

УДК 911.5:598.20 (571.65/66)

А.Н. Иванов, И.А. Авессаломова

## ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРНИТОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМ ЯМСКИХ ОСТРОВОВ (ОХОТСКОЕ МОРЕ)<sup>1</sup>

**Введение.** Высокая плотность птичьего населения на небольших островах определяет большой объем и разнообразие форм воздействия птиц на природные комплексы, формируя необычные орнитогенные геосистемы [11]. Подобные геосистемы являются диссипативными, в их функционировании ведущая роль принадлежит живому веществу, но в то же время и гетеротрофными, зависящими от входящего зоогенного потока вещества с океана и способными к самоорганизации. Их важная особенность — биогеогенная миграция элементов, связанная в первую очередь с жизнедеятельностью птиц. Это отличает подобные геосистемы от большинства наземных ландшафтов, в которых важная роль по вовлечению элементов в миграционные потоки принадлежит растениям. При этом вопрос о геохимических особенностях орнитогенных геосистем, их роли в биогеохимических циклах остается изученным недостаточно.

Хотя геохимическую роль птиц в латеральном переносе вещества с океана на сушу и специфику этого воздействия на островные геосистемы отмечали для разных климатических поясов, эти данные являются разрозненными и не всегда сопоставимыми. Так, отмечена своеобразная роль птичьих колоний в геохимии ландшафтов арктического побережья Баренцева моря [2], Сейшельских островов [21], в зоне апвеллинга Перуанского течения [15], на тихоокеанских атоллах тропического пояса [8, 9]. Показано, что в условиях Антарктиды только внесение птицами органического вещества из моря способно обеспечить развитие своеобразных примитивных почв [18]. Обратное влияние птичьих базаров на прилегающую акваторию изучалось в арктических морях [7]. Особый интерес представляет изучение орнитогенных геосистем Северной Пацифики. Этот регион выделяется повышенной концентрацией морских птиц на глобальном уровне. В Северном полушарии именно острова Берингова и Охотского морей могут сравниться с перуанским побережьем по скоплениям морских колониальных птиц, но эти острова находятся совершенно в иных гидротермических условиях.

Основная цель наших исследований — выявление основных закономерностей ландшафтно-геохимической организации орнитогенных геосистем Северной Пацифики на примере Ямских островов. При этом решается ряд задач: 1) установление морфологической структуры островных ландшафтов и приуроченности птичьего населения к природным территориальным комплексам (ПТК) разных типов; 2) по-

строение общей модели структурно-функциональной организации орнитогенной геосистемы; 3) выявление основных трендов, отражающих трансформацию геосистем под влиянием орнитогенного пресса; 4) поиск геохимических параметров, характеризующих интенсивность биогеогенной и водной миграции химических элементов.

**Объект и методы исследований.** Объект исследований — острова Ямского архипелага, расположенного в северной части Охотского моря в 4—18 км от материкового побережья. Архипелаг состоит из 5 небольших скалистых островов. Самый крупный остров — Матыкиль — имеет площадь 6,1 км<sup>2</sup> (наиболее высокая отметка 697 м), другие острова значительно меньше. В геологическом отношении острова входят в состав Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, их литогенная основа сложена гранитными интрузиями, а также юрскими песчаниками и глинистыми сланцами. С 1982 г. Ямские о-ва входят в состав Магаданского заповедника.

Уникальность островной природы связана прежде всего с крупнейшим в Северной Пацифике скоплением морских колониальных птиц. Только на о. Матыкиль численность птиц оценивается от 7 до 11,4 млн особей [12], по учетам 2006 г. — 8,2 млн [10]. Птичьи базары образованы гнездовьями различных видов чистиковых: тонкоклювой и толстоклювой кайры (*Uria aalge*, *U. lomvia*), большой конюги (*Aethia cristatella*), конюги-крошки (*A. pusilla*), белобрюшки (*Cyclorhynchus psittacula*), очкового чистика (*Cephus carbo*), топорка (*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 тыловых частей пляжей до привершинных осыпей.

Несмотря на уникальность островов, за всю историю науки есть лишь единичные публикации, посвященные местной природе. Основная причина — удаленность и крайняя труднодоступность, отмечаемая во всех работах [5, 12, 20].

В основу статьи положены исследования на о. Матыкиль в июле 2006 г. Ландшафтное картографирование проводилось методом профилирования. При определении параметров биологического круговорота (БИК) использованы данные по укосам с площадки 50×50 см, характеризующим надземную травя-

<sup>1</sup> Исследования проводились при финансовой поддержке РФФИ (грант № 06-04-63012).

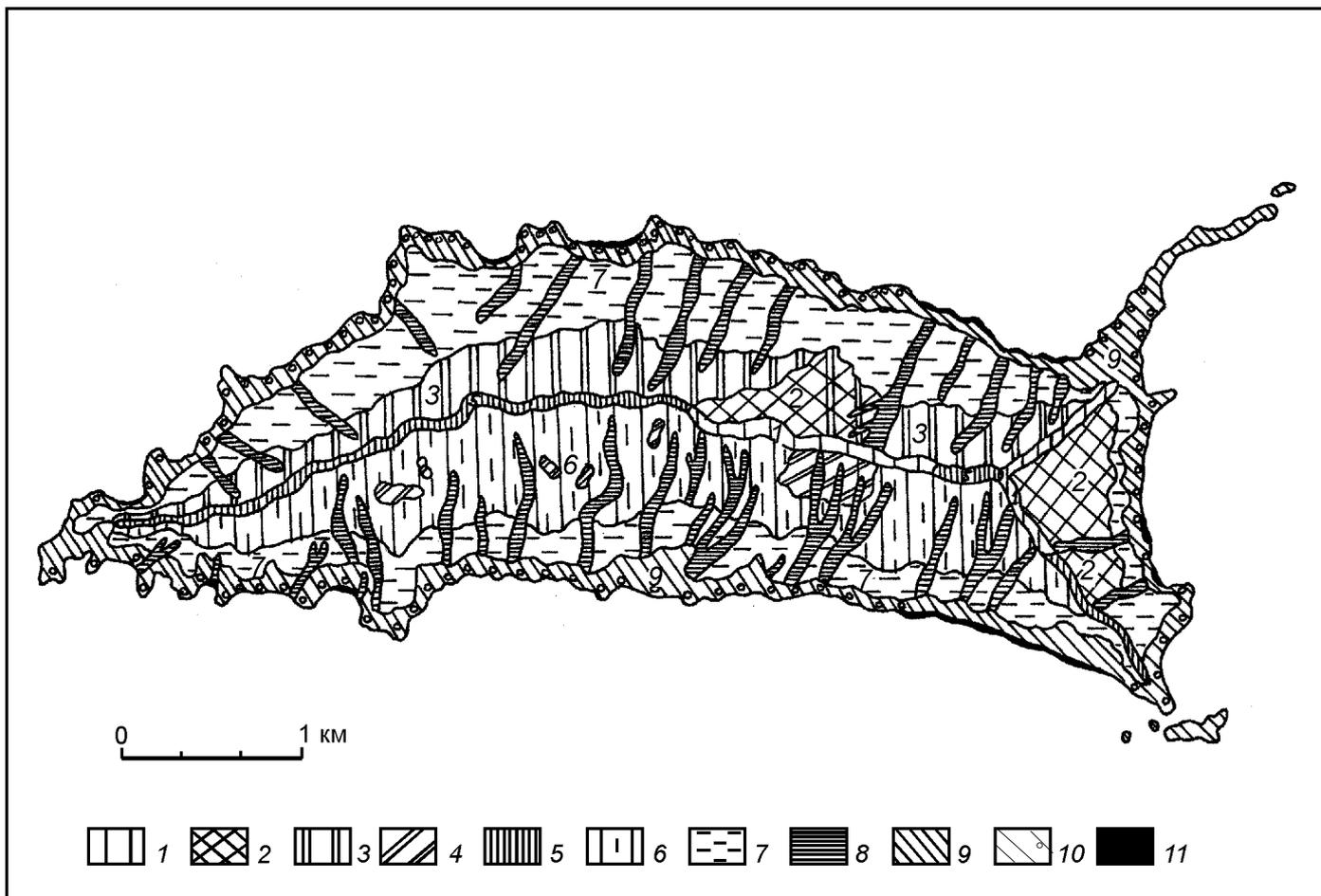


Рис. 1. Ландшафтная карта-схема о. Матыкиль. Условные обозначения см. в табл. 1

нистую фитомассу и ее фракционную структуру в орнитогенных комплексах разных типов. Для гидрохимического опробования 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».

**Ландшафтная структура островов.** В ландшафтном отношении о. Матыкиль относится к типу материковых низкоргорных островов с тундрово-стланиково-луговой растительностью на сухоторфяных почвах. Факторы ландшафтной дифференциации первого порядка — морской субарктический климат с отрицательной среднегодовой температурой воздуха ( $-5,2^{\circ}\text{C}$ ), охлаждающее влияние акватории вследствие подъема холодных глубинных вод (температура воды у поверхности в июле  $+5^{\circ}\text{C}$ ), изолированность от материка последние 13 тыс. лет [4], низкоргорный скалистый рельеф. Факторами дифференциации второго порядка выступают экспозиция склонов, ветровой режим и перераспределение снега, положение в ландшафтно-геохимической катене, состав слагающих пород, многовековой орнитогенный пресс. Ландшафтные особенности территории отражены на рис. 1 и в табл. 1.

При систематике ПТК использована классификация А.И. Перельмана [16]. Выделение типов и се-

мейств основано на различиях БИК и продуктивности. ПТК объединены в три основных типа: горно-тундровые, стланиковые и горно-луговые. Тундровые ПТК относятся к отделу приокеанических тундр (семейства лишайниково-кустарничковых и олуговелых тундр). Горные тундры Приохотья отличаются низкой продуктивностью ( $\text{П} = 1,3 \text{ т/га}$  в год) и запасами фитомассы ( $\text{Ф} = 11 \text{ т/га}$ ), значительным накоплением мортмассы ( $\text{М} = 50 \text{ т/га}$ ) [1]. Расчет функциональных показателей внутреннего оборота вещества показал невысокое изменение автотрофного биогенеза ( $\text{П/Ф} = 0,1$ ) и высокую остаточную продуктивность ( $\text{М/Ф} = 4,5$ ), что свидетельствует о небольшой интенсивности БИК и замедленном разложении органического вещества в условиях многолетней мерзлоты. Для кедровостланиковых ПТК характерно увеличение фитомассы ( $50 \text{ т/га}$ ), что при низкой продуктивности ( $1,8 \text{ т/га}$  в год) отражает снижение скорости оборота ( $\text{П/Ф} = 0,04$ ). Горно-луговые ландшафты отличаются значительной вариабельностью биогеохимических параметров. Их общие свойства — преобладание подземных органов во фракционной структуре фитомассы и заторможенность разложения растительных остатков, что способствует формированию сухоторфяных почв. Наряду с описанными типами особое место занимают скальные и прибрежно-морские комплексы. При выделении родов учтен харак-

Таблица 1

Описание условных обозначений к рис. 1

Типы и семейства		Роды	Автономные		Трансэлювиальные				Трансаккумулятивные		Супераккумулятивно-субаккумулятивные
			скалистые гряды и привершинные гребни	плато	верхние и средние части склонов, крутые		нижние части склонов разной экспозиции, крутые	береговые обрывы	днища долинообразных понижений	обвальнo-осыпные конусы и шлейфы	
					северной экспозиции	южной экспозиции					
с мерзлотой					без мерзлоты						
Горно-тундровые	Кустарничковые и лишайниково-кустарничковые	Конюги (редко)	1	2							
	Кустарничковые олуговелые	Конюги и белобрюшки			3						
Стланиковые	Кедровстланиковые мертвопокровные	Конюги и белобрюшки			4						
Горно-луговые	Разнотравно-вейниковые	Конюги	5								
	Разнотравно-злаковые высокотравные	Конюги и белобрюшки			6						
	Вейниковые кочкарные	Конюги, белобрюшки, глупыши, ипатки, топорки				7					
	Высокотравно-злаково-папортниковые	Конюги и белобрюшки						8			
Скальные	Родиоловые и несомкнутые скальные травяные группировки	Кайры, чайки, моевки, глупыши, бакланы, ипатки					9				
Прибрежные	Вейниковые и прибрежно-морские	Белобрюшки, ипатки							10		
Без почвенно-растительного покрова		Очковые чистики									11

тер водообмена, обусловленный положением в рельефе. Одна из важных особенностей легенды ландшафтной карты — включение в нее птичьего населения.

Среди автономных ПТК преобладают скалистые гряды и привершинные гребни, встречаются курумы. В понижениях между скал распространены фрагменты сухих горных тундр, вблизи скал — разнотравно-вейниковые луга на сухоторфяных почвах. Плато, характерные для многих островов Северной Пацифики, на о. Матыкиль представлены фрагментарно в восточной части острова. На них формируются кустарничковые и лишайниково-кустарничковые тундры на маломощных сухоторфяных мерзлотных почвах.

Из трансэлювиальных ПТК доминируют крутые склоны (35—45°). На северных склонах преобладают кустарничковые тундры с разреженным покровом и отдельными полянами луговой растительности. Под ними формируются маломощные сухоторфяные почвы, в которых с глубины 30 см и ниже наблюдалась мерзлота. Для верхних и средних частей склонов южной экспозиции типичны высокотравные разно-

травно-злаковые луга. Почвы сухоторфяные, большей мощности (50 см), без мерзлоты. Фрагментарно среди лугов встречаются мертвопокровные заросли кедрового стланика высотой около 0,5 м.

Нижние части склонов также отличаются значительной крутизной (около 40°), однако здесь, вероятно, имеет место частичная аккумуляция биогенных элементов, что приводит к формированию монодоминантных высокотравных “кочкарных” лугов из *Calamagrostis langsdorffii*. Вейниковый пояс прослеживается почти по всему периметру острова, т.е. орнитогенный фактор превалирует над экспозиционным. Среднее число кочек составляет 96 шт./100 м<sup>2</sup>, средняя высота 65 см. Образование злаковых кочкарников очень характерно для мест скопления морских колониальных птиц, однако механизм их формирования не вполне ясен. Одной из основных гипотез является геохимическая, т.е. обильная подкормка растений органикой, стимулирующая их более активный рост и кущение [11, 14]. Под вейниковыми лугами формируются мощные сухоторфяные почвы.

Особую группу среди трансэлювиальных ПТК образуют береговые обрывы высотой до 200—300 м, опоясывающие по периметру весь остров. Наряду с несомкнутыми травяными скальными группировками здесь выделяется особый “родиоловый пояс”: все скалы усыпаны шарообразными или эллипсоидальными подушками *Rodiola rosea* диаметром 20—30 см, используемыми 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 многократным боковым ветвлением каудекса [14].

**Трансаккумулятивные ПТК.** Островные склоны расчленены довольно густой сетью долинообразных понижений, днища которых заполнены крупно- и мелкоглыбовыми осыпями с высокотравными сообществами. В некоторых понижениях имеются ручьи с преимущественно подповерхностным стоком и расходом воды 0,1—0,2 л/с. Обвальнo-осыпные шлейфы и конусы выноса распространены по всему периметру острова. Почвенно-растительный покров обычно отсутствует или представлен разреженными сообществами прибрежно-морской растительности, вейниковыми кочкарниками.

В береговой зоне фрагментарно представлен особый род *супераквально-субаквальных ПТК* — галечно-валунные пляжи. В сильные штормы и максимальные приливы, достигающие 8 м, они почти полностью заливаются, поэтому почвенно-растительный комплекс не сформирован.

В распределении птичьего населения обнаруживается определенная связь с ландшафтной структурой. В верхнем ярусе из морских колониальных птиц гнездятся только конюги (реже белобрюшки), которые заселяют главным образом курумы. В нижней части склонов в вейниковых кочкарниках разнообразие и плотность птиц увеличиваются, к отмеченным выше видам добавляются глупыши, ипатки, реже топорки. 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 — очковые чистики, в обвальнo-осыпных шлейфах — ипатки, белобрюшки, большие конюги [10].

Крупное многовековое скопление птиц на небольшой площади существенным образом изменило островную природу, сформировав особую орнитогенную геосистему со специфическими свойствами природных компонентов и взаимосвязей между ними. Общая схема ее структурно-функциональной организации, составленная нами на основании собственных материалов и литературных источников, представлена на рис. 2.

**Роль орнитогенного переноса в функционировании островных геосистем.** Одним из принципиальных от-

личий в функционировании наземных ландшафтов является значительное преобладание фитомассы над зоомассой, тогда как в аквальных ландшафтах океанов их соотношение обратное. С этой точки зрения промежуточное положение занимают орнитогенные геосистемы 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) ландшафты.

Морские колониальные птицы по-разному используют биологические ресурсы океана. Конюги и белобрюшки питаются мелкими морскими ракообразными; ипатки, топорки, моевки, чистики, 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 [13]. 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 кайры 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 кайры, моевок, чаек). По данным, полученным для колониальных птиц Белого и Баренцева морей, суточный рацион одной взрослой птицы составляет у чаек 410 г, кайры — 300 г, моевок — 120 г [7]. Только одна пара чаек с потомством за гнездовой период поставляет в почву от 85 до 170 кг продуктов своей жизнедеятельности [19]. Учитывая численность птичьего населения Ямских о-вов, ежегодный орнитогенный перенос и экскретирование органического вещества исчисляются сотнями тонн. На основании полустационарных исследований, проведенных сотрудниками Института биологических проблем Севера ДВО РАН на одном из небольших островов Охотского моря (о. Талан площадью 1,6 км<sup>2</sup>), 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,

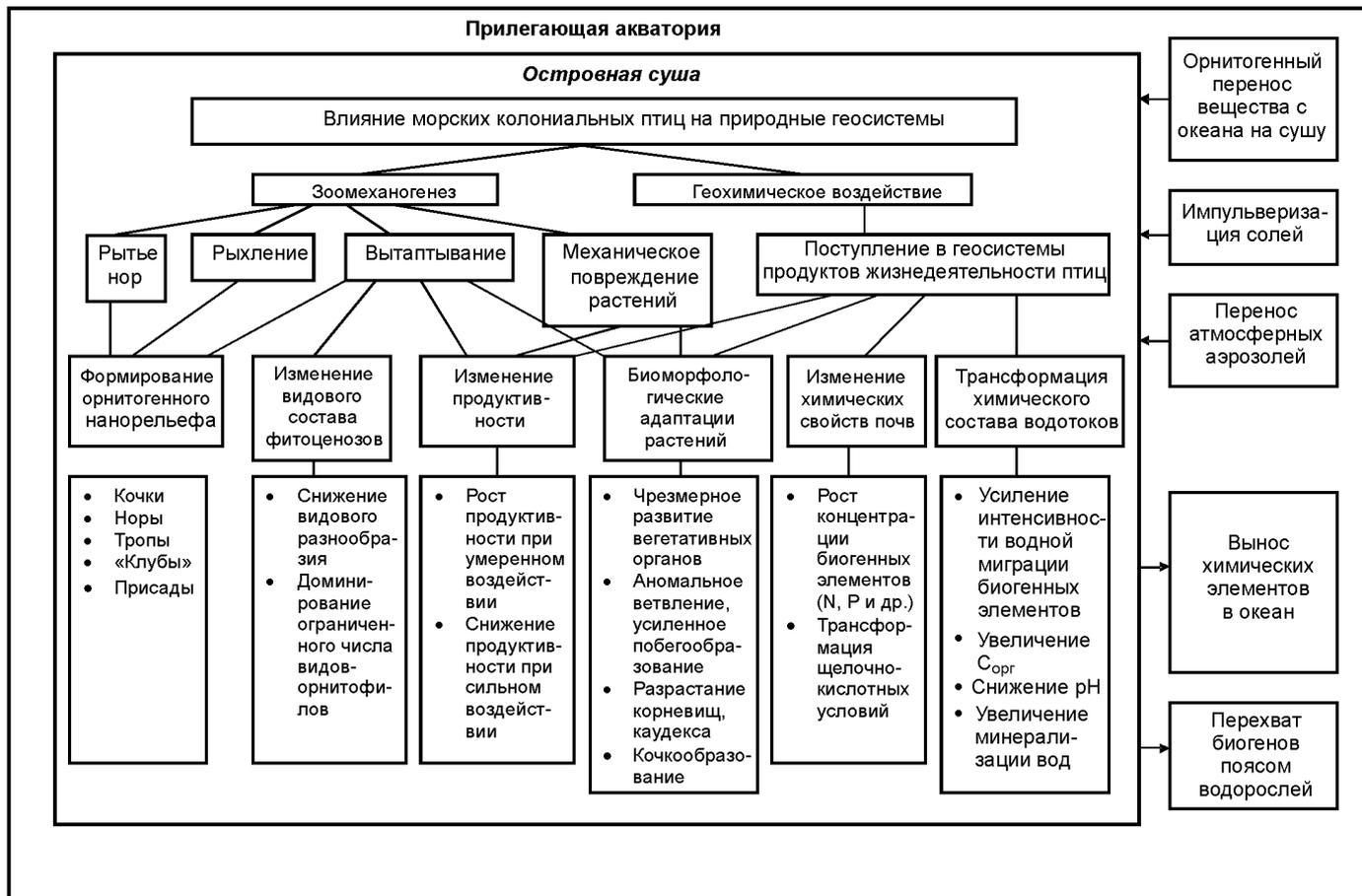


Рис. 2. Структурно-функциональная организация орнитогенных геосистем

устное сообщество). С учетом этих данных и большого скопления птиц на о. Матюкиль орнитогенный перенос является существенным источником аллохтонного поступления элементов для островной геосистемы. Другой источник — импульверизация морских солей и аэральный привнос с атмосферными аэрозолями.

Орнитогенный привнос вещества в почвы включает различные продукты жизнедеятельности птиц: экскременты, погадки, перья и пух, скорлупу яиц, останки мертвых птенцов и взрослых птиц. В состав помета входят разные органические соединения и соли мочевой и минеральных кислот: фосфорнокислые соли, мочевокислый и щавелевокислый аммоний и др. При воздействии дождевых вод из помета выщелачиваются легкорастворимые соединения фосфора, нитраты, сульфаты и хлориды. Быстрое разрушение солей мочевой кислоты и образование щавелевой кислоты увеличивают агрессивность продуктов преобразования помета, что создает предпосылки для формирования кислой среды. По литературным данным, радиальная миграция агрессивных соединений и появление щавелевой кислоты являются одним из факторов, определяющих геохимическое своеобразие ландшафтов коралловых островов с колониями птиц в Тихом океане: высокая кислотность органических горизонтов почв на рифовых известняках; появление контрастной щелочно-кислотной зональности; перераспределение Fe в почвенном профиле; развитие

карстовых процессов, образование атолловых фосфатов [8, 9].

Погадки представляют собой непереваженные 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. Такая тенденция отмечена для участков с орнитогенной растительностью на островах Кольской Субарктики [3] и для сухоторфяных почв о. Талан в Северном Охотоморье [17].

Очевидно, влияние продуктов жизнедеятельности птиц на щелочно-кислотные условия почв орнитогенных геосистем может быть разнонаправленным и проявляться в зависимости от гидротермических условий, интенсивности разложения органического вещества, характера минерального субстрата. Общее свойство орнитогенных почв — увеличение трофности за счет обогащения Р, N и другими биогенными элементами, что влияет на интенсивность автотрофного биогенеза и водную миграцию элементов (рис. 2).

**Автотрофный биогенез.** Для характеристики автотрофного биогенеза использованы данные по наземной фитомассе травяного яруса (в расчете на сухое вещество), отражающие различия разнотипных ПТК (табл. 2). Наименьшие запасы травянистой фитомас-

Таблица 2

**Фракционная структура травянистой фитомассы горно-луговых ландшафтов южных склонов**

Название ПТК	Н <sub>абс.</sub> , м	Сухая надземная травянистая фитомасса, ц/га			
		злаки	разнотравье	осоки	общая
Автономные вейниково-осоково-разнотравные	475	1,8	20,8	11,6	34,2
Трансэлювиальные разнотравно-злаковые	375	25,6	11,8	—	37,4
Трансэлювиальные вейниковые кочкарные	350	54,0	10,8	—	64,8
	270	88,8	13,6	—	102,4
	65	21,4	17,6	—	39,0
Трансаккумулятивные вейниковые	н/д	26,4	3,6	—	30,0

сы отмечены в мохово-кустарничковых тундрах северных склонов, где травяной покров разрежен, отличается небольшой высотой и низким флористическим разнообразием. Птичье население немногочисленно (конюги, гнездящиеся в курумах).

В горно-луговых ландшафтах интенсивность орнитогенного 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 ПТК при вершинных гребнях фитомасса лугов составляет 30–34 ц/га, что согласуется с данными для лугов субарктического пояса [1]. Фитомасса имеет сложную фракционную структуру, в которой существенную роль играют разнотравье и осоки. В трансэлювиальных ПТК 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.

Косвенно это подтверждается данными, полученными нами на о. Умара (Тауйская губа Охотского моря), где на небольшом острове имеются ПТК, различающиеся по длительности орнитогенного воздействия. На участках, только осваиваемых морскими колониальными птицами, отмечена высокая продук-

Таблица 3

**Химический состав поверхностных вод в летний период**

Название водотока		Сумма ионов, мг/л	C <sub>орг</sub>	pH	P, мг/л
О-в Маткиль	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	н/д	6,8–7,4	0,0–0,02

тивность 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.

**Особенности 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 аэральных потоков. Талые воды характеризуются очень низкой минерализацией, преобладанием талассофильных элементов (Cl, Na и др.), слабокислой реакцией и незначительным количеством C<sub>орг</sub> (табл. 3). 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.

Общая тенденция — увеличение вниз по течению суммы ионов, хлоридов, сульфатов, содержания щелочных и щелочноземельных 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 импультверизации солей. Существенное значение орнитогенного источника при формировании состава поверхностных вод четко выявляется при сравнении ручьев о. Маткиль с реками Охотского побережья в районе Магадана (рр. Дукча, Каменушка [6]). Например, при отсутствии морских колониальных птиц содержание фосфора в этих реках ниже на два порядка (табл. 3).

Содержание C<sub>орг</sub> в ручьях по сравнению с талыми 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. Макси-

Таблица 4

**Интенсивность водной миграции элементов**

Название водотока	Коэффициенты водной миграции			
	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	—

мальное 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 днищу которого прослеживается полоса вейниковых кочкарников, ограничивающих контакт натечных склоновых вод с водами ручья, где сохраняется слабокислая среда.

Расчет коэффициента водной миграции ( $K_x$ ) показал, что наибольшей подвижностью в орнитогенных геосистемах отличаются Cl и S, относящиеся к очень подвижным мигрантам (табл. 4), наименьшей — K, его участие в водной миграции ограничивается за счет включения в БИК. При усилении орнитогенного 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 эвтрофности прибрежных аквальных комплексов. Интересно, что в случае отсутствия латеральных биогеохимических барьеров в ущелье руч. Птичьего даже K ведет себя как легкоподвижный мигрант.

Сравнение гидрохимических параметров показало: на локальном уровне проявляются различия водной миграции элементов в зависимости от морфологической структуры субдоминантных 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 натечными 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 орнитогенных геосистем. При выявлении их участия в трансформации водных потоков в качестве информативных параметров выступают содержание  $C_{орг}$ , pH и концентрация биогенных элементов в водах.

**Выводы.** 1. Крупные скопления морских колонизальных 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 минимальны в верхнем ярусе островной геосистемы, увеличиваются в нижней части склонов со специфическими злаковыми кочкарниками и достигают максимума в береговой зоне, где на скалах формируется своеобразный родиоловый пояс.

2. Во внутренней организации орнитогенных геосистем ведущая роль морских колонизальных 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 нижних частях склонов. Следствия орнитогенного воздействия — снижение флористического богатства фитоценозов, смена полидоминантных сообществ монодоминантными из орнитофильных видов, высокая вариабельность биогеохимических параметров.

3. Тенденции изменения продуктивности разнонаправленны. Увеличение трофности местообитаний за счет орнитогенного привноса биогенных элементов сопровождается ростом наземной 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 геосистем 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 геосистемы выступают как аккумуляторы биогенных элементов на островах и поставщики их в океан, будучи важным звеном биогеохимического круговорота вещества между наземными и аквальными ландшафтами и объединяя их в единую систему.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Базилевич Н.И.* Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993.
2. *Белопольский Л.О.* Экология морских колониальных птиц Баренцева моря. М.; Л., 1957
3. *Бреслина И.П.* Растения и водоплавающие птицы морских островов Кольской Субарктики. Л.: Наука, 1987.
4. *Велижанин А.Г.* Время изоляции материковых островов северной части Тихого океана // Докл. АН СССР. 1976. Т. 231, № 1. С. 205—207.
5. *Велижанин А.Г.* Новые сведения о морских птицах Дальнего Востока // Зоол. журн. 1977. Т. 56. Вып. 7.
6. Гидрологический ежегодник. Т. 9. Вып. 7. Магадан: Гидрометеоздат, 1975.
7. *Головкин А.Н.* Роль птиц в морских экосистемах // Итоги науки и техники. Зоология позвоночных. М.: ВИНТИ, 1982.
8. *Добровольский В.В.* Биогеохимия атоллов // Природные и антропогенные биогеохимические циклы: Тр. Биогеохим. лабор. Т. 21. М.: Недра, 1990.
9. *Елпатьевский П.В., Таргульян В.О.* Геохимические парадоксы коралловых островов Тихого океана // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1985. № 4.
10. *Зеленская Л.А.* Численность и распределение птиц на о. Матыкиль (Ямские о-ва, Охотское море) // Зоологический журнал. 2008. Т. 87.
11. *Иванов А.Н.* Орнитогенные геосистемы малых островов Северной Пацифики // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2006. № 3. С. 58—62.
12. *Кондратьев А.Я., Зубакин В.А., Харитонов С.П.* и др. Изучение птичьих базаров островов Матыкиль и Коконце (Ямские о-ва) и полуострова Пьягина // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1993. Т. 98. Вып. 5. С. 21-31.
13. *Морозов Н.П.* Химические элементы в гидробионтах в пищевых цепях // Биогеохимия океана. М.: Наука, 1983.
14. *Мочалова О.А., Хорева М.Г.* Видовой состав и экобиоморфы сосудистых растений в орнитогенных местообитаниях на островах и побережье Тауйской губы (Охотское море) // Растения в муссонном климате. Владивосток, 2006.
15. *Одум Ю.* Экология. Т.1. М.: Мир, 1986.
16. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. М.: Астрей-2000, 1999.
17. *Плещенко С.В.* Некоторые особенности почвообразования в местах массовых поселений морских колониальных птиц на острове Талан // Прибрежные экосистемы Северного Охотоморья. Остров Талан. Магадан: ИБПС ДВО РАН, 1992.
18. *Сыроечковский Е.Е.* Роль животных в образовании первичных почв в условиях приполярной области земного шара (на примере Антарктики) // Зоол. журн. 1959. Т. 38. Вып. 12. С. 1770—1775.
19. *Татаринкова И.П.* Количественная характеристика экскреторной деятельности крупных чаек и ее влияние на растительность // Роль животных в функционировании экосистем. М.: Недра, 1975.
20. *Хорева М.Г.* Особенности флоры Ямских островов // Флора и климатические условия Северной Пацифики. Магадан: ИБПС ДВО РАН, 2001.
21. *Briik M. de L., Houston D.C.* The biology and biomass of the skinks *Mabuya sechellensis* and *Mabuya wrightill* on Cousin Island, Seychelles // J. Zool., London, 1983. Vol. 200. P. 179—196.

Кафедра физической географии и ландшафтоведения

Поступила в редакцию  
01.04.2007

**A.N. Ivanov, I.A. Avessalomova**

#### **LANDSCAPE-GEOCHEMICAL FEATURES OF ORNITHOGENIC GEOSYSTEMS OF THE YAMSK ISLANDS (THE SEA OF OKHOTSK)**

Particular features of structure and functional organization of unusual ornithogenic geosystems, which are formed on small islands with large colonies of sea birds, are analyzed. The leading processes governing the inner organization of such systems are the mechanical impact of birds and the input of their metabolism products. The ratio of the processes is spatially uneven with synergic effects in the lower parts of slopes. The ornithogenic influence results mainly in the decreased floristic diversity of biocenoses, replacement of polydominant cenoses by monodominant ornithophilous ones, high variability of biogeochemical parameters, different trends of productivity changes, growing mineralization of surface water and the increased migration ability of nutrients.