

Е.С.Елин

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СВОЕОБРАЗИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ

Рассмотрено действие факторов, определяющих своеобразие формирования почв на Ямале, а также обратное влияние состояния почвенного покрова Ямала на другие компоненты природной среды, в том числе на глобальный климат. Подчеркивается особая роль фенольных соединений в этих процессах. Предложена оригинальная концепция почвообразования.

Формирование почвенного покрова п-ова Ямал обусловлено специфическими климатом, горными породами, рельефом, геологическим возрастом и растительностью. При феноменологическом равноправии всех факторов почвообразования, тем не менее, климат определяет главные почвенно-географические закономерности [Докучаев, 1949]. По мнению И. А. Соколова [1990, с. 119], «...решающее значение имеет не термический фактор и не количество выпадающих осадков (хотя оба этих фактора, безусловно, очень важны и сами по себе), но их соотношение, которое определяет атмосферную увлажненность территории». Он считает, что увлажненность определяет общее направление почвообразования, а термические условия оказывают влияние только на количественные закономерности почвообразования. В. В. Добровольский [1994] также пришел к выводу, что специфика почвообразования преимущественно обусловлена режимом атмосферного увлажнения. От него зависит состояние растительного покрова и содержание органического вещества в почве. Термические условия и увлажненность п-ова Ямал характеризуются исключительной специфичностью, что, несомненно, сыграло определяющую роль в формировании почвенного покрова полуострова.

Определенное влияние оказали первичные горные породы, так как даже при одинаковых климатических условиях и их определяющей роли в почвообразовании на разных почвообразующих породах формируются разные типы почв. При этом было установлено [Соколов, Таргульян, 1977, с. 112], что «...чем богаче почвообразующая порода легко выветривающимися минералами, тем дальше в сторону большей гумидности и большей холодности климата сдвигается климатическая граница между почвами и тем выше сенсорность почв к изменению климатических условий». Для Ямала характерно интенсивное развитие физического выветривания горных пород, которое является результатом воздействия сильных ветров и очень низких температур. Этот процесс способствует образованию мелкозема. Микробиологическое и химическое выветривание подавлены неблагоприятными климатическими условиями, поэтому образование вторичных почвенных минералов и, следовательно, формирование почв затруднено. Слабоформированные почвы характеризуются высоким уровнем чувствительности (сенсорности) к изменению условий их существования.

Соотношение климата и других факторов почвообразования определяет явление зональности почвенного покрова. На территории Ямала она имеет хорошо выраженный характер.

По-видимому, для п-ова Ямал по влиянию на почвообразование факторы можно расположить в следующий ряд: климат > горные породы > рельеф > время > растительный и животный мир.

Формирование и функционирование почв рассматриваемого района находится под влиянием многолетней мерзлоты, временного или избыточного постоянного увлажнения, неблагоприятного сочетания реакции среды (рН), окислительно-восстановительного потенциала и механического состава пород, а также кратковременности периода активных температур.

Вследствие указанного сочетания факторов на территории тундры и лесотундры п-ова Ямал формируются специфические криоаридные почвы. Они бесструктурны и представляют скорее субстрат, который еще надо превратить в почву [Ивановский, 1963, с. 6].

Наиболее распространенными почвами п-ова Ямал являются торфянисто-глеевые, торфяно-глеевые, дерновые слабооглеенные и дерново-глеевые, торфянисто-слабоподзолистые оглеенные, дерновые слабоподзоленные, дерново-глеевые разного механического состава (песчаные, пылевато-песчаные, супесчаные, суглинистые).

Легкие песчаные почвы характеризуются низкой поглотительной способностью, поэтому бедны органическим веществом и минеральными основаниями.

Значительно более богаты основаниями и гумусом по сравнению с песчаными почвы тяжелого механического состава. Однако главным недостатком их является избыточная увлажненность.

Гумусовые кислоты тундровых почв отличаются своим строением от гумусовых кислот других почвенных зон. Они слабо конденсированы, в их структуре периферическая часть преобладает над ядром.

Для территории Ямала характерно широкое распространение болот. Преобладают верховые болота. Зона Ямала относится к поясу слабого торфонакопления. Торфяники относятся к современным и древним реликтовым. Современные торфяники располагаются в основном в понижениях, имеют незначительную мощность (10–20 см) и малую степень разложения.

Специфические условия формирования почв обуславливают своеобразие их функционирования. Главная функция почв — обеспечение среды обитания и воспроизводства жизни на земной суше. Почва поставляет воду и питательные элементы растениям и животным.

Ямальские почвы продолжительное время (8–9,5 месяцев) находятся под снегом. Это ограничивает их активность в биосферных процессах. С другой стороны, летнее незаходящее солнце обеспечивает высокую радиацию тепла и света. Преобладание в спектре физиологически активных, длинноволновых, оранжево-красных лучей с большим количеством рассеянного света приводит к высокой интенсивности фотосинтеза. В течение короткого периода времени происходит бурный процесс роста и развития растений и почвенной биоты. Это повышает роль почв.

Однако имеющийся дефицит минеральных оснований, фосфора и азота в почве сдерживает рост и развитие растений. Поэтому для ряда растений характерна органофильность — приуроченность подземных побегов и корней к органогенному горизонту, способность извлекать из него питательные элементы.

Низкие температуры почв задерживают прохождение основных фаз развития растений, поступление в растения воды, азота и других биофильных элементов. Начиная с 11 °С и ниже замедляется движение питательных ассимилятов, уменьшается транспирация воды растениями, снижается усвоение растениями азота и фосфора. Температура 11–12 °С наблюдается непродолжительное время в середине — конце июля и начале августа. Наиболее высокие температуры почвы — в верхних слоях (0–10 см), поэтому это наиболее деятельный почвенный слой. В нем сконцентрирована биота.

Многолетняя мерзлота отрицательно влияет на почву, так как снижает температуру и влажность верхних горизонтов почв, способствует заболачиванию, замедляет химические и биологические процессы, увеличивает количество пылеватых частиц. Наличие водоотталкивающей вечной мерзлоты и малой инфильтрующей способности почв приводит к развитию эрозии почв.

Мерзлота действует и на растения: повышает вязкость протоплазмы в растительных клетках, снижает растворимость неорганических и органических веществ, уменьшает скорости их метаболизма. Снижение интенсивности дыхания, обмена веществ, замедление фотосинтеза и роста растений также являются результатом воздействия на растения низких температур. Наблюдается значительно большее нарастание общей массы корней по сравнению с надземной массой растений. Корни накапливают значительно большее количество азотистых веществ и углеводов [Бухарин, 1969].

На температурный режим верхнего слоя почвы оказывает большое влияние растительный покров. Особенно значительно влияние мохового покрова, который сильно препятствует прогреванию почвы. Аналогично мхам действует торфянистый горизонт. Уничтожение растительного покрова и торфяного горизонта увеличивает глубины протаивания грунтов, что может вызвать просадку — образование термокарстовых водоемов, болот и т. д.

Функция низших растений (мхов и лишайников) не ограничивается защитой почвы от нагревания, но распространяется также на биосинтез и эмиссию в почву разнообразных веществ, активно участвующих в процессах почвообразования, обладающих ростовым действием, являющихся антиоксидантами. Зольные и органические вещества влияют на физическое состояние и химический состав почв, pH, значение окислительно-восстановительного потенциала, участвуют в образовании почвенного поглощающего комплекса. Среди этих веществ преобладают вещества с кислотной функцией — многочисленные карбоновые кислоты, специфические фенолокислоты, составляющие обширную группу усниновых кислот, лишайниковый крахмал (лихенин), низшие углеводы [Елин, 2000]. Низшие растительные фенолы, по-видимому,

являются в условиях Севера основным субстратом в образовании гумусовых кислот. Роль лигнина в этом процессе незначительна. Это обусловлено тем, что его содержание в низших растениях, наиболее распространенных на территории Ямала, незначительно. Высокое содержание крахмала — лишайника — благоприятный фактор для развития почвенной биоты, так как он является хорошим питательным субстратом. Однако высокая кислотность продуктов разложения мхов и лишайников (pH 2,5–3,0) препятствует развитию микробиологической деятельности почв. Антиоксидантная активность фенольных веществ — это еще один фактор, сдерживающий минерализацию органических веществ.

Почвенный раствор имеет кислую реакцию среды и низкую температуру (преимущественно ниже 10 °С даже в летнее время). Эти условия определяют развитие соответствующей почвенной биоты. Почвы бедны микроорганизмами, преобладают гнилостные микроорганизмы со слабой аммонифицирующей способностью. Нитрифицирующие и анаэробные бактерии, разлагающие клетчатку, отсутствуют. В незначительном количестве они появляются на юге Ямала в почвах лесотундры. Денитрифицирующие бактерии присутствуют в почвах, но они малоактивны. Относительная обогащенность почвы грибной микрофлорой, участвующей в разложении лигнина, способствует появлению в почве фенольных соединений типа пирокатехина. Полиатомные

фенолы и фенолокислоты образуют комплексы с солями металлов (Fe, Al и др.). Эти органоминеральные комплексы имеют большую устойчивость к минерализации, чем органические вещества в свободном виде.

Низкая температура раствора ограничивает растворимость минеральных и органических веществ. В то же время она благоприятствует растворимости газообразных веществ. Железо, алюминий и марганец находятся в подвижной, восстановленной форме и обладают токсическим действием на растения. Несмотря на низкое содержание питательных веществ растворы являются источником питания растений, в том числе сфагновых мхов, которые рассматривались длительное время как питающиеся только за счет аэральных поступлений. Низкое содержание гуминовых кислот — основного почвенного компонента, участвующего в комплексообразовании, определяет невысокую роль органического вещества в связывании минеральных ионов. Более подвижные и малоустойчивые комплексы образуются с фенольными веществами типа усниновых кислот.

Процесс минерализации органического вещества в почвах Севера протекает замедленно, несмотря на небольшое содержание в растительном субстрате устойчивых к деструкции компонентов — целлюлозы и лигнина и значительное преобладание в отмершей растительной массе легко гидролизуемых и окисляемых веществ. Минерализации препятствуют также избыточная увлажненность почвы, восстановительная среда, низкое содержание кислорода в почвенных растворах.

При минерализации органических остатков образуются минеральные соли и газы. Почвенный газ участвует в формировании атмосферы. В связи с низкой интенсивностью процесса минерализации количество образующихся газообразных веществ невелико. Из них в относительно больших количествах в атмосферу поступают углекислый газ и метан. Наиболее производительным источником этих газов являются болота и переувлажненные почвы. Продуцирование углекислого газа происходит в течение всего периода от оттаивания до замерзания почв [Ларионова и др., 1993], с максимумом его выделения в вегетационный период. Интенсивности дыхания почв способствуют поступление в почву растительного опада и условия, благоприятствующие развитию микробиологической деятельности (достаточное количество питательных веществ, оптимальные температура и влажность). Следует отметить, что даже при промерзании почв с октября по январь-февраль наблюдается выделение углекислого газа. Это явление некоторые авторы объясняют эффектом отжатия газа из внутрипочвенных пор при замерзании почв [Федоров-Давыдов и др., 1993].

Противоположный минерализации процесс — гумификация. Она имеет большое значение в экологическом и почвенно-генетическом отношениях. В условиях Крайнего Севера гумификация, как и минерализация, затруднена по выше указанным причинам. Гумификация ограничивается образованием грубого гумуса — системой слабо разложившихся растительных остатков.

Образование медленно разлагающегося торфянистого горизонта происходит в основном вследствие отмирания мхов. Поэтому торф имеет сильноокислую реакцию среды и характеризуется слабым развитием микробиологической деятельности.

В связи с тем, что климат является ведущим фактором формирования и функционирования ямальской региональной экосистемы, представляет интерес рассмотрение некоторых возможных последствий изменения климата в пределах рассматриваемой территории.

Существует гипотеза о потеплении климата, по крайней мере, в ближайшую четверть XXI века. Потепление закономерно окажет влияние на всю совокупность климатических условий. Техногенное влияние на климат Земли происходит главным образом благодаря «парниковому» эффекту, который появился в результате накопления в атмосфере парниковых газов CO₂, CH₄, других летучих углеводородов, а также пыли. Развитие топливно-энергетического комплекса и автотранспорта на Ямале, по-видимому, и в дальнейшем будет активно способствовать увеличению концентрации парниковых газов в атмосфере. В результате запыления атмосферы и последующего выпадения пыли на ледовую и снежную поверхность происходит снижение альбедо. Наибольшее потепление может наступить во время совпадения максимальной техногенной деятельности с длинно- и короткопериодными природными циклами потепления.

Как предполагают В. Т. Трофимов и Ю. К. Васильчук [1988], следует ожидать существенных изменений мерзлотной ситуации как на юге криолитозоны, так и на ее севере (Ямало-Гыданская провинция), южная граница низкотемпературных грунтов продвинется на север, а изотерма -5 °С к 20-м годам XXI века сместится на 300–350 км севернее ее положения в 70-х годах прошлого века.

В современных климатических условиях мерзлотные почвы являются объектом стока CO₂, но в результате увеличения массового протаивания мерзлоты в летний период, возможного при потеплении климата, мерзлотные почвы могут стать его мощным источником [Oechel et al., 1993]. Это явление уже стало в последние несколько лет проявлять себя на побережье Ледовитого океана в Восточной Сибири. Особый интерес в этом отношении представляют разнообразные торфяные почвы. В. Н. Кудеяров с соавт. [1995] провел большую работу по оценке дыхания почв в России, используя данные как своих исследований, так и других авторов. На составленной ими карте-схеме эмиссии CO₂ почвами России почвы п-ова Ямал разделены на северную часть с

эмиссией (кг/га/год) < 500, западную — 500–700, восточную — 900–1200. Как следует из приведенных данных, эмиссия CO₂ выше в более холодной части полуострова. Количество C–CO₂, выделяемое при дыхании тундровых растений, составляет 60 % от общего C–CO₂ [Федоров-Давыдов и др., 1993].

Оттаивание многолетней мерзлоты может привести к широкому распространению педотурбаций и перемешиванию почвенной массы. В этом случае часть гумусовых и торфяных горизонтов могут оказаться погребенными в нижней части почвенного профиля. Произойдет консервация этого органического вещества и вывод его из общего C-цикла [Карпачевский, 1993].

Большое воздействие на экологические процессы оказывает не только промышленное освоение, но и развитие сельского хозяйства, в том числе традиционного оленеводства. В результате массового развития оленеводства вытаптываются олени пастбища, снижаются запасы лишайниковых кормов, ухудшается качественный состав лишайников. Наблюдающийся в последние годы оленеводческий бум может привести к очень серьезным экологическим последствиям. Значительно сокращают пастбища пожары, приводящие к выгоранию растительного покрова. На восстановление пастбищ, поврежденных пожарами, требуется от 20 до 50 лет. Иногда на месте пожаров образуются участки подвижных песков [Беляева, Дмитриева, 1996].

В биогеоценозах полуострова происходит натурализация и ксенолизация систем [Елин, 2001]. Ксеносистемы поступают в биоценозы из техносферы и являются чуждыми биосфере по составу, структуре и функциям. Они враждебны «живому веществу». Среди ксеносистем, наступающих на природу полуострова, наиболее опасные следующие: радионуклиды, тяжелые металлы, органические вещества-фенолы, нефти и нефтепродукты, синтетические поверхностно-активные вещества, ядовитые дымы и туманы, содержащие бензол, формальдегид, полиароматические углеводороды, галогены и др., кислотные атмосферные осадки. Нативные (природные) системы противостоят ксеносистемам благодаря процессам саморегуляции и самоочищения. Однако они вследствие слабого развития и малой устойчивости не могут противостоят наступлению ксеносистем. Поэтому идет последовательная ксенолизация природных систем, т. е. разрушение с более или менее глубоким отчуждением их от генетически заложенных в них состава и функций.

Почвы Ямала обладают малой буферностью, поэтому для них важные последствия могут иметь кислотные дожди и загрязнение тяжелыми металлами, фенолами, нефтью и нефтепродуктами. Среднегодовые pH осадков составляют 4,1–4,3, а в отдельных случаях — 2,1. Это приводит к закислению почв. В результате наблюдается иммобилизация некоторых металлов, находящихся в минеральных компонентах почв, которая приводит к вторичному загрязнению растворимыми формами Al, Fe, Cd, Cu и др. [Смоляков, 2000], являющихся токсичными для почвенной флоры и фауны. Ядерные испытания в течение длительного времени в непосредственной близости от п-ова Ямал (на Новоземельском полигоне) привели к загрязнению почв и растительности тяжелыми радионуклидами, преимущественно долгоживущими ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr и изотопами плутония. Определенная доля загрязнения внесена взрывами на Семипалатинском полигоне, аварией в Чернобыле и производственной деятельностью горно-химического комбината в г. Железногорске. Благодаря высокой сорбционной активности мхов и лишайников по отношению к радионуклидам происходит концентрирование последних в биомассе этих растений. Так, в лишайниках загрязнение радиоцезием достигает 372 Бк/кг [Сухоруков и др., 2000].

Значительно влияет на состояние почв и растительного покрова гусеничный транспорт. Так, тепловой поток в грунт увеличивается при снятии растительного покрова или нарушении его гусеничным транспортом более чем в 1,5 раза [Павлов, 1979]. Прогревание почв стимулирует развитие солифлюкционных процессов, которые влияют на формирование микрорельефа, образование криогенных структур, течение аллювиального осадконакопления, развитие термокарста, термоэрозии и термоабразии. Изменение микрорельефа приводит к деформациям в почвообразовании и изменению растительного покрова. В результате образуются промоины, балки, овраги. Наиболее благоприятные условия для оврагообразования имеются у населенных пунктов, буровых вышек, вдоль дорог. Засоленные почвы и уничтожение растительного покрова способствуют развитию оврагов. Отсутствие растительного покрова содействует развитию эоловых процессов.

Почвы п-ова Ямал — тонкая непрочная пленка, обеспечивающая жизнь в очень трудных условиях. Состояние ее во многом зависит от воли человека. Главный принцип, которому необходимо следовать в отношениях с природой Севера, — «не навреди».

Литература

Беляева Н. В. Дмитриева С. И. Состояние оленьих пастбищ в Российской Федерации // Растительные ресурсы. 1996. Т. 32, вып. 3. С. 22–28.

Бухарин П. Д. Влияние низких температур на рост, развитие и обмен веществ у некоторых растений // Почвенные режимы на Полярном севере. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1969. С. 118–132.

- Добровольский В. В. Основные черты геохимии арктического почвообразования // Почвоведение. 1994. № 6. С. 85–93.
- Докучаев В. В. Избранные сочинения. М.: Сельхозгиз, 1949. С. 355–386.
- Елин Е. С. Использование растительного покрова промышленно-осваиваемой территории Тюменской области // Исследование эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: теория, методы, практика. Нижневартовск: РАЕН, 2000. С. 166–170.
- Елин Е. С. Натурализация и ксенолизация систем в биосфере // VII науч. совещ. по прикладной географии (22–23 мая 2001 г.). Иркутск: ИГ СО РАН, 2001. С. 118–119.
- Ивановский А. И. Преобразование природы и пути развития земледелия на Крайнем Севере // Проблемы Севера (Природа). М.: АН СССР, 1963. С. 5–21.
- Карпачевский Л. О. Роль растений и глобальных изменений климата в эволюции почв // Почвоведение. 1993. № 9. С. 20–26.
- Кудеяров В. Н., Хакимов Ф. И., Деева Н. Ф. и др. Оценка дыхания почв России // Почвоведение. 1995. № 1. С. 33–42.
- Ларионова А. А., Розанова Л. Н. Влияние температуры и влажности почвы на эмиссию CO₂ // Дыхание почв. НЦБИ РАН. Пушино, 1993. С. 68–75.
- Павлов А. П. О тепловом равновесии в верхнем слое земной коры // Техногенные ландшафты Севера и их рекультивация. Новосибирск: Наука, 1979. С. 5–11.
- Смоляков Б. С. Проблема кислотных выпадений на севере Западной Сибири // Сиб. экол. журн. 2000. Т. 7, № 1. С. 21–30.
- Соколов И. А. Об основных закономерностях экологии почв // Почвоведение. 1990. № 7. С. 117–128.
- Соколов И. А., Таргульян В. О. Взаимодействие почвы и среды: рефлекторность и сенсорность почв // Системные исследования природы. Вопросы географии. № 104. М.: Мысль, 1977. С. 108–113.
- Сухоруков Ф. В., Маликова И. Н., Гавшин В. М. и др. Техногенные радионуклиды в окружающей среде Западной Сибири (источники и уровни загрязнения) // Сиб. экол. журн. 2000. Т. 7, № 1. С. 31–38.
- Трофимов В. Т., Васильчук Ю. К. Тенденции изменения региональных мерзлотных условий при реализации «теплых» моделей развития климата // Прогноз изменения природных условий Западной Сибири. М.: Изд-во МГУ, 1988. С. 74–85.
- Федоров-Давыдов Д. Г., Гиличинский Д. А. Особенности динамики выделения CO₂ из мерзлотных почв // Дыхание почвы. НЦБИ РАН. Пушино, 1993. С. 76–100.
- Oechel W. C., Hastings S. S., Vourlitis G. et al. Recent change of arctic tundra ecosystems from a net carbon dioxide to a source // Nature. V. 361. 11 February. 1993. P. 520–523.

ИПОС СО РАН,

г. Тюмень

Ye. S. Yelin

CERTAIN FEATURES OF ECOLOGICAL PECULIARITY OF SOIL COVER ON YAMAL

Subject to consideration, being influence of the factors governing a specific character of soil formation on Yamal as well as a reverse influence of the state of Yamal soil cover upon other environment components including global climate. The author emphasizes a particular role of phenol compounds in these processes. Suggested an original concept of soil formation.