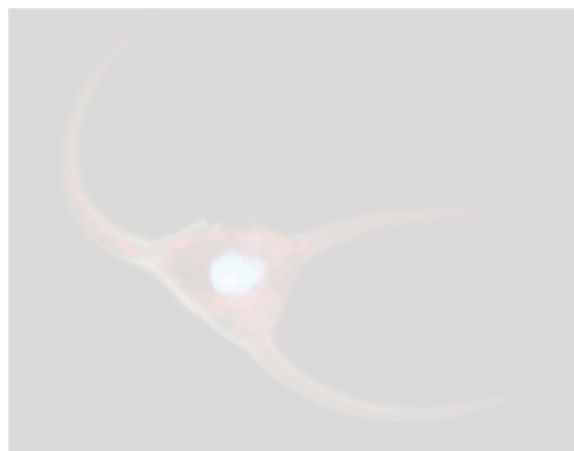


фе. Максимальная биомасса микрозоопланктона ( $110 \text{ мг} \cdot \text{С} \cdot \text{м}^{-3}$ ) была обнаружена вблизи о. Белый, где доминантами были миксотрофные олиготрихоидные цилиаты. Минимальные показатели общей биомассы микрозоопланктона были обнаружены в Байдарацкой губе и р-не порта Харасавэй, где преобладали раковинные цилиаты. В распресненных водах Енисейской губы преобладали пресноводные виды гетеротрофных цилиат и динофлагеллят, а также коловратки. В солонатоводной переходной зоне Енисейского залива в районе о. Сибирякова биомасса микрозоопланктона слагалась раковинными цилиатами, миксотрофными олиготрихами и динофлагеллятами.

По мере снижения концентрации фитопланктона от речного к шельфовому району возрастала доля миксотрофного микрозоопланктона в общем хлорофилле. За исключением Байдарацкой губы, где развитие миксотрофов, как и всего микрозоопланктона, было низким, их пропорция в общем хлорофилле была связана с соленостью. В открытых Карском и Баренцевом морях доля миксотрофов в хлорофилле превышала 50 %, а соотношение биомассы микрозоопланктона и общего хлорофилла было максимальным, что указывает на значительный потенциальный вклад миксотрофов в энергетический баланс планктона. Напротив, доля коловраток в общей биомассе микрозоопланктона была максимальна в речном районе и уменьшалась по направлению к шельфу.

Сравнение с литературными данными по сетному зоопланктону Карского моря показало, что микрозоопланктон составляет значительную часть общей биомассы зоопланктонного сообщества (35–80 %), в особенности в распресненных водах и на шельфе. В ходе полевых экспериментов получены первые данные по питанию микрозоопланктона в Карском море.



Гетеротрофная раковинная цилиата *Favella serrata* (слева) и миксотрофная панцирная динофлагеллята *Ceratum arcticum* (справа). Видны хлоропласты (красная автофлуоресценция) и ядерная ДНК (голубая окраска). Фото автора.

На внутреннем шельфе и в эстуарном районе Енисея им было потреблено почти 100 % суточной первичной продукции фитопланктона. В целом результаты этого исследования указывают на значительную роль микрозоопланктона в переносе энергии и трансформации органического вещества в экосистеме Ямальского побережья и Карского моря и необходимость его дальнейшего изучения.

*Автор выражает признательность В.А.Оношко (ААНИИ) за предоставленную возможность участия в экспедиции, А.Д.Тарасенко и А.В.Весман (СПбГУ) за помощь в сборе проб и определении концентрации хлорофилла, В.Н.Чуруну (ААНИИ) за логистическое обеспечение и капитану и команде НИС «Профессор Молчанов» за помощь при проведении полевых работ.*

*П.Я.Лаврентьев (The University of Akron, Akron, OH 44325-3908, USA)*

## ИЗУЧЕНИЕ ПОЛЯРНЫХ ПОЧВ И ГРУНТОВ В РАМКАХ ЭКСПЕДИЦИИ «ЯМАЛ-АРКТИКА 2012»

Почвы и грунты, а также почвенно-мерзлотный комплекс являются пространственным базисом существования наземных экосистем. Почвы и почвенный покров связывают малый биологический и большой геологический круговороты вещества и энергии. В сравнительно тонкой пленке почвы, покрывающей большую часть суши, происходят важнейшие процессы перераспределения, накопления, трансформации и миграции различных химических соединений и элементов. Именно поэтому комплексные экологические исследования должны в обязательном порядке включать почвенную составляющую, что и было сделано при обследовании ландшафтов Ямала в ходе этой комплексной экспедиции. Наши исследования учитывали фундаментальные знания, полученные крупными специалистами-почвоведками и мерзлотоведами, изучавшими полярные регионы. Это труды таких ученых, как: В.В.Добровольский, И.В.Игнатенко, В.М.Макеев, В.О.Таргульян, В.Д.Васи-

левская, Н.А.Каравеева, С.В.Горячкин, Б.Ф.Говоренков, J.G.Bockheim, С.Тарносаи, J.C.F.Tedrow и др. Авторы подчеркивают значительное разнообразие полярных почв, как на уровне макрорегиона, так и в пределах отдельных участков полярных ландшафтов. В ходе экспедиции «Ямал-Арктика 2012» было диагностировано 7 отделов почв в соответствии с классификацией почв России 2004 г. (криотурбированные, стратифицированные, аллювиальные, глеевые, торфяные, слаборазвитые, органоаккумулятивные) и более 10 типов почв. В почвоведческой литературе отмечен целый ряд процессов, характерных только для полярных почв, что связано с воздействием на них мерзлоты и низких температур (криотурбации, мерзлотная ретинизация гумуса, мерзлотная аккумуляция вещества и др.).

На экосистемном уровне изучения почвенного покрова полуострова Ямал следует уделять внимание следующим особенностям почв конкретного региона:

1) наличие и роль геохимических барьеров в различных горизонтах почв;

2) консервация значительного количества органического углерода в надмерзлотном профиле (в почвах, в почвенно-мерзлотном комплексе);

3) видовое разнообразие микроорганизмов в связи с возможными рисками появления условно патогенных видов и биодеструкторов на поверхности ранее законсервированных слоев почв и педоседиментов.

Вследствие избыточного увлажнения, малого периода биологической активности и слабого дренажа почвенного профиля, подстилаемого многолетнемерзлыми породами, преобладающими процессами почвообразования являются процессы оглеения и торфообразования. Таким образом, формируются два вида геохимических барьеров – торфяной и глеевый. Торф частично сорбирует экотоксиканты, в том числе и тяжелые металлы, нефтепродукты, другие органические поллютанты, предотвращая их дальнейшую миграцию. В глеевом горизонте резко меняются окислительно-восстановительный потенциал и миграционная активность многих элементов. В ходе экспедиционных работ особое внимание уделялось отбору почвенных проб для определения химических параметров, позволяющих оценить геохимическую обстановку изучаемого участка. В полевой этап было отобрано более 130 таких проб из 6 различных районов исследования.

Одной из самых существенных особенностей арктических почв является большое содержание углерода в органических соединениях, как в активном слое, так и в многолетнемерзлой части профиля. Запасы углерода в Северном полушарии оцениваются в 268 Гт, что состав-

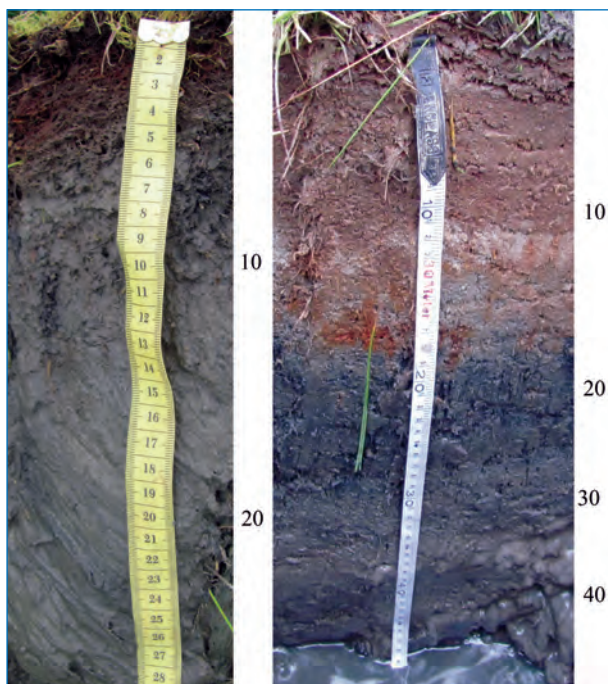


Районы почвенных исследований.

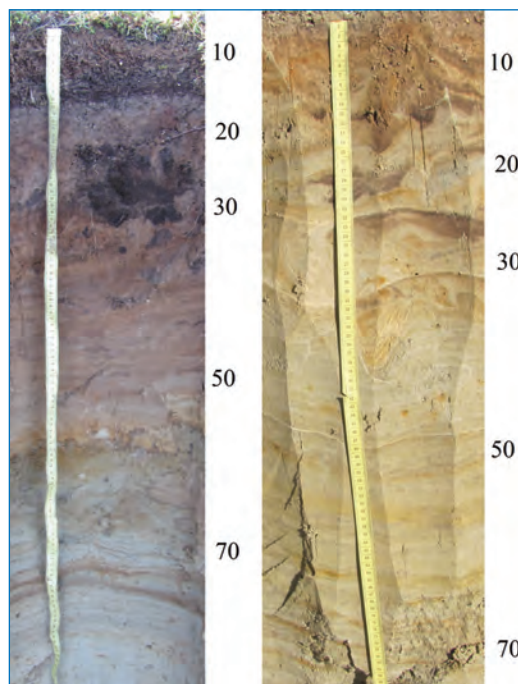
ляет 16 % органического углерода почв мира. Хотя биомасса мерзлотных экосистем гораздо меньше, чем биомасса экосистем бореального пояса, мерзлотные почвы, подверженные криотурбациям, обладают уникальной способностью «поглощать» часть этого органического вещества в ходе криогенного массообмена и хранить его на протяжении тысячелетий. В результате по запасам органического углерода полярные почвы превосходят почвы некоторых более южных зон. Поэтому особое внимание в проводимых почвенно-экологических исследованиях было уделено характеристикам органического

вещества почв, его устойчивости к минерализации и запасам в надмерзлотном профиле, а также в слоях и горизонтах почвенно-мерзлотного комплекса. Это особенно актуально при обсуждении проблемы глобального потепления, которое наиболее интенсивно проявляется в арктическом макрорегионе. Ведь повышение температуры ведет к усилению процессов минерализации в почвах и, следовательно, к повышению эмиссии углекислого газа, к дегумификации почв, что приводит к локальным и глобальным изменениям в биосфере.

Любая естественная почва, при неизменных условиях окружающей среды, характеризуется определенным квазистабильным составом микроорганизмов. При различных нарушениях целостности почвенной среды и тем более при антропогенных воздействиях происходят изменения в сообществах грибов и бактерий, в том числе привнос (интродукция, инвазия) новых (нетипичных для полярных регионов) видов микроорганизмов, нередко патогенных, получающих преимущество в условиях угнетения аборигенной микрофлоры. Это существенно по-



Образцы почв: слева – Усть-Юрибей, глеезем типичный; справа – Сабетта, Аллювиальная серогумусовая оподзоленная почва. Фото В.Томашунаса.



Образцы почв: слева – Усть-Юрибей, криотурбированная оподзоленная почва; справа: Се-яха, криотурбированная грубогумусовая почва. Фото В.Томашунаса.



Десантирование полевого отряда. Остров Белый. Фото В.Томашунаса.

вышает риски заболеваемости для местного населения. С целью учета зависимости видового и количественного состава микроорганизмов от условий почвенной среды проводился совместный отбор почвенных и микробиологических проб с одних и тех же участков. Помимо ухудшения санитарно-гигиенической обстановки, антропогенное и, в частности, техногенное преобразование почвенного покрова ведет к коренным изменениям в полярных экосистемах и ландшафтах. Так, в местах активного освоения тундры (строительство нефтеналивных станций, трубопроводов, дорог, поселков и пр.) резко активизируются эрозионные, термокарстовые и абразионные процессы, что в конечном счете ведет не только к изменению окружающей среды, но и к деформации и разрушению конструкций и зданий (сооружений).

Всего по итогам первого этапа КАЭМБ «Ямал-Арктика 2012» было заложено более 30 почвенных разрезов, отобрано около 200 образцов почв и микробиологических проб. В целях музеефикации почв ненарушенного сложения был изготовлен один почвенный монолит, представляющий криотурбированную почву окрестностей поселка Новый Порт.

Экспедиция «Ямал-Арктика 2012» показала серьезные перспективы комплексного, многоцелевого подхода к изучению проблемы взаимодействия окружающей среды и человека в Заполярье в условиях меняющегося климата и усиления антропогенного пресса на хрупкие северные

экосистемы. В период проведения экспедиции не только выполнялся сбор данных и материала для исследований, но и происходил живой обмен опытом и знаниями между учеными различных поколений и отраслей науки. Также проводились испытания новой техники, например беспилотного летательного аппарата, способного осуществлять спектрозональные (в различных диапазонах длин волн) съемки местности. Подобные аэрофотоснимки, при грамотном дешифрировании, могут служить источником уникальной информации о закономерностях площадного распределения почв, уровня залегания вечной мерзлоты, развития эрозионных и абразионных процессов, позволят уточнить общую картину гидрологической сети участков и даже рассчитать кормовые запасы для пропитания северного оленя и т.д.

Опыт работы ежегодной Ямальской экспедиции, уже получившей поддержку среди местного населения и в правительстве ЯНАО, может стать основой для организации подобных комплексных экспедиций в другие регионы Российской Арктики и служить доказательством научно-технических конкурентных преимуществ нашего государства в освоении высоких широт планеты – например, в технологиях обеспечения безопасной жизнедеятельности населения в полярных регионах.

*В.М.Томашунас, Е.В.Абакумов,  
В.А.Крыленков (СПбГУ)*

Сеяха. Фото А.Весман.

