

Функционирование почв в бугристо-западных экосистемах Верхнего Приангарья

А. А. КОЗЛОВА*, В. А. КУЗЬМИН**, Е. В. НАПРАСНИКОВА**

**Иркутский государственный университет
664000, Иркутск, ул. Карла Маркса, 2*

***Институт географии СО РАН им. В. Б. Сочавы
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
E-mail: allak2008@mail.ru*

АННОТАЦИЯ

В Приангарье широко распространен бугристо-западный рельеф, что определяет неоднородность почвенного покрова, его комплексность. Рассмотрено поведение в почвах микроэлементов (элементный состав), обменных Са и Mg, биогенных показателей – состав гумуса, биологическая активность. Освещаются дискуссионные вопросы, касающиеся происхождения изучаемого объекта.

Ключевые слова: бугристо-западные экосистемы, функционирование почв, биогеоценотическая пестрота, трещинно-полигональные формы, неоднородность почвенного покрова.

Почва неразрывно связана в своем происхождении и свойствах с окружающей средой, что реализуется через выполнение ею ряда экологически значимых функций. В данном контексте почва рассматривается как сложная, динамическая, самоорганизующаяся и саморазвивающаяся система открытого типа, которая функционирует, осуществляя обмен информацией, веществом и энергией с другими системами: атмосферой, породой, биотой [1]. Именно почва является узловым звеном, через которое проходят и трансформируются все потоки вещества и энергии в экосистемах.

Для почвенного покрова Верхнего Приангарья характерна неоднородность, связанная с бугристо-западным рельефом. Морфологически он представляет собой чередование бугров и западин округлой и овальной фор-

мы. Размеры их различны и определяются во многом мощностью и составом рыхлых отложений. Бугристо-западные комплексы и трещинно-полигональные формы приурочены в основном к нижним частям склонов и к днищам долин. Превышение бугров над западинами составляет от 0,5 до 3,0 м, расстояние между центрами западин колеблется в пределах 10–25 м.

Влияние неоднородности рельефа на продуктивность экосистем велико, поскольку обуславливает высокую биогеоценотическую пестроту. В естественных экосистемах комплексность почвенного покрова сохраняет биоразнообразие. При длительной отвальной обработке, с одной стороны, неоднородность почвенного покрова – отрицательное явление, которое осложняет сельскохозяйственное использование земель, с другой – она может быть скрытым резервом повышения производительности почв, пока еще мало изученным [2].

Козлова Алла Афанасьевна
Кузьмин Виталий Андрианович
Напрасникова Елизавета Викторовна

Почвы бугров и западин, образуя небольшие ареалы, чередуются на малых расстояниях и создают комплексный почвенный покров, который проявляется в виде полихронных регулярно-циклических трещинных комплексов [3]. Для исследуемой территории характерно распространение комплексов либо однотипных почв, либо автоморфно-полугидроморфных. В пределах региона почвенные ареалы представлены комбинациями светло-серых, серых лесных почв на буграх и серых, темно-серых лесных почв в западинах. При распаховании такие почвы образуют различные комбинации либо в виде комплексов, либо пятнистости, деградированных на повышениях и аккумулятивных в западинах [4, 5]. Неоднородность почвенного покрова в условиях бугристо-западного рельефа приводит к значительной дифференциации процессов почвообразования, на что часто не обращают внимания.

Сложность почвенного покрова, обусловленная контрастными почвенными комбинациями, отражает тесную взаимосвязь древних криогенных структур и строения почвенного покрова. Определяющей этих структур чаще всего является сопряженная пара: блок полигона (бугор) и примыкающая к нему псевдоморфофа по повторно-жильному льду (западина) [6]. Почвообразовательный процесс, развивающийся на каждой из структур, различается по серии параметров, прежде всего пространственно-временной организации почвенного покрова [7]. Почвы, развитые в этих условиях, разновозрастны и гетерогенны. Судя по небольшой мощности органогенных горизонтов на буграх и в западинах, составляющей около 20 см от поверхности, по спорово-пыльцевому комплексу, отражающему современный растительный покров, можно предполагать молодость верхней толщи почв, возраст которой равен нескольким сотням или первым тысячам лет. В западинах же сформирован дву- и трехчленный профиль, составляющие которого могут сильно различаться по возрасту. Темноцветный погребенный горизонт западин, возможно, образовался в оптимальную фазу голоцена [8, 9].

В целом, вертикальный разрез бугристо-западного рельефа вскрывает относительно закономерное чередование автономных почв

бугров, формирующихся в ненарушенной массе почвенного покрова, и самостоятельных полугидроморфных почв западин, в которых почвообразование протекает в перетолженном материале. Иными словами, можно наблюдать сочетание зрелых почв и относительно молодых, в которых почвообразование еще не привело к ясной дифференциации профиля на генетические горизонты. Из-за нарушения почвенного покрова в результате различных причин (дефляция, делювиальный снос) даже в естественных условиях не всегда оказывается возможной однозначная генетическая интерпретация почв. В результате длительной отвальной обработки неоднородность почвенного покрова усиливается [5].

Цель проведенных исследований – установление различий в морфологическом строении, физико-химических показателях, элементном составе, составе гумуса и биологической активности почв палеокриогенного комплекса Верхнего Приангарья, находящихся в целинном и освоенном состоянии.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Согласно физико-географическому районированию [10], район исследования относится к Верхнеприангарской провинции с лиственных и сосновыми лесами на приподнятых равнинах и плато и осиново-березовыми травяными лесами на пологих склонах. С точки зрения геоморфологии рассматриваемая территория представляет предгорную равнину с высотой плоских поверхностей междуречий 550–650 м, с относительными высотами 120–150 м и средней крутизной склонов 8°.

Комплекс природных условий региона обусловил широкое развитие здесь подтаежных, лесостепных и степных ландшафтов. Почвообразование в этих районах происходит на рыхлых отложениях большой мощности при пониженном увлажнении, возрастании теплообеспеченности и значительном участии травянистой растительности по сравнению с окружающими положительными морфоструктурами. Согласно “Почвенно-экологическому районированию Иркутской области”, выполненному В. А. Кузьминым [11], исследуемая территория относится к Иркутско-Черемховской равнинной провинции с дерно-

во-подзолистыми, дерновыми лесными и серыми лесными почвами.

Две сопряженные пары разрезов заложены на водоразделе рек Иркут и Кая, в 5 км к юго-западу от Иркутска. Общая направленность склона юго-восточная с углом уклона около 5°. Почвенный комплекс лесного ландшафта состоит из серой лесной мощной почвы с погребенным гумусовым горизонтом в западине и формулой профиля О-Ad-A-[A]-V₁-V₂ и серой лесной среднемошной остаточно-карбонатной на бугре О-Ad-A-AB-V₁-Vca (вскипание от 10 % HCl с глубины 78 см) [12]. Согласно нивелирному ходу высота бугра над западиной составляет 3,5 м, диаметр бугра с запада на восток равен 22 м. Растительность – березняк папоротниковый.

На обезлесенном участке (по-видимому, залежь около 5 лет) почвенная комбинация представлена серой лесной мощной глееватой с погребенным гумусовым горизонтом в микропонижении: Ap-AB-[A]-[A]g, а также серой лесной маломощной остаточно-карбонатной на микроповышении: Ap-V₁-Vca-VcCa (вскипание от 10 % HCl с глубины 38 см). Согласно нивелирному ходу высота бугорка составляет 54 см, его диаметр с запада на восток равен 37 м. При освоении эти почвы были нарушены, и теперь по морфологическому строению их можно отнести к антропогенно-преобразованным [13]. Растительность представлена разнотравьем: клевером, полонником, белоголовником, вейником.

Для максимального учета всех факторов почвообразования, формирующих и усложняющих почвенный покров в условиях бугристо-западного рельефа, применен сравнительно-экологический подход [14]. Изучение физических, водно-физических и физико-химических свойств почв проведено общепринятыми методами [15]. Групповой и фракционный состав гумуса определен методом И. В. Тюрина в модификации Пономаревой – Плотноковой [16]. Радиоуглеродное датирование проводилось в Научном центре геоэкологии при Институте географии РАН (г. Москва) по углероду гуминовой кислоты, связанной с кальцием. Содержание макро- и микроэлементов определено на спектрографах ДФС-8 и ИСП-30. Методическим приемом для проведения лабораторных анализов биохимической активности почв (БАП) послужил экс-

пресс-метод Т. В. Аристовской, М. В. Чугуновой [17], сущность которого состоит в том, что регистрируется скорость (в часах) разложения азотсодержащего органического соединения (карбамид) и изменения pH воздушной среды на 1,5–2,0 единицы за счет выделения аммиака.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования физико-химических свойств почв палеокриорельефа выявили их значительную вариабельность (табл. 1).

Так, выявлено высокое содержание обменных оснований в дерновых горизонтах почв бугров и западин. На погребенные горизонты приходится второй максимум их содержания, что свидетельствует о существенной роли органического вещества в поглощательной способности почв. Освоенные почвы несколько обеднены обменными основаниями, что обусловлено перемешиванием трех горизонтов (Ad, A и B), вызывающим усреднение содержания обменных Ca и Mg.

Реакция среды обычна для серых лесных почв с колебаниями от слабокислой в гумусовых горизонтах, в том числе и погребенных, до щелочной в карбонатных горизонтах. При освоении почв с бугристо-западным рельефом происходит повышение pH до щелочных значений, что связано с нивелировкой поверхности и механическим перемешиванием почвы в результате распахивания. На участках с многолетней обработкой разница в высоте между буграми и западинами снижается от 1–2 м в целинном состоянии до первых десятков сантиметров, происходит срезание верхних горизонтов на буграх и перемещение их в западины, с выходом на поверхность нижележащих горизонтов с более высокими значениями pH (B, Vca и VcCa).

Почвы бугров и западин заметно отличаются по увлажнению и плотности. Полученные данные показывают, что максимум влаги приходится на дерновые горизонты как в почве на бугре, так и в западине (см. табл. 1). Вниз по профилю увлажненность почв уменьшается, причем на бугре она становится в 1,2–1,5 раза меньше, чем в западине. В освоенных аналогах (особенно верхних горизонтов) влажность несколько ниже, чем в лесу,

Т а б л и ц а 1

Физико-химические показатели почв бугров и западин

Горизонт, глубина, см	рН водный	Гумус, %	Са	Mg	Влаж- ность, %	Плотность сложения, г/см ³	ППВ, %*	Зола, %
			мг-экв/ 100 г почвы					
<i>Разрез 1. Лес, западина. Серая лесная мощная с погребенным гумусовым горизонтом</i>								
О 0-3	6,9	—	—	—	—	—	85,98	14,02
Ad 3-13	6,3	15,3	41,5	9,5	63,5	0,4	—	—
A 13-37	5,8	6,98	32,0	6,5	24,0	1,0	—	—
[A] 37-70	6,0	6,72	31,5	10,1	25,7	0,9	—	—
B ₁ 70-105	6,4	0,65	13,0	6,0	19,0	1,4	—	—
B ₂ 105-125	6,8	0,36	11,5	7,4	22,9	1,4	—	—
<i>Разрез 2. Лес, бугор. Серая лесная среднемогучная остаточнo-карбонатная</i>								
О 0-3	6,9	—	—	—	—	—	87,02	12,98
Ad 3-7	6,8	7,24	39,0	12,6	60,0	0,4	—	—
A 7-16	6,0	5,69	24,3	6,7	17,1	0,9	—	—
AB 16-30	6,6	1,19	17,0	7,0	12,1	1,3	—	—
B ₁ 30-78	6,7	0,52	18,0	7,5	13,4	1,4	—	—
Bca 78-130	8,6	0,83	28,5	6,0	16,7	1,3	—	—
<i>Разрез 3. Залежь, микропонижение. Серая лесная мощная глееватая с погребенным гумусовым горизонтом</i>								
Ap 0-20	6,7	4,65	22,7	5,3	17,7	1,0	—	—
AB 20-40	6,7	3,62	27,6	5,9	17,7	1,4	—	—
[A] 40-95	5,8	8,28	35,5	5,0	43,6	0,9	—	—
[A]g 95-140	6,5	5,17	26,3	5,2	43,6	0,9	—	—
<i>Разрез 4. Залежь, микроповышение. Серая лесная маломогучная остаточнo-карбонатная</i>								
Ap 0-20(25)	6,7	2,00	15,0	6,5	12,2	1,0	—	—
B ₁ 20(25)-38	8,5	1,55	26,3	3,3	11,9	1,4	—	—
Bca 38-65	8,6	1,45	27,6	4,0	15,1	1,4	—	—
BCca65-130	8,7	0,52	26,8	3,0	15,1	1,4	—	—

*ППВ – потеря при прокаливании подстилки.

при этом остаются довольно увлажненными погребенные горизонты микропонижения.

Данные по плотности отражают общую закономерность, характерную для лесных почв, где минимальная плотность наблюдается в дернине как на бугре, так и в западине (0,4 г/см³). Погребенные горизонты западин слабоуплотнены, по-видимому, за счет разрыхляющего действия гумуса. Плотность почвы на буграх возрастает и внизу профиля достигает 1,4 г/см³. В результате механического действия сельскохозяйственной техники, а также перемешивания горизонтов верхняя часть освоенных почв более плотная по сравнению с дерниной и соответствует пахотному горизонту. Однако в подпахотном горизонте плотность почвы резко возрастает – до 1,4 г/см³.

Следует отметить, что наиболее общие различия между почвами бугров и западин состоят, прежде всего, в неодинаковой мощности гумусового горизонта и содержании гумуса. Так, мощность гумусовых горизонтов вместе с погребенным в почве западины под лесом составляет 70 см, тогда как на бугре вместе с горизонтом АВ – всего 30 см. Возможно, что заполнение трещин, которые впоследствии формировались как западины, происходило в период, когда на территории существовали почвы с хорошо развитым гумусово-аккумулятивным горизонтом [8, 18].

На залежи эти различия более контрастны. В понижении почвенный профиль полностью состоит из гумусовых горизонтов, их мощность равна 140 см. По-видимому, это

происходит за счет перемещения гумусовых веществ в результате поверхностного стока с положительных элементов микрорельефа в отрицательные и аккумуляцией их там. В почве микроповышения мощность гумусового горизонта ограничена пахотным и подпахотным слоями, что составляет 40 см. По мнению В. А. Кузьмина [5], причиной деградации освоенных почв является дефляция, которая существенно усиливается после распахивания.

Распределение гумуса в профиле почвы западины под лесом соответствует бимодальному со вторым максимумом после дерново-

го в погребенном горизонте (см. табл. 1). На бугре наблюдается высокое содержание гумуса в органогенных горизонтах, с глубиной количество его быстро снижается. В освоенных почвах по сравнению с целиной гумуса содержится значительно меньше, особенно на микроповышении. При этом отмечено его высокое количество в погребенном горизонте.

Изучение состава гумуса в серых лесных почвах с бугристо-западинным рельефом подтвердило его своеобразие, выявленное раньше на изучаемой территории [5, 19] (рис. 1).

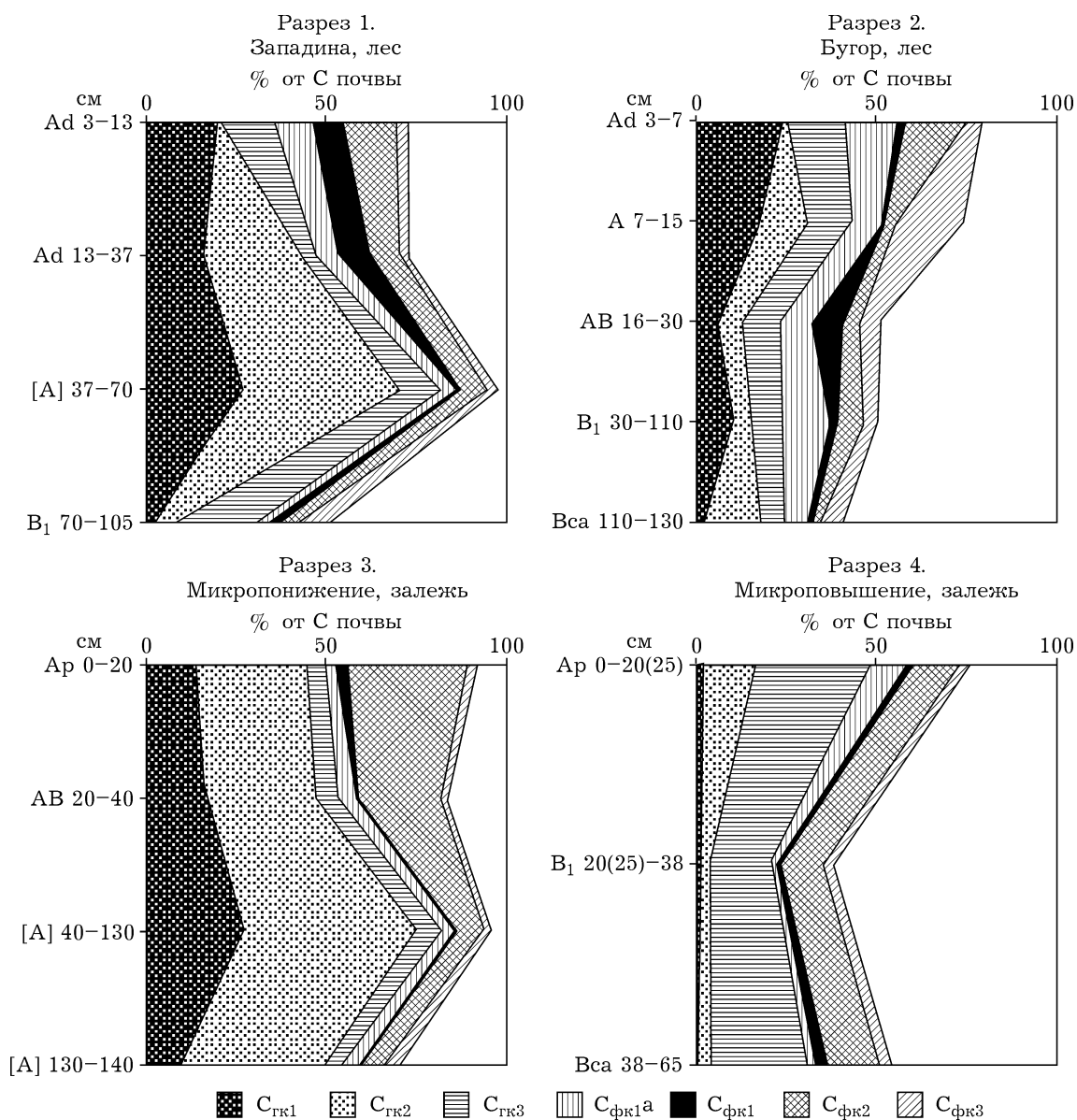


Рис. 1. Состав гумуса серых лесных почв бугров и западин

По составу гумуса профиль почв западин можно разделить на три части, соответствующие дерновому, гумусовому и погребенному горизонтам. Дерновые горизонты обеих почв обладают высоким содержанием гумуса, равным соотношением $C_{гк} : C_{фк}$, повышенной растворимостью гумуса, количество нерастворимого остатка составляет 19,6–27,1 %. Погребенные гумусовые горизонты западин по соотношению $C_{гк} : C_{фк} = 5,1–6,4$ относятся к гуматным с возможной частичной углекислотной растворимостью гумуса, при этом резко повышается растворимость гумуса. Содержание нерастворимого остатка здесь составляет 2,4–2,5 %. Современные (дневные) гумусовые горизонты по сравнению с погребенными обеднены гумусом. По остальным показателям (отношению $C_{гк} : C_{фк}$, содержанию негидролиземого остатка) они занимают промежуточное положение между выше- и нижележащими.

В минеральных горизонтах бугров наблюдается сужение соотношения $C_{гк} : C_{фк}$ до 0,8–0,9, гумус становится гуматно-фульватным. Здесь отмечено значительное увеличение количества нерастворимого остатка, которое составляет около 50 % от общего содержания гумуса в почве, что объясняется местными гидротермическими условиями континентального климата. По-видимому, гуминовая кислота под влиянием сильного промораживания зимой и частого просушивания летом быстрее обезвоживается и переходит в малоподвижную форму – гумин. В западинах растворимость гумусовых веществ повышается, особенно в погребенных горизонтах, что связано с повышенной увлажненностью почвы.

При морфологическом сходстве верхней части почв на буграх и в западинах под лесом выявляется различие их по фракционному составу. В гумусовом горизонте почв западин по сравнению с почвами бугров расширяется соотношение $C_{гк} : C_{фк}$ от 1,4 до 1,7 соответственно. Увеличение происходит за счет фракции 2 гуминовых кислот, связанной с кальцием. Большое количество 2 фракции гуминовых кислот (2/5 от всего углерода) сосредоточено в горизонте, переходном от погребенного гумусового к породе. Согласно представлениям В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой [16], это может свидетельствовать о миграции в профиле

“кислых”, неполностью усредненных гуматов кальция.

В погребенных горизонтах отмечается крайне низкое содержание агрессивной фракции фульвокислот – менее 2 %. Многие исследователи отмечают отсутствие в составе гумуса ископаемых почв первой фракции гуминовых кислот, свободных и связанных с полуторными оксидами. По мнению О. Н. Бирюковой и Д. С. Орлова [20], это явление связано с переходом первой фракции во вторую при насыщении погребенных почв кальцием.

Своеобразие состава гумуса почв погребенных горизонтов проявляется в высоком содержании гуминовых кислот, особенно фракции, связанной с Са, а также почти полной растворимости гумуса, что может служить подтверждением существования в прошлом иных, возможно, более благоприятных биоклиматических условий.

Исследованиями Г. А. Воробьевой [21] доказывается, что в почвах юга Средней Сибири значительное гумусонакопление происходило только в голоцене, причем максимальное – в атлантический период, что отражается в строении почв западин. В целом интенсивность гумусонакопления за последние 4 тыс. лет, согласно Г. А. Воробьевой, значительно снизилась, особенно в субатлантический период. Изменения в интенсивности гумусонакопления обусловлены изменениями биоклиматической обстановки, что связано с минерализацией древнего и хорошей сохранностью молодого гумуса.

Считается, что темноцветные горизонты полигенетических почв сформировались в понижениях реликтового криогенного микро рельефа под мезофильной травянистой растительностью [22]. Возраст исследованных высокогумусных почв, как свидетельствуют радиоуглеродные определения, соответствует бореально-атлантическому времени (6–4,5 тыс. л. н.), характеризующемуся значительным потеплением.

Это подтверждается результатами радиоуглеродного датирования гумусовых горизонтов почвы микропонижения (табл. 2).

По данным О. И. Чичаговой [23] и Г. А. Воробьевой [21], наблюдается занижение радиоуглеродного возраста гумуса по сравнению с возрастом осадков по мере увеличения глу-

Результаты радиоуглеродного датирования гумусовых горизонтов почвы понижения

Почва	Разрез	Горизонт, глубина, см	Радиоуглеродный возраст горизонта, тыс. л. н.
Серая лесная мощная глееватая с погребенным гумусовым горизонтом	Разрез 3.	Ap 0–20	1960 ±50 ИГ РАН
		AB 20–40	2190 ±60 ИГ РАН
	Микропонижение	[A] 40–95	4260 ± 60 ИГ РАН
		Залежь	[A]g 95–140

бины горизонтов, связанное с “омолаживающим” эффектом гумуса современного, образующегося на этих же глубинах от разлагающихся корневых остатков растений. Однако, несмотря на явное “омоложение” дат за счет современных гумусовых веществ, в погребенных горизонтах основу все же составляет древний гумус.

Спектральный анализ показал, что элементный химический состав по содержанию в рассматриваемых разрезах не испытывает значительных колебаний (табл. 3).

Так, концентрация Fe близка к кларку литосферы, а Ca занимает промежуточное положение между кларком литосферы и кислых пород. Его содержание повышено в органогенных и карбонатных горизонтах. Mg близок к кларку литосферы, Ti не испытывает значительных отклонений от его кларкового значения в литосфере. Концентрация Mn меняется мало по профилю и близка к кларку литосферы. Повышение содержания его в горизонтах, обогащенных органическим веществом, не выявлено. В то же время по ранее проведенным определениям [9] вблизи рассматриваемого полигона в органогенных горизонтах Mn на 0,05–0,06 % больше по сравнению с минеральными горизонтами. Вероятно, в последнем случае органическое вещество почв формировалось под лесом, где аккумуляция Mn выше, чем под травянистой растительностью.

Количество Sr близко к кларку кислых пород или ниже его. В дерновых горизонтах под лесом выявлено минимальное содержание Sr – за пределами точности метода. Минимум содержания Sr в западине и на бугре согласуется со снижением в этих пробах железа.

В почвах под лесом содержание Sr минимально в верхних горизонтах. Этот элемент

в почвах под лесом накапливается слабо. Другие элементы группы Fe (Cu, Ni, Co) сохраняют одинаковую или близкую концентрацию в пахотном и подпахотном горизонтах. С глубиной они преимущественно накапливаются.

Концентрация Ca и Ba повышается в органогенных горизонтах, за исключением разреза 2 под лесом на бугре. В погребенных гумусовых горизонтах накопление микроэлементов не проявляется. Следовательно, формирование этих горизонтов происходило в иных условиях по сравнению с современными гумусовыми горизонтами.

В целом содержание изученных элементов в почвах региона близко к кларку в литосфере [5]. По сравнению со средними данными для почв они несколько обеднены кремнеземом и обогащены другими элементами, особенно алюминием, магнием, кобальтом. Эти особенности определяются полимиктовым составом отложений, обогащенностью тонкими фракциями. По обобщенным данным М. Г. Сеничкиной, Н. Е. Абашеевой [24], легкосуглинистые и супесчаные серые лесные почвы Забайкалья содержат меди и кобальта в 2–3 раза меньше, чем средне- и тяжелосуглинистые почвы Верхнего Приангарья.

Увеличение количества гумуса в погребенном гумусовом горизонте по сравнению с вышележащим не сопровождается накоплением химических элементов. Следовательно, роль органического вещества в закреплении элементов здесь, в отличие от современных (дневных) гумусовых горизонтов, несущественна. Учитывая расположение погребенных горизонтов, своеобразие состава гумуса и особенности химизма (отсутствие биологического накопления), можно полагать, что формирование их происходило в иных, отличных от современных условий. По данным И. В. Якушевской [25], коэффициент биоло-

Т а б л и ц а 3
Элементный состав почв бугров и западин

Глубина горизонта, см	Fe	Ca	Mg	Ti	Mn	Ba	Sr	Cr	V	Cu	Ni	Co	Pb	%	
														см	мг/кг
<i>Разрез 1. Лес, западина. Серая лесная мощная с погребенным гумусовым горизонтом</i>															
Ad 3-13	3,0	2,54	1,19	0,43	0,12	<200	<100	89	116	35	52	8	27		
A 13-37	4,2	1,49	1,26	0,50	0,10	<200	277	84	130	39	57	14	22		
[A] 37-70	4,0	2,43	1,43	0,51	0,10	<200	334	91	130	35	62	13	13		
B ₁ 70-105	3,8	1,55	1,34	0,42	0,09	<200	269	103	135	29	55	14	16		
B ₂ 105-125	4,7	1,45	1,74	0,42	0,10	936	294	104	148	24	73	17	18		
<i>Разрез 2. Лес, бугор. Серая лесная среднеможная остаточно-карбонатная</i>															
Ad 3-7	3,5	1,56	1,35	0,39	0,12	<200	<100	84	113	33	53	13	14		
A 7-16	4,6	1,42	1,47	0,49	0,12	605	278	101	143	33	75	18	15		
AB 16-30	5,4	1,71	1,72	0,52	0,10	<200	287	128	157	35	78	18	18		
B ₁ 30-78	5,1	1,45	1,41	0,46	0,08	671	250	128	159	42	94	20	15		
Всв 78-130	4,7	3,76	1,67	0,47	0,09	823	260	132	151	36	81	17	19		
<i>Разрез 3. Залежь, микропомещение. Серая лесная мощная глееватая с погребенным гумусовым горизонтом</i>															
Ap 0-20	4,6	2,08	1,54	0,45	0,09	608	220	120	134	32	66	15	19		
AB 20-40	4,0	1,86	1,49	0,50	0,09	646	210	101	122	32	65	15	18		
[A] 40-95	4,4	1,62	1,46	0,38	0,08	710	251	95	112	34	57	12	19		
[A]g 95-140	4,4	1,96	1,62	0,44	0,10	713	210	100	130	36	69	16	17		
<i>Разрез 4. Залежь, микроповышение. Серая лесная малоомощная остаточно-карбонатная</i>															
Ap 0-20(25)	4,6	2,09	1,56	0,47	0,09	877	231	102	142	2	70	16	22		
B ₁ 20(25)-38	4,6	1,63	1,55	0,42	0,09	753	188	113	138	39	80	17	26		
Всв 38-65	4,4	3,33	1,75	0,41	0,09	918	195	110	130	43	77	16	<10		
ВСсв 65-130	4,4	3,40	1,80	0,41	0,09	920	200	115	130	42	75	16	15		
<i>Литосфера</i>															
Кларк по	4,7	3,0	1,9	0,45	0,10	650	340	83	90	47	58	18	16		
<i>Кислые породы</i>															
Виноградову (1962)	2,7	1,6	0,6	0,23	0,06	830	300	25	40	20	8	5	20		

гического поглощения ряда элементов, в частности марганца, бария, стронция и меди, в злаковой степи может быть на порядок ниже, чем в смешанном лесу. Это, естественно, не могло не отразиться на различии химического состава погребенного и современного гумусовых горизонтов.

В работе уделено внимание биологической активности (БАП) как интегральному показателю современного состояния почв. Определение БАП является не только интегральным показателем, но и индикатором современного режима и жизни почвы, так как уровень ферментов изменяется адекватно изменениям экологических условий, в то время как физические и химические свойства заложены в ее "памяти".

Биохимический потенциал почв как индикатор их современного экологического состояния заслуживает особого внимания, так как является интегральным, следовательно, высокоинформативным. Кроме того, данный метод позволяет рассмотреть особенности трансформации органических соединений в биогеохимическом цикле азота.

Отметим, что методика определения БАП весьма чувствительна и позволяет не только выявить различия между контрастными

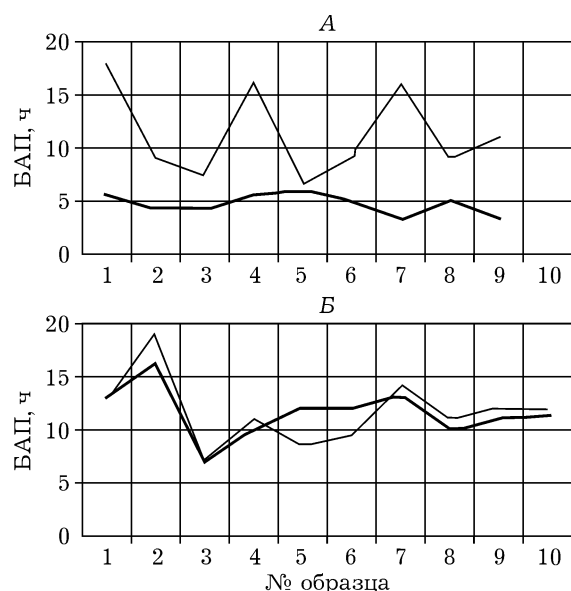


Рис. 2. Биологическая активность почв (БАП) под лесом (А) и пашней (Б) на разных элементах рельефа.

Кривые жирным шрифтом – бугор, нежирным – западина. Чем меньше количество часов, регистрирующей скорость реакции, тем больше считается БАП

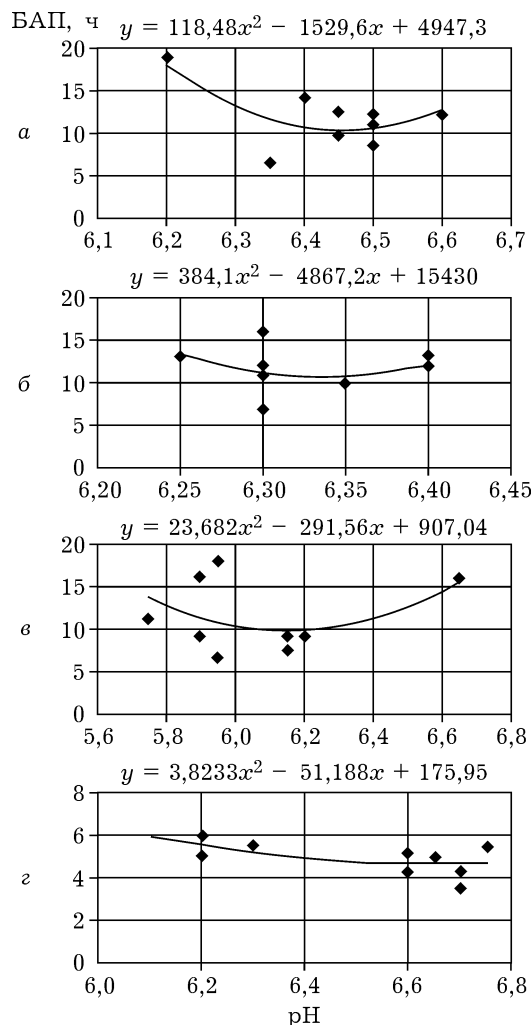


Рис. 3. Тенденции связи биологической активности почв (БАП) и рН.

Пашня: а, в – западина, б, г – бугор

в тех или иных отношениях объектами, но и дифференцировать почвы по биопотенциалу.

Характер изменения биологической активности почв в зависимости от местоположения имеет свои особенности (рис. 2, А, Б).

Так, на буграх под лесом регистрируется сравнительно высокая активность почв, которая не превышает по значениям 5,5 ч. При этом самая высокая активность – 4 ч. Примечательно то, что в данном рельефе местности показатели БАП сравнительно стабильные, и это четко прослеживается на графике (см. рис. 2, А). Под лесом, но в варианте западины, отмечаем пределы значений скорости протекания реакции от 6,5 до 18 ч. На кривой отчетливо видно три достоверных пика и спада значений. Уровень био-

логической активности почв можно считать от среднего до низкого. Эти данные свидетельствуют о том, что экологические факторы почвы наиболее переменчивы в условиях западины под лесом. Несколько иная картина в условиях пашни. Характер кривых показывает сходство значений для обоих элементов рельефа. Значения лежат в интервале от 6,5 до 19 ч, что также позволяет отнести их к почвам от среднего до низкого уровня активности. В итоге при сравнительном анализе всех полученных результатов на разных элементах рельефа почвы на буграх под лесом можно выделить как наиболее активные. Почвы западин под лесом и пашней имеют относительно сходную биологическую активность, которую можно отнести к низкой.

В ходе работы выявлена функциональная зависимость биологической активности изучаемых почв от их реакции на различных элементах рельефа (рис. 3). Данная функциональная зависимость выражена полиномом второй степени. Графическое отображение трендов связей БАП и рН наиболее наглядно показывает определенное сходство в протекании процессов, приуроченных к западинам (см. рис. 3, а, в). Теснота связей между показателями оказалась наиболее статистически достоверной именно для этих форм рельефа ($R = 0,54$).

Наименьшая зависимость БАП от рН среды прослеживается для бугристых форм рельефа, особенно под лесом, несмотря на то, что уровень биологической активности сравнительно высок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные показали, что палеокриогенные явления в виде бугристо-западинных форм оказывают большое влияние на почвообразование и гумусное состояние почв, определяя ряд их химических и физических показателей, обнаружив значительную переменчивость, которая усиливается при освоении. Выявлено, что биологическая активность серой лесной почвы под лесом, особенно на бугре, выше, чем в западине, а в освоенных почвах на различных элементах рельефа имеет сходство и более

высокую зависимость от реакции среды. Установлено, что наиболее общие различия между почвами бугров и западин заключаются в неодинаковой мощности гумусового горизонта и содержании гумуса, а различия в его составе, выявленные при сравнении дневных и погребенных гумусовых горизонтов почв западин, служат подтверждением существования в прошлом иных, возможно, более благоприятных биоклиматических условий. Возраст исследованных погребенных гумусовых горизонтов, как свидетельствуют радиоуглеродные определения, соответствует бореально-атлантическому времени, характеризующемуся значительным потеплением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добровольский Г. В., Избранные труды по почвоведению. Т. 1. М., 2005. 530 с.
2. Строганова М. Н. Структурно-функциональная роль почвы в биосфере. М., 1999. С. 29–37.
3. Фридланд В. М. Структура почвенного покрова. М., 1972. 423 с.
4. Бычков В. И. Структура почвенного покрова и методы ее изучения. М., 1973. С. 126–133.
5. Кузьмин В. А. Региональные ландшафтно-геохимические исследования. Иркутск, 1986. С. 67–81.
6. Величко А. А., Морозова Т. Д., Нечаев В. П., Порожнякова О. М. Палеокриогенез, почвенный покров и земледелие. М., 1996. 150 с.
7. Геннадиев А. Н. Почвы и время: Модели развития. М., 1990. 228 с.
8. Воробьева Г. А. Почвы территорий нового освоения, их режимы и рациональное использование. Иркутск, 1980. С. 13–17.
9. Кузьмин В. А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья. Новосибирск, 1988. 175 с.
10. Физико-географическое районирование СССР. М., 1968. 575 с.
11. Кузьмин В. А. Почвенно-экологическое районирование Иркутской области // Почвоведение. 2002. № 12. С. 1436–1444.
12. Классификация и диагностика почв СССР. М., 1977. 223 с.
13. Классификация и диагностика почв России. Смоленск, 2004. 324 с.
14. Соколов И. А. Некоторые теоретические итоги и проблемы изучения почв Восточной Сибири и Дальнего Востока // Почвоведение. 1991. № 5. С. 131–145.
15. Агрохимические методы исследования почв. М., 1975. 656 с.
16. Пономарева В. В., Плотникова Т. А. Гумус и почвообразование. Л., 1980. 221 с.
17. Аристовская Т. В., Чугунова М. В. Экспресс-метод определения биологической активности почвы // Почвоведение. 1989. № 11. С. 142–147.
18. Воробьева Г. А. Стратиграфия, палеогеография и археология юга Средней Сибири. Иркутск, 1990. 165 с.

19. Органическое вещество почв юга Средней Сибири. Иркутск, 1989. С. 132–146.
20. Бирюкова О. Н., Орлов Д. С. Состав и свойства органического вещества погребенных почв // Почвоведение. 1980. № 9. С. 49–66.
21. Воробьева Г. А. Органическое вещество почв юга Средней Сибири. Иркутск, 1989. С. 101–113.
22. Кузьмин В. А., Чернегова Л. Г. Гуминовые вещества в биосфере. М.; СПб., 2003. С. 151–152.
23. Чичагова О. И. Радиоуглеродное датирование гумуса почв. М., 1985. 146 с.
24. Сеничкина М. Г., Абашеева Н. Е. Микроэлементы в почвах Сибири. Иркутск, 1986. 176 с.
25. Якушевская И. В. Микроэлементы в природных ландшафтах. М., 1973. 100 с.

Soil Functioning in Hilly-Lowland Ecosystems of the Upper Angara Region

A. A. KOZLOVA*, V. A. KUZ'MIN**, E. V. NAPRASNIKOVA**

**Irkutsk State University
664000, Irkutsk Karl Marx str., 2*

***V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS
664033, Irkutsk, Ulan-Batorskaya str., 1
E-mail: allak2008@mail.ru*

Hilly-lowland relief is common in the upper Angara region, which provides nonhomogeneity of soil cover, its complex character. The soil behavior of microelements (elemental composition), exchangeable Ca and Mg, biogenic indices – humus composition, biological activity was considered. Debatable aspects concerning the origin of the object under investigation are considered.

Key words: hilly-lowland ecosystems, soil functioning, biogeocoenotic diversification, fracture-polygonal forms, heterogeneity of soil cover.