухоторфяных. Главную роль в генезисе этих почв играет интенсивное «сухое», т. е. не связанное с грунтовыми водами и заболачиванием торфообразование, протекающее на минеральном

субстрате в условиях холодного и влажного морского климата. Высокая атмосферная влажность на фоне сравнительно низких температур летнего периода способствует торможению процессов разложения и минерализации опада и прогрессивному нарастанию вверх торфяной массы. В морфологическом профиле выделяется сухоторфяной горизонт светло-бурого цвета, состоящий из остатков мезофильных растений, в основном сохранивших первоначальную форму, и торфяной горизонт темно-коричневого цвета, растительные остатки в котором почти утратили

свою первоначальную форму, залегающий на водопроницаемой минеральной породе без признаков оглеения.

Наши данные по о. Матюкиль показывают, что под влиянием птичьего населения прежде всего меняются химические свойства почв, в частности, значительно возрастает содержание углерода (табл. 4). По данным С. В. Плещенко (1992), в сухоторфяных почвах вблизи колоний морских птиц на о. Талан также значительно увеличивается содержание подвижных минеральных форм азота и фосфора.

Таблица 4. Содержание органического углерода в сухоторфяных почвах Северной Охотии.
Table 4. Organic carbon content in peat-dry soils of Northern Okhotia.

Почва Soil	Сухоторфяные горизонты Peat-dry horizons	Глубина образца, см Depth of the sample, cm	C _{орг} , % Organic carbon, %
Сухоторфяная маломощная почва под вейниковым каменноберезняком вблизи Магадана (без влияния птиц)	TJ-1 TJ-2 TJ-3	0–4 4–8 16–22	55,41 24,11 16,44
Сухоторфяная почва под вейниковым лугом на о. Матюкиль (в зоне влияния птичьего населения)	TJ-1 TJ-2 TJ-3 TJ-4	5–10 15–30 58–65 70–75	69,19 49,99 55,63 48,47

Второе следствие – увеличение мощности почв вследствие формирования высокотравных вейниковых лугов. Типичные сухоторфяные почвы обычно имеют мощность десятки сантиметров (Классификация..., 2004). На о. Матюкиль под вейниковыми лугами в трансаккумулятивных звеньях катен даже на склоне крутизной более 40° нами неоднократно описывались сухоторфяные почвы, мощность которых превышала один метр.

Таким образом, под влиянием жизнедеятельности птичьего населения на островах формируются не вполне обычные почвы, имеющие признаки зональных (материковых), но вместе с тем отличающиеся от них по химизму и мощности профиля. Классификационная принадлежность этих почв требует дальнейшего изучения, в новейшей «Классификации и диагностике почв России» (2004) подобные почвы не выделены.

РОЛЬ ОРНИТОГЕННОГО ПЕРЕНОСА В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ОСТРОВНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Одним из принципиальных отличий в функционировании наземных экосистем является значительное преобладание фитомассы над зоомассой, тогда как в водных экосистемах океанов их соотношение обратное. С этой точки зрения промежуточное положение занимают орнитогенные экосистемы островов с морскими колониальными птицами, играющими ведущую роль в вовлечении элементов в биогеохимические циклы. Орнитогенные потоки включают две составляющих: одна отражает массоперенос с океана на сушу в процессе питания птиц, другая – его поступление с продуктами их

метаболизма в наземные (частично в аквальные) экосистемы.

Морские колониальные птицы по-разному используют биологические ресурсы океана. Конюги и белобрюшка питаются мелкими морскими ракообразными; ипатка, топорик, моевка, чистик, кайры – мелкой рыбой и различными морскими беспозвоночными (ракообразные, моллюски, морские ежи, губки); настоящими ихтиофагами являются бакланы. К числу полифагов относятся чайки, которые наряду с рыбой и морскими беспозвоночными используют в пищу яйца птиц, птенцов и падаль крупных морских животных. Несмотря на эти различия, общее свойство морских кормов – высокое содержание N, S, P, а также микроэлементов. Морские гидробионты также в значительной степени накапливают Cu, Zn, Cd, Fe и ряд других микроэлементов (Морозов, 1983). Наряду с макроэлементами они вовлекаются в орнитогенный перенос.

Объем массопереноса зависит от численности и физиологии птиц: 1) потребление животных кормов в количествах, соизмеримых с весом их тела (так, для кайр потребность в пище приравнивается к 1/3 веса птицы); 2) интенсивный метаболизм в связи с энергичной работой пищеварительных органов и быстрым разрушением органического вещества; 3) значительное количество экскрементов, составляющих до 60 % от веса съеденного корма (в частности, у кайр, моевок, чаек). По данным, полученным для колониальных птиц арктических морей, суточный рацион одной взрослой птицы составляет у чаек 410 г, кайр 300 г, моевок 120 г (Головкин, 1982). С учетом численности птичьего населения о. Матюкиль, ежегодный орнитогенный перенос и экскрети-

рование органического вещества исчисляются сотнями тонн. На основании полустационарных исследований, проведенных сотрудниками ИБПС ДВО РАН на одном из небольших островов Охотского моря (о. Талан площадью 1,6 км²), установлено, что с продуктами жизнедеятельности морских колониальных птиц (численность около 1 млн. особей) в островную геосистему ежегодно поступает до 12–30 т С; 0,57–1,2 т Р; 0,48–1,0 т Са; 0,38–0,80 т N; 0,19–0,40 т К; 0,11–0,24 т Mg; 0,05–0,10 т S, а также значительное количество микроэлементов (Fe, Cu, Zn, Mn и др.), исчисляемое десятками килограммов (Л. А. Зеленская, устн. сообщ.). С учетом этих данных и большого скопления птиц на о. Матыкиль, орнитогенный перенос является существенным источником аллохтонного поступления элементов для островной экосистемы.

ОБЩАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ОРНИТОГЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

Схема, иллюстрирующая влияние гнездовых скоплений морских колониальных птиц на природу островов, приведена на рисунке 1. Относительно кратковременное, импульсное (преимущественно в гнездовой период), но существующее часто в течение многих веков воздействие крупного скопления морских колониальных птиц привело к изменению верхней части литогенной основы, формированию своеобразного микрорельефа, образованию почвенно-растительного комплекса, резко отличающегося от зонального, аномальному химическому составу поверхностных и прибрежных вод и в конечном итоге – к формированию необычной орнитогенной экосистемы со специфическим соотношением природных компонентов и связей между ними. Подобные экосистемы, сложившиеся в субаэральной и субаквальной частях острова, находятся в состоянии устойчивого равновесия, причем это равновесие между элементами системы поддерживается именно птичьим базаром. Несмотря на небольшую площадь, занимаемую подобными орнитогенными экосистемами, недооценивать их роль нельзя. Северная Пацифика выделяется как район повышенной концентрации морских птиц на глобальном уровне. В регионе насчитывается, вероятно, несколько сотен малых островов с птичьими базарами и особенностями структуры и функционирования, обусловленными орнитогенным прессом. По предварительным оценкам А. Н. Головкина (1991), количество только минеральных соединений фосфора и азота, образующихся в результате жизнедеятельности морских колониальных птиц, составляет соответственно 3,9 и 19 % от суммарного выноса этих веществ реками в Мировой океан. Очевидно, роль подобных орнитогенных экосистем в биогеохимических циклах в биосфере нуждается в дальнейшем изучении.

ВЫВОДЫ

1. Крупные скопления морских колониальных птиц на небольших по площади островах выступают

как системообразующий фактор и обуславливают многие особенности структуры и функционирования природных комплексов. В распределении птичьего населения обнаруживается связь с ландшафтной структурой. Численность и видовое разнообразие птиц минимально в верхнем ярусе острова, увеличивается в нижней части склонов со специфическими злаковыми кочкарниками и достигает максимума в береговой зоне, где на скалах формируется своеобразный родиоловый пояс.

2. Во внутренней организации орнитогенных экосистем ведущая роль морских колониальных птиц выявляется в двух аспектах – при зоомеханогенезе и биогеохимической деятельности, связанной с особенностями трофических цепей и обеспечивающей поступление продуктов метаболизма в ландшафты островов. Соотношение этих факторов меняется в пространстве, их синергические эффекты проявляются в нижней части склонов. Следствия орнитогенного воздействия – формирование злаковых кочкарников, снижение флористического богатства фитоценозов, смена полидоминантных сообществ монодоминантными из орнитофильных видов, высокая вариабельность биогеохимических параметров.

3. Тенденции изменения продуктивности разнонаправлены. Увеличение трофности местообитаний за счет орнитогенного привноса биогенных элементов сопровождается ростом надземной фитомассы, что создает предпосылки для увеличения емкости биогеохимических барьеров. Длительное и сильное орнитогенное воздействие может вызвать дезорганизацию биоты и снижение ее концентрационных функций.

4. Трансформация водных потоков в процессе функционирования орнитогенных экосистем заключается в увеличении минерализации, содержания $C_{орг}$ и усилении миграционной способности биогенных элементов, вынос которых в океан стимулирует рост продуктивности морских биоценозов. Таким образом, орнитогенные экосистемы выступают как аккумуляторы биогенных элементов на островах и поставщики их в океан, будучи важным звеном биогеохимических круговоротов вещества между наземными и аквальными ландшафтами и объединяя их в единую систему.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работы на о. Матыкиль проводились при финансовой поддержке РФФИ (проект 06-04-63012). Автор выражает искреннюю признательность коллегам по экспедиции – О. А. Мочаловой (руководитель экспедиции), Л. А. Зеленской, М. Г. Хоревой. Большую помощь в организации экспедиции оказала администрация ГПЗ «Магаданский» в лице директора заповедника В. И. Бехтеева, зам. директора по научной работе И. Г. Утехиной.

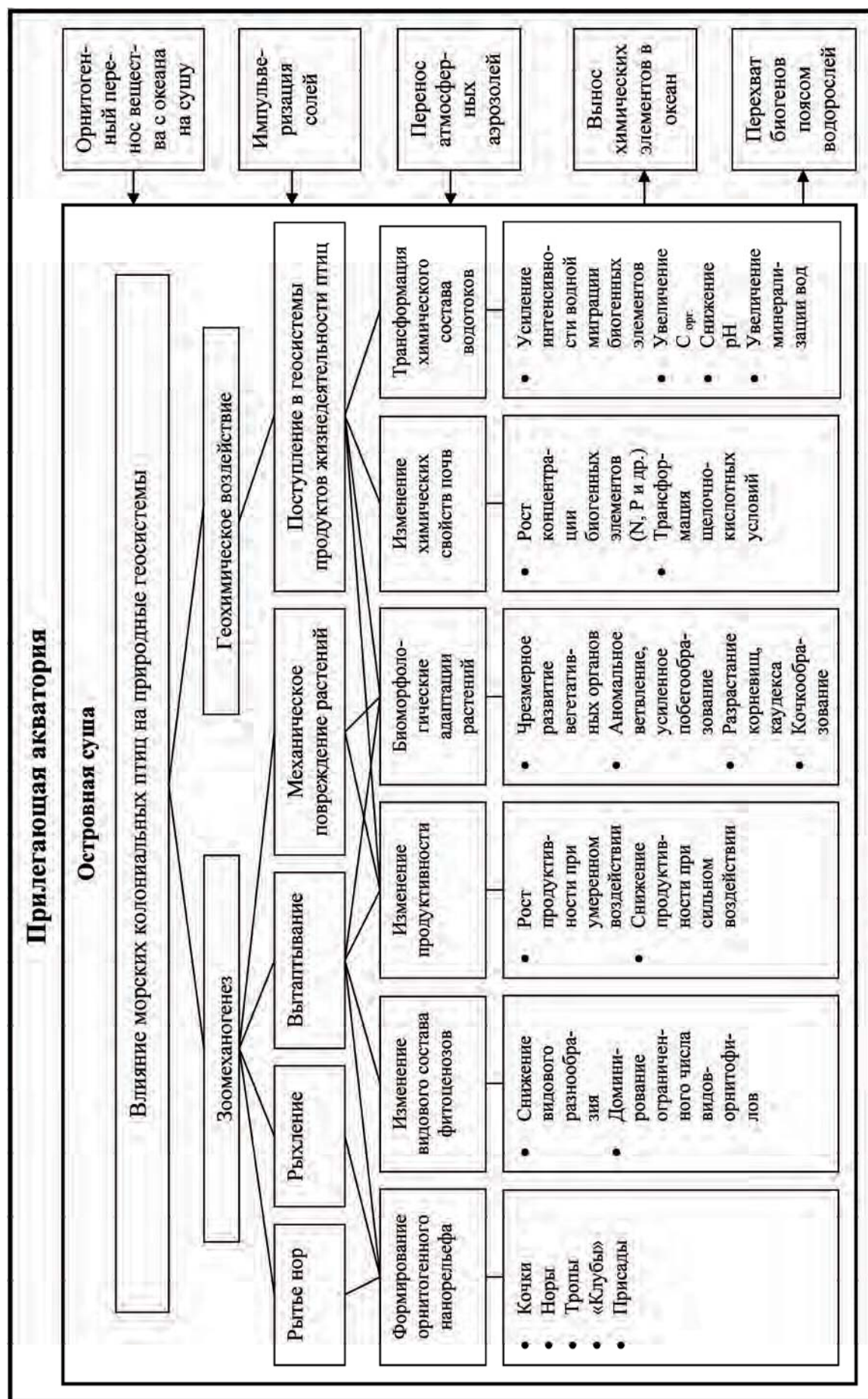


Рис. 1. Структурно-функциональная организация орнитогенной экосистемы.

Fig. 1. The structure functional organization ornithogenic ecosystem.

ЛИТЕРАТУРА

- Базилевич Н. И. 1993. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: 1–292.
- Беручашвили Н. Л., Жучкова В. К. 1997. Методы комплексных физико-географических исследований. М.: 1–320.
- Бреслина И. П. 1987. Растения и водоплавающие птицы морских островов Кольской Субарктики. Л.: 1–200.
- Велижанин А. Г. 1976. Время изоляции материковых островов северной части Тихого океана // Докл. АН СССР 231(1): 205–207.
- Гидрологический ежегодник. 1975. Магадан 9(7): 1–185.
- Головкин А. Н. 1982. Роль птиц в морских экосистемах // Итоги науки и техники. Сер. зоол. позвон. М., 11: 97–157.
- Головкин А. Н. 1991. Колониальные птицы в системе морских биоценозов. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М.: 1–42.
- Зеленская Л. А. 1995. Влияние поселений крупных чаек на растительность приморских тундр // Экология 5: 395–399.
- Зеленская Л. А. В печати. Численность и распределение птиц на о. Матыкиль (Ямские о-ва, Охотское море) // Зоол. журн. 87.
- Зеленская Л. А., Хорева М. Г. 2006. Увеличение численности гнездовой колонии тихоокеанской чайки и деградация растительного покрова на острове Шеликан // Экология 2: 140–148.
- Иванов А. Н. 1994. Ландшафтная структура острова Монерон // Изв. Рус. геогр. общ-ва 126(4): 51–56.
- Иванов А. Н. 2006. Орнитогенные геосистемы малых островов Северной Пацифики // Вест. Моск. ун-та. Сер. геогр. 3: 58–62.
- Иванов А. Н. 2007. Орнитогенные геосистемы Ямских островов (Охотское море) // Изв. Рус. геогр. общ-ва 139(5): 66–71.
- Иванов А. Н., Авессаломова И. А. 2008. Ландшафтно-геохимические особенности орнитогенных геосистем Ямских островов (Охотское море) // Вест. Моск. ун-та. Сер. геогр. 2: 35–42.
- Классификация и диагностика почв России. 2004. Смоленск: 1–342.
- Кондратьев А. Я., Зубакин В. А., Харитонов С. П., Тархов С. В., Харитонova И. А. 1993. Изучение птичьих базаров островов Матыкиль и Коконце (Ямские о-ва) и полуострова Пьягина // Бюл. МОИП. Отд. биол. 98(5): 21–31.
- Морозов Н. П. 1983. Химические элементы в гидробионтах в пищевых цепях // Биогеохимия океана. М.: 127–165.
- Мочалова О. А. 2001. Флора и растительность в колониях морских птиц Командорских островов // Биология и охрана птиц Камчатки. М., 3: 72–80.
- Мочалова О. А., Хорева М. Г. 2006. Видовой состав и экобиоморфы сосудистых растений в орнитогенных местообитаниях на островах и побережье Тауйской губы (Охотское море) // Растения в муссонном климате. Владивосток: 119–124.
- Мочалова О. А., Хорева М. Г., Зеленская Л. А. 2006. Растительный покров в колониях топориков *Lunda cirrhata* на островах Северной Пацифики // Биология и охрана птиц Камчатки. М., 7: 29–38.
- Плещенко С. В. 1992. Некоторые особенности почвообразования в местах массовых поселений морских колониальных птиц на острове Талан // Прибрежные экосистемы Северного Охотоморья. Остров Талан. Магадан: 109–115.
- Сыроечковский Е. Е. 1959. Роль животных в образовании первичных почв в условиях приполярных областей земного шара // Зоол. журн. 38(12): 1770–1775.
- Хорева М. Г. 2003. Анализ флоры островов Северной Охотии. Магадан: 1–176.
- Хрусталева М. А. 2003. Аналитические методы исследований в ландшафтоведении. М.: 1–88.