

ВЛИЯНИЕ БУГРИСТО-ЗАПАДИННОГО РЕЛЬЕФА НА ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ПОЧВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

Представлен обзор публикаций по вопросу о влиянии бугристо-западинного рельефа на почвообразование в Предбайкалье, дополненный новыми материалами автора, касающимися биологической активности, физико-химических и гидрологических свойств почв региона.

An overview of literature concerning the influence of hummock-and-hollow topography on soil formation in the Prebaikalia is presented. It is complemented with new evidence obtained by this author which refers to biological activity, and physicochemical and hydrological properties of the region's soils.

Южное Предбайкалье — регион Восточной Сибири, по природным условиям наиболее благоприятный для проживания и хозяйственной деятельности населения. С юго-запада он ограничен предгорьями Восточного Саяна, с юго-востока — Онотской возвышенностью и включает южную часть Иркутско-Черемховской равнины и Предбайкальской впадины, представляющих собой крайние прогибы Сибирской платформы [1].

Для региона характерны невысокие для этих широт показатели годового радиационного баланса. Они изменяются от 20 ккал/(см²·год) в таежных долинах и котловинах до 40 ккал/(см²·год) на сухостепной территории, что из-за более продолжительного залегания снежного покрова и большого эффективного излучения на 6–10 ккал/(см²·год) ниже, чем в тех же широтах на Русской равнине [2].

Другая провинциальная особенность — своеобразие внутrigодового изменения гидротермических показателей, заключающееся в их резком различии (3–10-кратном по показателям атмосферного увлажнения) между сухим и влажным сезонами теплого периода, что обуславливает, соответственно, заторможенность или активизацию биологического круговорота. При совпадении периодов наибольшей прогреваемости и максимального увлажнения скорость почвообразования резко возрастает, а в противном случае — снижается. С увеличением увлажнения и снижением тепловых ресурсов провинциальная специфика исчезает [3].

По климатическим показателям районы Южного Предбайкалья различны по увлажненности и сходны по среднегодовой температуре воздуха. Так, количество осадков на метеостанции Баяндай составляет 380 мм, в Иркутске — 490 мм, среднегодовые температуры соответственно –2,7 и –1,1 °С, сумма температур выше 10 °С 1420 и 1618°, а мощность снежного покрова 21 и 37 см [4]. Южная часть Предбайкальской впадины и прилегающая территория Приангарья относятся к зоне недостаточного увлажнения, а южная часть Иркутско-Черемховской равнины — к зоне умеренного [5].

При изучении природных условий Иркутско-Черемховской равнины и южной части Предбайкальской впадины выявлен ряд особенностей почвообразования, обусловивших широкое развитие подтаежных, лесостепных и степных почв. Почвы в этих районах образуются на рыхлых отложениях большой мощности при невысоком увлажнении, сравнительно высокой теплообеспеченности и значительном участии травянистой растительности [3].

Проявление палеокриогенеза выразилось в формировании бугристо-западинного рельефа, морфологически представляющего собой чередование бугров и западин округлой и овальной формы,

размеры которых заметно различаются и во многом определяются мощностью и составом рыхлых отложений. На склонах, где рыхлые отложения отличаются высоким содержанием грубозернистых фракций и повышенной плотностью, бугры и западины невелики — диаметр бугров 10–15 м, превышение над западинами — 0,5–1,0 м. На террасах с мощным чехлом рыхлых отложений диаметр бугров может достигать 20 м, а высота 1,0–1,5 м.

Причины, вызвавшие происхождение такого рельефа, по мнению многих исследователей, различны. Так, И. И. Молодых [6] первопричиной обособленности бугров и западин считает полигональную мерзлотную трещиноватость в связи с весьма совершенной симметрией их расположения. В результате длительных температурных колебаний и деформаций льда трещины трансформировались в западины. При дальнейшем развитии рельефа в западинах на лёссовых породах стали преобладать процессы, обусловленные свойствами пород, — выщелачивание, вынос коллоидов и мелкозема.

Ф. Н. Лещиков [7] считает бугристо-западинный рельеф реликтовой формой термокарстового процесса. Его формирование — следствие широкого развития в прошлом полигонально-жильных льдов, их последующего вытаивания и суффозионных процессов.

По мнению Г. А. Воробьевой [8, 9], бугристо-западинный рельеф сформировался вследствие широкого развития в прошлом полигонально-жильных льдов. Криогенные деформации верхнелепесточеновых отложений распространены повсеместно и всюду фиксируются в разрезах субэдральных образований Южного Предбайкалья. Образование полигонально-жильных льдов относится к сартанскому времени (при значительной аридизации климата на фоне похолодания), а полное вытаивание льда — к голоцену. На контакте верхнелепесточеновых и голоценовых отложений выявлено несколько генераций криогенных жил с глубиной самых мощных из них свыше пяти метров. Часто такие образования характеризуются двухъярусным строением: верхняя их часть представляет исходно грунтовые жилы, нижняя — псевдоморфозы по повторно-жильным льдам.

В. А. Кузьмин [3] отмечает полигенетичность образования этих форм рельефа при ведущей роли реликтового криогенеза на основе неоднородности их форм и размеров, распространения в разных условиях рельефа и увлажненных почвогрунтов, наличия или отсутствия грунтовых жил как показателя криогенеза, различного характера гумусового профиля почв и текстуры подстилающей толщи.

Как установлено, бугристо-западинный рельеф способствует дифференциации процессов почвообразования на буграх и западинах [3], что приводит к неоднородности почвенного покрова, основные особенности которого — мелкоконтурность, мозаичность, широкое развитие микрокомбинаций. Чаще всего он представлен в виде комплексов однотипных или автоморфно-полугидроморфных почв [10].

Нами исследованы почвенные комбинации дерновых лесных почв и черноземов в пределах Иркутско-Черемховской равнины и Предбайкальской впадины. Их комплекс представлен дерновой лесной почвой со вторым гумусовым горизонтом в западине и дерновой лесной бескарбонатной на бугре. Сопряженная пара разрезов закладывалась на водоразделе Иркутка и Каи, в пяти километрах к юго-западу от Иркутска, на юго-восточном склоне крутизной менее 2°.

Своеобразные черты климата Южного Предбайкалья нашли отражение в термическом и водном режиме исследуемых почв, а особенности палеогеографической обстановки, представленной в виде бугристо-западинного рельефа, во многом предопределяют дифференциацию почвенных процессов в пределах почвенного комплекса, в том числе выщелоченных черноземов. Как показало наблюдение за термическим режимом, на открытых пространствах они промерзают на глубину более одного метра. Для сравнения можно отметить, что средняя многолетняя глубина промерзания выщелоченных черноземов европейской лесостепи составляет 70–80 см [11]. Основные факторы глубокого промерзания — длительная суровая зима и малая мощность снежного покрова.

Период, в течение которого отмечается наличие мерзлых слоев, в черноземах длится 7–9 мес., а в европейской части России — 3–4 мес. [12]. Температура верхнего 20-сантиметрового слоя в почвах европейской части России составляет –2 °С, в черноземах Южного Предбайкалья она опускается до –10 °С [4].

Следовательно, черноземы степей Южного Предбайкалья отличаются от европейских большими запасами холода в весенне-летний период. Длительные низкие температуры почвы сокращают и без того короткий вегетационный период и обуславливают короткий период активной микробиологической деятельности и небольшую глубину деятельного слоя почв.

Особенностью термического режима дерновых лесных почв Южного Предбайкалья, как и черноземов, является глубокое промерзание (хотя меньшее) и длительное оттаивание. На оголенных участках промерзание не опускается ниже 220 см, а под лесом — 170 см. Длительность периода с отрицательными температурами колеблется от 216 до 228 дней на оголенном участке и 193–200 дней в лесу, что на 6–10 дней меньше, чем в черноземах [4].

Глубина промерзания почв неодинакова на разных участках, что связано главным образом с мощностью снежного покрова, которая определяется в свою очередь рельефом, растительностью, а также экспозицией склонов. Глубже промерзают и дольше оттаивают почвы склонов северной экс-

позиции, пахотных участков, бугров. На минимальную глубину промерзают почвы западин, южных склонов и под лесом [13]. Неравномерны также прогревание и выхолаживание компонентов почвенного комплекса бугристо-западного рельефа. Наиболее контрастны изменения температуры в почвах бугров и западин в черноземе. Самая высокая температура отмечена в июле на поверхности бугра (30 °С), вниз по профилю ее значения постепенно снижаются и на глубине одного метра достигают 15 °С. В почвах западин температура на 5–7 °С ниже, чем бугров. В почвах под лесом дифференциация температуры выражена менее контрастно, чем в степи.

Таким образом, общая закономерность динамики температуры в период вегетации для почв бугристо-западного рельефа следующая: в весенне-летний период более теплая почва бугра, а в августе–сентябре — западины.

Специфика термического режима — длительное пребывание почвенной толщи в мерзлом состоянии — оказывает большое влияние на водный режим почв. Отмечена характерная особенность увлажнения профиля выщелоченных черноземов Иркутско-Черемховской равнины — это наличие горизонта постоянного повышенного увлажнения на глубине 1–3 м [14], что подтверждают и наши полевые исследования. Источник накопления влаги в этом горизонте — влага нижележащих горизонтов, подтягиваемая к центру кристаллизации, и влага летне-осенних атмосферных осадков самых влажных лет, когда почвенный профиль увлажняется на значительную глубину.

Относительное устойчивое существование слоя повышенного увлажнения можно объяснить как длительным пребыванием почвы в мерзлом состоянии, так и возникновением в засушливый ряд лет сильного иссушения в средней части верхней метровой почвенной толщи, обуславливающего отрыв капиллярной каймы от неглубоко проникающих корней молодых растений.

Таким образом, водный режим выщелоченных черноземов Южного Предбайкалья характеризуется периодическим повышением влажности в нижней части почвенного профиля. Сходный водный режим отмечается в типичных и выщелоченных черноземах Среднерусской равнины [11, 15]. Однако это только внешнее сходство, поскольку причины возникновения такого режима различны. Так, если в европейских черноземах причиной его возникновения является двучленное сложение почвогрунта, то в черноземах Южного Предбайкалья это определяет климат и, в частности, термический режим черноземов [14].

Режим влажности дерновых лесных почв в общих чертах сходен с таковым в черноземах, однако увлажнены они несколько больше. Как и в черноземе, в их верхнем полуметре запасы влаги возрастают весной, что объясняется подтоком ее из нижележащего талого слоя в процессе повторного промерзания, причем накопление влаги тем сильнее, чем больше градиент влажности промерзающего и незамерзающего слоев [16].

Распределение влаги в почвах зависит от их местоположения. Это обусловлено неодинаковым расходом влаги на испарение, а также перераспределением как летних, так и зимних осадков [13], поэтому почвы бугра и западины различаются по влажности. Максимум влаги в исследуемых почвах приходится на органические горизонты, причем в западине влажность в два раза выше, чем на бугре. В минеральных горизонтах бугра и западины, а также в погребенных горизонтах уровень влажности почти в три раза меньше. В нижней минеральной части западины влажность близка к увлажненности бугра.

Таким образом, степень увлажнения бугров и западин, расположенных на расстоянии 10–20 м друг от друга, может резко различаться. В этих условиях влага перемещается от более увлажненных участков к менее влажным. Поскольку бугры прогреваются значительно сильнее, чем затененные растительностью западины, это вызывает термокапиллярное перемещение влаги из нижних горизонтов почвы к поверхности. Наибольшей контрастностью увлажнения отличаются черноземы.

Реакция среды исследуемых почв слабокислая, с глубиной показатель рН становится нейтральным, при этом почва западины на порядок кислее, чем на бугре. Это объясняется наличием большого количества свежей органики в западине, которая при разложении дает кислые продукты, а также процессами выщелачивания из профиля легкорастворимых солей, о чем писали в свое время И. И. Молодых [6] и Ф. Н. Лещиков [7]. И. И. Молодых отмечал резкое различие в содержании легкорастворимых солей в пределах бугров и западин. Их процентное содержание в породах бугров обычно в четыре-пять раз больше, чем в отложениях смежных западин, что, несомненно, отражается и на реакции среды.

В содержании гумуса и его распределении в профиле почв бугристо-западного рельефа также наблюдаются определенные различия. На буграх основные запасы органического вещества сосредоточены в небольшом по мощности верхнем слое, в дерновой лесной почве, обычно не превышающем 20 см, и 40 см в черноземе. Примерно в этом же слое сосредоточен и основной запас азота. Такое распределение гумуса и азота, по-видимому, обусловлено тем, что большая часть корней растений не проникает глубже 20–40 см, что связано с особенностями температурного режима почв, особенно с низкими температурами глубоких слоев почвы в течение большей части года. С глубиной в почвенном профиле бугров количество гумуса резко снижается.

В западинах распределение гумуса бимодальное: первый максимум приходится на гумусово-аккумулятивные горизонты, второй — на погребенные. В верхних горизонтах западины количество органики выше, чем на бугре, что связано с перемещением гумусовых веществ в результате их смыва с бугров в западины и их аккумуляцией там [8, 9]. Повышенное содержание гумуса в погребенном горизонте западины объясняется тем, что заполнение трещин, которые впоследствии трансформировались в западины, происходило в период, когда почвы отличались хорошо развитым гумусово-аккумулятивным горизонтом.

Профиль почв бугров и западин резко различается по мощности гумусового горизонта, что связано с особенностью их формирования. Глубина гумусового горизонта западины вместе с погребенным составляет 54 см в дерновой лесной почве и 108 см в черноземе. На бугре мощность органогенных горизонтов значительно меньше и составляет в дерновой лесной почве (гор. Ad + A) 10 см, в черноземе вместе с горизонтом АВ лишь 40 см.

Как уже отмечалось, одна из провинциальных особенностей почв Южного Предбайкалья — повышенная гумусированность верхнего горизонта, однако продолжительный период пониженной активности микроорганизмов обуславливает замедление процессов минерализации органического вещества. Кратковременные периоды с оптимальными гидротермическими условиями благоприятны лишь для гумификации растительных остатков, но этого недостаточно для более полного разложения органических веществ, что приводит к их консервации. На скорость распада органических веществ в почве влияет ее химический состав, а также комплекс условий, в которых протекает этот процесс — влажность, температура, реакция среды, питательный режим.

Результаты исследований целлюлозоразрушающей способности почв подтвердили общую закономерность: с глубиной интенсивность распада ткани уменьшается, что соответствует сокращению содержания гумуса и микроорганизмов (см. таблицу).

Установлено, что в пределах почвенного комплекса скорость разложения ткани неодинакова. В почвах бугров на фоне пониженного содержания влаги и гумуса интенсивность разложения клетчатки наиболее высока, особенно в черноземе, что объясняется различиями в температурном и питательном режиме компонентов почвенного комплекса. Летом, в период высокой биологической активности, температура в гумусовом горизонте бугров на 2–5 °С выше, а влажность в 1,5–2 раза ниже, чем в соседних западинах, что улучшает аэрацию почвы и обеспечивает хороший доступ кислорода.

Активная целлюлозоразрушающая способность почв на буграх хорошо согласуется с повышенным в них содержанием нитратов, что также характеризует высокую биологическую активность почв бугров. В черноземе на бугре количество нитратного азота в четыре раза выше, чем в дерновой лесной почве, поскольку почвы открытых ландшафтов в летне-осенний период теплее, чем под лесом. Наибольшая биологическая активность отмечена на глубине до 25 см от поверхности в дерновой лесной почве и до 40 см в черноземе, с глубиной целлюлозоразрушающая способность резко падает.

В западинах отмечен очень медленный распад хлопчатобумажного полотна, хотя эти почвы обладают внушительными запасами органического вещества и высокой влажностью. Однако более низкие, чем на бугре, температуры, усиление анаэробных процессов и кислая реакция среды заторма-

Физико-химические свойства и целлюлозоразрушающая способность дерновых лесных почв и черноземов (июль–август 1991 г.)

Местоположение	Горизонт, глубина, см	Содержание гумуса, %	pH H ₂ O	N–NO ₃ по Грандваль-Ляжу, мг/кг	Влажность естественная, % от веса	Поры аэрации, % от общей порозности	Температура почв в июле, °С	Интенсивность разложения клетчатки, убыль от первоначального веса, %
<i>Дерновые лесные почвы</i>								
Лес, западина	A 6–14	8,48	5,7	2,5	62	20	19	19
	B 14–27	1,03	5,7	1,8	22	7	18	6
	[A] 27–54	2,74	5,9	2,2	20	2	18	2
Лес, бугор	A 5–10	7,55	6,1	9,4	48	39	21	31
	B 10–25	1,24	6,6	1,6	18	7	20	16
<i>Выщелоченные черноземы</i>								
Степь, западина	A 0–33	7,41	5,4	3,8	44	23	19	15
	[A] 33–108	9,71	5,6	2	30	20	15	5
Степь, бугор	A 0–15	6,64	6,4	36,8	24	32	25	87
	AB 15–40	3,48	5,8	1,5	11	36	24	30
	B 40–75	2,1	5,5	1,7	13	23	20	9

живают здесь темпы биологической активности. Убыль сухого вещества в гумусовом горизонте западины составила 19 % в дерновой лесной почве и 15 % в черноземе. Значительное содержание слабо-разложившихся органических остатков в виде опада, корней, грубого гумуса обеспечило высокую пористость гумусового горизонта дерновой лесной почвы западины и лучшую его аэрацию, что способствовало более высокой целлюлозоразрушающей способности, чем в черноземе западины.

В целом наиболее высокий темп разложения целлюлозы наблюдался на буграх — в дерновой лесной почве и в черноземе, причем в черноземе разложение клетчатки шло быстрее за счет лучшей его прогреваемости. Более глубокое проникновение целлюлозоразрушающих бактерий отмечается также в черноземе бугра, что обусловлено здесь большей гумусированностью и мощностью гумусового горизонта, чем в дерновой лесной почве. Это явление обнаружено Э. П. Поповой и Я. И. Лубите [17] при изучении целлюлозоразрушающей способности почв Красноярской лесостепи. По их данным, разложение клетчатки в серой лесной слабоподзоленной почве, которую можно приравнять к нашей дерновой лесной, происходило слабее, чем в черноземе, что связано с уровнем обеспеченности почв подвижными соединениями азота.

Бугристо-западинный рельеф, способствуя дифференциации процессов почвообразования на буграх и в западинах, оказывает существенное влияние на биологическую активность почв Предбайкалья. В результате оптимального соотношения температуры и влажности, содержания питательных элементов, прежде всего азота, целлюлозоразрушающая способность на буграх выше, чем в западинах, как в черноземах, так и в дерновых лесных почвах.

На основе данных о различиях в морфологическом строении, физико-химических свойствах, биологической активности исследуемых почв бугристо-западинного рельефа можно сделать вывод о том, что и режимы почв бугров и западин также различны. В выщелоченных черноземах дифференциация почвообразования выражена более отчетливо, поскольку это почвы открытых ландшафтов. Дерновые лесные почвы формируются в подтайге под пологом высокобонитетного разнотравного леса, в условиях достаточного увлажнения и температуры, поэтому почвообразовательные процессы здесь протекают более сглаженно.

Морфологические особенности наиболее четко отмечаются в профиле западин, так как профиль бугров представлен полноразвитыми почвами соответствующих типов. Почвы в западинах под лесом и в степи отличаются мощностью и формой залегания современных и погребенных гумусовых горизонтов. В дерновой лесной почве эти горизонты разделены малогумусной толщиной горизонта В, в черноземе же наблюдается постепенный переход тонов окраски с нарастанием ее интенсивности в погребенном горизонте, поскольку в лесной зоне пустоты в нем заполнялись за счет малогумусированного материала стенок трещин, а в степи заполнителем в значительной мере служил гумусированный материал верхних горизонтов.

В целом установлено, что палеокриогенные явления на небольшой глубине от современной поверхности оказывают существенное влияние на почвообразование, определяя ряд физических и химических свойств почв, особенности миграции в них влаги, растворенных и подвижных веществ, а также влияя на их биологическую активность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Иркутской области. — М.; Иркутск: ГУГК, 1962.
2. Жуков В. М. Климат // Предбайкалье и Забайкалье. — М.: Наука, 1965.
3. Кузьмин В. А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья. — Новосибирск: Наука, 1988.
4. Справочник по климату СССР. — Л.: Гидрометеиздат, 1966. — Вып. 22, ч. 2; 1968. — Вып. 22, ч. 4.
5. Картушин В. М. Агроклиматические ресурсы юга Восточной Сибири. — Иркутск, 1969.
6. Молодых И. И. Лессовые породы южной части Ангаро-Окинского междуречья. — Иркутск, 1958.
7. Лещиков Ф. Н. Мерзлые почвы Приангарья и Прибайкалья. — Новосибирск: Наука, 1978.
8. Воробьева Г. А. Значение позднеплейстоценовых отложений и процессов для современного почвенного покрова юга Восточной Сибири // Почвы территорий нового освоения, их режимы и рациональное использование. — Иркутск, 1980.
9. Воробьева Г. А. Возраст почв Прибайкалья // Естественная и антропогенная эволюция почв. — Пушкино, 1988.
10. Бычков В. И. Микрокомплексность почв в Южном Прибайкалье // Структура почвенного покрова и методы ее изучения. — М., 1973.
11. Афанасьева Е. А. Черноземы Среднерусской возвышенности. — М.: Наука, 1966.
12. Лебедева И. И., Семина Е. В. Почвы центрально-европейской и среднесибирской лесостепи. — М.: Колос, 1974.
13. Шульгин А. М. Климат почвы и его регулирование. — Л.: Гидрометеиздат, 1972.

14. Колесниченко В. Т. Криогенные процессы и генетические особенности лесостепных почв Предбайкалья // Информ. бюллетень. — Иркутск, 1971. — Вып. 9.
15. Большаков А. Ф. Водный режим мощных черноземов Среднерусской возвышенности. — М.: Изд-во АН СССР, 1961.
16. Бугаков П. С., Шугалей Л. С. Изучение влажности почв Красноярской лесостепи в связи с процессами замерзания и оттаивания // Материалы VIII Всес. междувед. совещания по геофизиологии. — Якутск, 1966. — Вып. 8.
17. Попова Э. П., Лубите Я. И. Биологическая активность и азотный режим почв Красноярской лесостепи. — Красноярск: Краснояр. кн. изд-во, 1975.

*Иркутский государственный
университет*

*Поступила в редакцию
29 ноября 2004 г.*