Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LVI, вып. 2, 1969 г.

ФОРМИРОВАНИЕ ПОЧВ МЕРЗЛОТНО-ТАЕЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ И МЕТОДИКА ЛИТОХИМИЧЕСКОГО ОПРОБОВАНИЯ ПОКРОВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

(на примере Севера Сибирской платформы)

В. М. Питулько

Север Сибири характеризуется пологоувалистым рельефом, субарктическим климатом, развитием мощной толщи многолетней мерзлоты. Мерзлотно-таежные почвы здесь формируются на всей территории. В статье рассмотрены основные их типы, развитые на элювио-делювии дочетвертичных пород, и закономерности распределения металлов в почвенных профилях района восточного склона Анабарской антеклизы.

Мерзлотно-таежные карбонатные почвы. В этих доминирующих в районе почвах остаточные глинистые продукты выветривания доломитов характеризуются преобладанием тонких фракций и имеют гидрослюдисто-железистый состав. Среди гипергенных новообразований, кроме превалирующих гетита и гидрослюд, присутствуют монтмориллонит и изредка каолинит. Изменение валового состава по горизонтам профиля показывает, что развитие элювиальных почв на карбонатных породах сопровождается выносом кальция и магния и накоплением остальных главнейших породообразующих окислов. В талых горизонтах (A, B_1 и B_2) накопление SiO_2, Al_2O_3 и Fe_2O_3 несколько замедлено, содержание TiO_2, K_2O, Na_2O практически не увеличивается, что, наряду с выносом CaO и MgO, свидетельствует об интенсивном обмене.

Представление о распределении металлов по почвенному профилю дают результаты спектрального анализа * проб из горизонтов A, B_1, B_2 и C_1 при сравнении с коренной породой (см. таблицу). Оценка выноса — накопления элементов произведена вычислением коэффициентов накопления $K_н$**, равных отношению содержания элемента в данном горизонте профиля к содержанию в коренной породе.

---

* Спектральный полуколичественный анализ выполнен в ВИРГе под руководством Д. М. Гершмана. Чувствительность, %: Mn, Ni, Co, V, Zn, Zr, 0,001; Cr 0,02; Na 0,1.

** Элювиально-аккумулятивные коэффициенты, по М. А. Глазовской [1964].

Распределение элементов в ненарушенном профиле мерзлотно-таежной почвы на элювии доломитов

Горизонт	Глубина отбора пробы, *м*	Коэффициент накопления элементов относительно их содержания (%) в горизонте C_2										
		Al	Fe	Mn	Ni	Co	Ti	Cr	Zr	Cu	V	Na
A_1	0,2	6	1,5	1,0	0,7	1,7	3	0,5	1,7	0,25	2	1,3
B_1	0,4	4	2,5	1,3	1	3	6	1	3,3	0,75	3	1
B_2	0,7	4	1	1	0,5	1	4	0,5	1,7	0,5	2	1
C_1	1,0	3	1	1	0,5	2	2	0,5	1	0,25	2	2
C_2	2,5	1	2	0,03	0,002	0,001	0,1	0,002	0,006	0,004	0,001	0,1

Располагая элементы в порядке увеличения $K_н$, получим следующие ряды подвижности элементов:

A (Ca, Mg, Cu) > (Cr, Ni) > Mn > Na > Fe > (Co, Zr) > V > Ti > Al

B_1 (Ca, Mg, Cu) > (Cr, Ni, Na) > Mn > Fe > (Co V, Zr) > Al > Ti

B_2 (Ca, Mg, Cr, Ni, Cu) > (Fe, Mn, Co, Na) > (V, Zr) > (Al, Ti)

C_1 (Ca, Mg, Ni, Cu, Cr) > (Fe, Mn, Zr) > (Co, V, Na, Ti) > Al

Вынос ($K_н < 1$) | $K_н = 1$ | Накопление ($K_н > 1$)

Грубопочвенный профиль разделяется на верхнюю $(A+B_1)$ и нижнюю (B_2+C_1) части по поведению Fe и Mn. В нижней части профиля накопления этих металлов не происходит, что свидетельствует, наряду с потемнением глин горизонта B_2 на воздухе, о наличии восстановительной обстановки в нем. В слабощелочных водах, промывающих горизонт B_2, большинство металлов мигрирует. Вынос их идет исключительно в виде истинных растворов, так как присутствие больших количеств Ca и Mg приводит к немедленной коагуляции всех коллоидных соединений на месте их образования.

Верхняя часть профиля является преимущественно сферой накопления. Бурый цвет ее вызван аккумуляцией в окислительных условиях приповерхностной зоны гидроокислов Fe и Mn, а также связыванием подвижных форм гумуса окислами Fe и Al. Видимо, большое участие в обогащении горизонтов A и B_1 принимает биогенная аккумуляция, которая, как известно [Лукашев, 1964], характерна для Fe, Mn, Ni, Cr, Cu, Co, V и др. Следует учесть также, что высокая глинистость верхних горизонтов обусловливает заметное возрастание влияния процессов сорбции на подвижность элементов. Однако горизонт A подвергается интенсивному промыванию метеорными и талыми водами и, в целом, заметно обеднен многими металлами, особенно в разрезах делювиальных почв.

Мерзлотно-таежные ожелезненные почвы. Следующими по широте распространения являются элювио-делювиальные мерзлотно-таежные почвы, которые формируются на продуктах выветривания песчаников. В отличие от предыдущего типа почв, в их почвенном профиле отсут-

ствует карбонатность. В распределении частиц по классам крупности в горизонтах почвенного профиля отражается прежде всего механический состав исходной породы, где в мелкой фракции количество частиц выделяемых классов примерно одинаково. Верхние горизонты профиля обогащены фракцией пыли, которая состоит из крупинок кварца и агрегатов гидрослюд, гидрослюдисто-монтмориллонитовых сростков и гетита. Пылеватость покровных отложений в условиях Крайнего Севера, отмеченная многими исследованиями, является одной из характернейших особенностей тундровых и северо-таежных почвенных разрезов. Установлено [Тютюнов, 1960], что накопление пылеватых фракций обусловлено не столько физическим раздроблением пород, сколько физико-химической агрегацией, возникающей в результате необратимой коагуляции глинистых частиц при длительном промерзании.

Валовой состав характеризуется накоплением в талых горизонтах почти всех главнейших породообразующих окислов при постоянном обеднении почвы кремнеземом. В мерзлых горизонтах подвижны K, Ti, Si.

Ряды подвижности элементов по горизонтам профиля ожелезненных почв:

$$A\ (\mathrm{Na, Cu}) > (\mathrm{Ni, Zn}) > \mathrm{Cr} > (\mathrm{Al, Zr}) > (\mathrm{Fe, Mn, Co, Ti}) > \mathrm{V}$$

$$B_1\ (\mathrm{Cu, Na}) > (\mathrm{Ni, Zn}) > \mathrm{Cr} > (\mathrm{Al, Mn, Zr}) > (\mathrm{Ti, Co, Fe}) > \mathrm{V}$$

$$B_2\ (\mathrm{Zn, Na}) > (\mathrm{Ni, Cu}) > \mathrm{Cr} > \mathrm{Al} > (\mathrm{Fe, Mn, Zr}) > (\mathrm{Co, Ti, V})$$

$$C_1\ (\mathrm{Zn, Ni}) > (\mathrm{Cu, Cr, Na}) > \mathrm{Zr} > (\mathrm{Al, Mn, Co, Ti}) > \mathrm{Fe} > \mathrm{V}$$

Вынос ($K_н < 1$) | $K_н = 1$ | Накопление ($K_н > 1$)

В целом в почвенном профиле наблюдается слабокислая и нейтральная реакция, возникающая за счет большего выноса катионов. В слабокислых и нейтральных водах в условиях окислительной обстановки подвижны Si, Cu, Ni, Zn, Cr, накапливаются Al, Fe, Ti, Mn, Zr, V, особенно в горизонте B_1. Поведение Fe и Mn свидетельствует об окислительной обстановке во всем профиле. В то же время следы высокой подвижности соединений этих металлов в прошлом фиксируются по большому числу ржавых пятен, черных дендритов и пленок, указывая на существование ранее восстановительных условий.

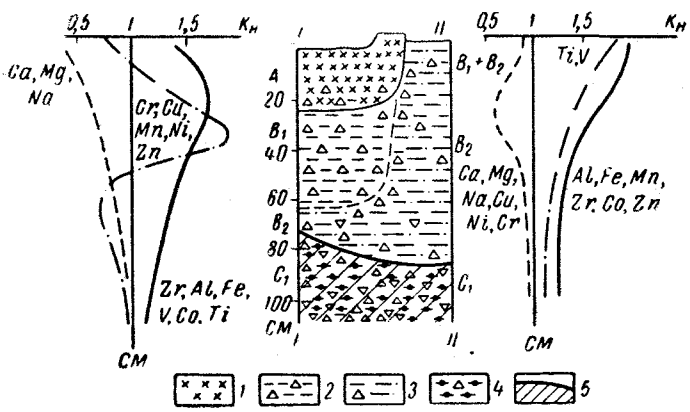
К почвам, развитым на элювио-делювии песчаников, по типу профиля близко примыкают кислые ожелезненные почвы на элювио-делювии кристаллических пород архея.

Мерзлотно-таежные солифлюкционно-делювиальные почвы. Участки сопряжения положительных форм мезорельефа (при общей выровненности) занимают сравнительно большую часть поверхности склонов. Большое значение в перемешивании почвообразующего материала имеет солифлюкация. Солифлюкционно-делювиальные почвы развиваются в условиях постоянного повышенного увлажнения. Материнские породы сложены в основном мелкоземом с преобладанием пылеватых и глинистых частиц. Мощность мохового покрова увеличена, вследствие чего многолетняя мерзлота залегает на глубинах 40—50 *см*.

Почвенный профиль четко дифференцирован по поведению в нем элементов. Гумусовый горизонт, значительно обводненный, является зоной интенсивного выноса совместно с водорастворимыми органическими соединениями, которые образуются при разложении растительных остатков, широкого круга металлов. Распределение металлов в горизонтах B_1 и B_2 определяется окислительно-восстановительными условиями (во многом аналогично карбонатным почвам).

Примитивные мерзлотно-таежные почвы. На современной обломочной коре выветривания формируются примитивные почвы со слабой дифференцированностью на генетические горизонты, обычно повышенной ожелезненностью, интенсивным проявлением криогенных явлений (морозной сортировки, дифференциального пучения и пр.), очень тесной связью с материнскими породами (почвы молодые, маломощные, сильнощебенистые). Вид кривой распределения элементов по профилю практически не зависит от реакции почвенного раствора (обычно нейтральной), так как главное влияние оказывают условия промывания, которые являются производными проницаемости отложений и глубины залегания многолетней мерзлоты. Соотношение выноса и накопления элементов обусловлено возможностями транспортировки их совместно с дисперсными частицами среди глыбовых развалов и в виде пыли, удаляемой ветром.

Нарушенные разрезы мерзлотно-таежных почв. Наиболее представительным по числу фиксируемых элементов является в почвенных разрезах района горизонт B_1 — относительного остаточного накопления и частичного аллювиального накопления, залегающий под гумусовым горизонтом A. Таким образом, глубина отбора литохимических проб определяется мощностью этого горизонта. Вместе с тем, от 40 до 80% площади водоразделов и склонов возвышенностей занято мерзлотным микрорельефом, в первую очередь мелкобугристым микрорельефом и пятнами — медальонами (см. рисунок). В процессе формирования этих



Распределение элементов в разрезе пятна — медальона и за его пределами (элювио-делювий доломитов)

A, B_1, B_2, C_1—горизонты почвенного профиля. По *I — I* и *II—II*—содержание элементов в условных единицах; *1*—почвенно-растительный слой; *2*—бурая глина с обломками; *3*—желто-бурая глина с обломками доломитов; *4*—серо-желтая глина с большим количеством обломков доломитов; *5*—граница мерзлых отложений

специфических форм происходит миграция грунтовых масс деятельного слоя к дневной поверхности и выведение наружу материала слоя B_1, что позволяет отбирать литохимические пробы из пятен — медальонов и мелких минеральных бугорков с глубины 10—15 *см*. Распределение элементов в разрезах мерзлотных микроформ рельефа варьирует довольно широко, однако содержание металлов в приповерхностном слое неизменно соответствует концентрации их в горизонте B_1 ненарушенных разрезов почв. Аналогичное соответствие отмечается и по числу элементов, причем подвижные металлы представлены

даже более полно за счет миграции влаги к фронту промерзания в осенний период.

Заключение

Несмотря на большое разнообразие исходных пород и условий залегания почв района, в целом они характеризуются следующими общими особенностями: 1) нейтральной или слабокислой реакцией; 2) окислительной обстановкой в верхних и восстановительной в нижних горизонтах профиля; 3) преобладанием пылеватых фракций; 4) накоплением в горизонте B_1 — Fe, Mn, Al, Zr, Co, Ni, Ti, V, менее — Cr, Cu, Zn; 5) отсутствием в нарушенных разрезах гумусового горизонта и присутствием на поверхности материала горизонта B_1; 6) общим повышенным содержанием металлов в 1,5—2 раза по сравнению с коренными породами.

Особенностями почвообразования обусловлено наиболее представительное распределение элементов в горизонте B_1 и преобладание тонких фракций в почво-грунтах, что необходимо учитывать при литохимических поисках. Благоприятные возможности для стандартизации отбираемого материала открываются при опробовании мерзлотного микрорельефа.

ЛИТЕРАТУРА

Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методы исследования природных ландшафтов. Изд-во МГУ, 1964.

Лукашев К. И. Геохимическое поведение элементов в гипергенном цикле миграции. Наука и техника. Минск, 1964.

Тютюнов И. А. Процессы изменения и преобразования почв и горных пород при отрицательной температуре (криогенез). Изд-во АН СССР, 1960.