

МОРФОЛОГИЯ И ГЕНЕЗИС ГИЛЬГАЕВ

Введение

Микрорельеф (т.е. формы рельефа размером до нескольких метров), сформированный экзогенными процессами, может иметь различный генезис. И.С. Щукин называл следующие его типы: аллювиально- и эолово-аккумулятивный, водно- и эолово-абляционный, элювиально-суффозионный, мерзлотный, биогенный и микроформы, создаваемые гравитационными процессами [1]. Однако в этом перечне отсутствует еще один тип микрорельефа, изученный почвоведом и геоморфологом преимущественно в тропических и субтропических регионах [2], но встречающийся и в умеренных широтах, – гильгай.

Понятие “гильгай”

Среди разных генетических типов микрорельефа гильгай занимает особое место. Термин “gilgai” был введен в научную литературу в 30-х гг. прошлого века Дж. Прескоттом, который позаимствовал его у аборигенов Нового Южного Уэльса Австралии, использовавших термин для обозначения распространенного там микрорельефа [3]. Одной из причин достаточно широкого развития подобных форм в Австралии считается исторически сложившийся уклад жизни аборигенов, которые не занимались сельским хозяйством, что позволило сохранить обширные участки гильгаев до наших дней [4]. Именно в Австралии этот микрорельеф наиболее глубоко изучен и описаны его разнообразие формы [4–5]. Первоначально морфологически различные формы имели собственные названия, однако затем они были объединены общим термином “гильгай” [6]. Интернациональным этот термин стал в 50-х гг. прошлого века, после его включения в американское руководство по описанию почв [7]. В России гильгаи определены как чередование повышений и понижений, характерных для ландшафтов с глинистыми почвами (вертисолями или слитоземами), обладающими повышенной способностью к набуханию и распространенными в климатических условиях с континентальным режимом осадков [8].

Морфология

В строении гильгаев выделяют два или три элемента: повышение (бугор), склон (уступ) и понижение (западина). По их площадному соотношению выделено 4 основных типа гильгаев [7] (рис. 1). Под буграми, а иногда под склонами или седловинами наблюдаются выпучивания (внедрения, интрузии) нижележащего материала. Они могут быть различной ширины и формы и иногда достигают поверхности почвы (рис. 2). Существует ряд терминов для их обозначения (chimney, involution, protrusion, diaper, mukka). Выпучивания сопровождаются формированием плоскостей скольжения, называемых зеркалами скольжения или сликенсайдами (рис. 2).

По амплитуде, т.е. вертикальному перепаду высот между вершиной повышения и дном западины, различают малые (до 15 см), средние (до 65 см) и большие гильгаи; наиболее часто в литературе описываются формы с амплитудой 30–35 см. В Австралии известны так называемые “гигантские гильгаи” с амплитудой до 1 м и более [9]. Латеральные размеры гильгаев варьируют от 2–3 до 7 м, а иногда и более 100 м.

По морфологии гильгаи бывают нормальные (или округлые), линейные или волнистые, сетчатые, прямоугольные, удлиненные прямолинейные и др. [4]. Отмечена приуроченность нормальных гильгаев к равнинным территориям, а линейных – к склоновым; сетчатые гильгаи интерпретируются как переходный тип [7]. Выска-

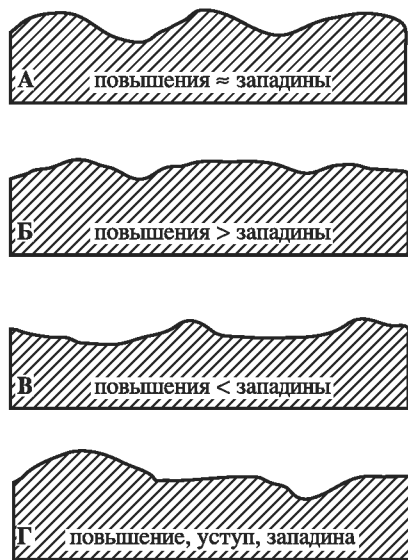


Рис. 1. Основные типы гильгаев по соотношению площадей элементов [7]

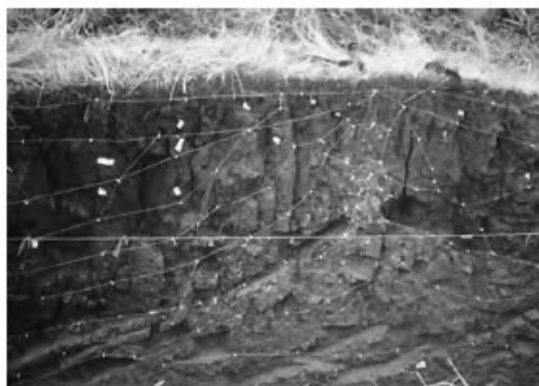


Рис. 2. Внутреннее строение гильгаев (фото автора)
Левая часть фото – западина, правая часть – бугор с выпучиванием нижележащего материала. Видны вскрытые плоскости скольжения – сликенсайды, указывающие направление выпучивания материала. Горизонтально натянутая бечевка отмечает глубину 100 см от поверхности бугра

зывались предположения о возможности эволюционирования одного типа гильгаев в другой, в частности, западинных гильгаев в нормальные (или округлые) через стадию волнистых [10]. Предположительно, аналогично микрорельефу полярных регионов в тропических гильгаях формирование округлых, волнистых или сетчатых форм также обусловлено рельефом территории, в частности, склоновыми процессами [11].

Распространение и механизм формирования

Гильгаи приурочены к ареалам вертисолей, т.к. именно эти почвы обладают способностью к сильному набуханию за счет своего глинистого состава и обогащенности разбухающими глинистыми минералами (рис. 3). В целом можно говорить, что

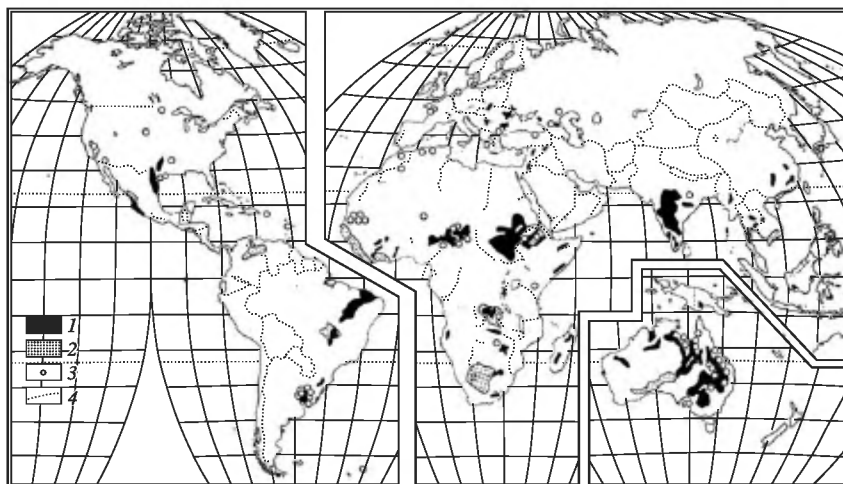


Рис. 3. Карта мира с указанием ареалов распространения вертисолей как доминирующих (1) и сопутствующих (2) почв [по 15], гильгаев (3) [по 9, с дополнениями автора] и границ государств (4)



Рис. 4. Гильгаи в различных регионах и геоморфологических позициях

А – терраса р. Бразос, Техас, США (фото автора), Б – пологий склон (перегиб склона) увала в Центральном Предкавказье, Россия (фото автора), В – высокогорья Руанды (фото К. Матье, Франция)

гильгаи встречаются преимущественно в тропическом и субтропическом климате, однако их распространение не ограничивается этими зонами: они описаны и в гумидных, и в аридных условиях. Х. Оакс и Дж. Торп, впервые характеризуя вертисоли и гильгаи в США, отметили, что гильгаи встречаются в гумидных и субгумидных условиях [12]. По другим наблюдениям, этот микрорельеф лучше выражен в субгумидных или семиаридных условиях [13], также отмечена прямая зависимость между частотой и интенсивностью сезонного переувлажнения и выраженностью гильгаев [14]. Оценка распространения микрорельефа в целом осложняется тем, что частично он был уничтожен или значительно трансформирован при сельскохозяйственном освоении территорий.

Гильгаи встречаются на различных макроформах рельефа и в широком диапазоне абсолютных высот. Имеется много данных об их распространении на аллювиальных равнинах и в нижних частях склонов [5]; они часто фиксируются на поймах и дельтах рек, на прибрежных или приозерных низменных территориях [15–17]. В Предкавказье гильгаи обнаружены на перегибах склонов увалов [18]. Однако известны они и на высотах около 1600 м, например, в Руанде (персональное сообщение К. Матье) (рис. 4).

Ранее гильгаи включались в число диагностических признаков выделения вертисолей как особого типа почв. Но по мере накопления материалов обнаружилось, что многие из вертисолей не сопровождаются специфическим микрорельефом поверхности. В таком случае следует полагать, что необходимы дополнительные факторы, приводящие к

формированию микрорельефа. Основная гипотеза его происхождения сводится к роли растрескивания набухающих грунтов. Гильгаи считаются результатом активного проявления процессов усадки (растрескивания), набухания (увлажнения) и латеральных сдвигов в результате засыпания рыхлого поверхностного материала в открытые трещины и последующего избыточного давления снизу (после увлажнения и набухания).

Этот процесс вертикального перемешивания был назван глинистыми педотурбациями (рис. 5). Однако интерпретации этого процесса варьируют. Так, В. Неттлтон с соавторами считает, что при увлажнении вдоль трещин вверх выталкивается плотный сухой блок [19]. По другой гипотезе гильгаи связаны с необратимым растрескиванием ила (вызреванием) по мере обсыхания обводненной территории [20]. Эта гипотеза распространялась на гильгаи аккумулятивных – озерных, морских или болотных – ландшафтов [15]. Ряд гипотез описан в [21]:

- различия в набухающей способности слоев (эта гипотеза учитывает основную версию, а также факт, как правило, более высокой способности к набуханию нижних горизонтов почв);

- дифференцированная нагрузка (эта же теория использовалась ранее в геологии для объяснения формирования диапировых складок – куполообразных антиклинальных складок со смятым ядром, образующихся при выдавливании снизу высокопластичных пород);

- комбинированная теория образования микрорельефа гильгаи и интрузий при дифференцированных нагрузках и различиях в пластичности слоев. Эта модель подразумевает, что гильгаи могут формироваться при наличии двучленности отложений, когда слои отличаются по набуханию и пластичности.

Таким образом, несмотря на то, что нет сомнений в связи гильгаев с процессами усадки и набухания, не все разбухающие почвы – вертисоли – сопровождаются этим микрорельефом, и процесс формирования гильгаев до конца не выяснен [22].

По материалам изучения гильгаев в Австралии установлено пять основных факторов, влияющих на размер и геометрию этого микрорельефа [4]:

- увеличение набухания с глубиной, что важно для возможности образования широких трещин в нижних горизонтах. Этому же может способствовать растительность с глубокой корневой системой;

- размер агрегатов в каждом почвенном горизонте. Особое значение придается формированию тумбовидных отдельностей в подповерхностном горизонте;

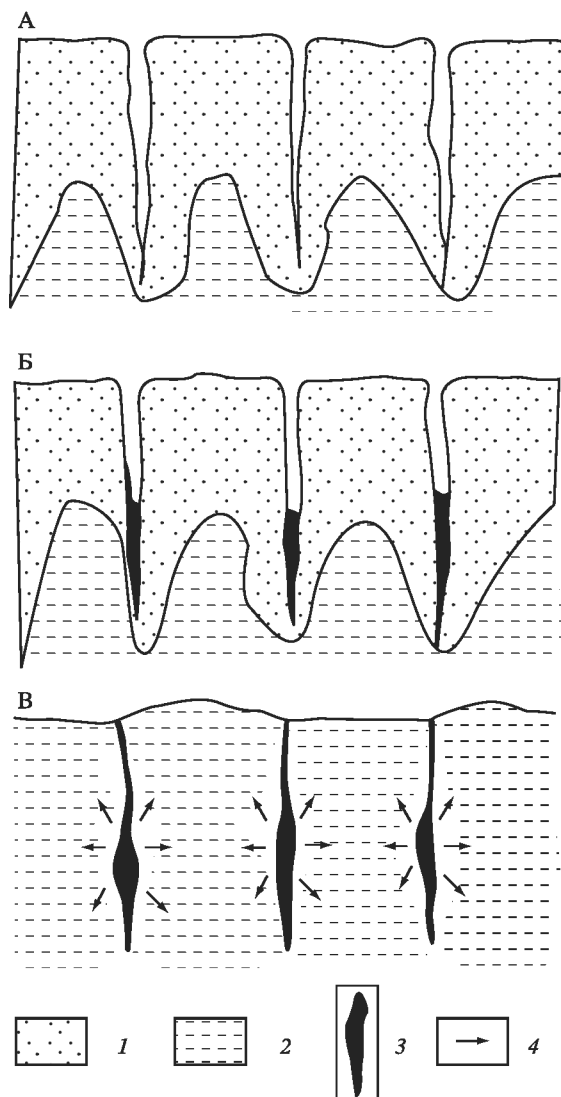


Рис. 5. Механизм образования гильгаев при педотурбациях [по 6]

Почва: 1 – сухая, 2 – влажная; 3 – трещины, заполненные поверхностным мелкоземом; 4 – направление давления при набухании

- цикличность увлажнения: в условиях переувлажнения и недостаточного просыхания гильгаи не формируются. Оптимальные условия для их формирования – субгумидный климат; каменистые гильгаи формируются в аридном климате благодаря спорадическому переувлажнению сильными ливнями;
- вертикальное изменение гидролитической проводимости;
- вертикальное изменение пластичности: выдавливание пластичного материала нижних горизонтов между блоками плотного верхнего.

По нашим наблюдениям, при справедливости всего вышесказанного особое значение имеет грунтовая подпитка почв влагой. При отсутствии периодической грунтовой подпитки гильгаи не формируются. Именно этим, на наш взгляд, можно объяснить то, что гильгаи встречаются не во всех вертисолях, однако часто описываются в аккумулятивных ландшафтах или приурочены к перегибам склонов. Гильгаи формируются в условиях контрастного климата, но при наличии грунтовой подпитки, способствующей набуханию нижележащего материала и его медленному постепенному латеральному выдавливанию вверх. Выясняется также определенная приуроченность гильгаев к поверхностям выравнивания и педиментам. В пределах участков этих денудационных равнин на поверхность нередко выходят древние глинистые отложения. Они являются водоупорами, и к ним приурочены верховодка и выходы грунтовых вод. Таким образом, в областях распространения денудационных равнин имеются необходимые условия для формирования микрорельефа гильгай. Примером этому могут быть гильгаи, изученные автором на увалах Центрального Предкавказья [18]. О роли грунтовой подпитки в формировании гильгаев свидетельствуют и другие примеры на территории России, в частности, Волго-Ахтубинская пойма [23]. Процесс педотурбаций (т.е. засыпание материала верхних горизонтов в открытые трещины с последующим вертикальным перемешиванием), который считается основным при формировании гильгаев, осуществляется во всех вертисолях. Однако нередко его результатом является гомогенизация почвенной толщи в пределах глубины растрескивания, в частности, глубокий монотонный гумусовый профиль вертисолей, а не возникновение микрорельефа.

Роль гильгаев в ландшафте

Гильгаи играют немаловажную роль в ландшафте, что прежде всего связано с поверхностным перераспределением и аккумуляцией влаги. В результате перераспределения влаги западины гильгаев в той или иной степени переувлажнены, а повышения – относительно засушливы. В тропических и субтропических условиях гильгаи накапливают влагу после ливневых дождей и муссонов. В условиях умеренного климата, например, в упоминавшемся Предкавказье, западины накапливают воду и остаются переувлажненными на протяжении нескольких месяцев после снеготаяния [18]. Результаты перераспределения влаги проявляются даже в аридных условиях.

Данный процесс приводит к формированию комплексности растительного и почвенного покровов. Для повышений гильгаев характерно преобладание ксерофитных видов, а мезо- или гигрофитные виды доминируют в западинах [5, 24–26]. А.М. Ермаков, проведя детальное ботаническое изучение растительности гильгаев Предкавказья, обнаружил значительное разнообразие экологического состава видов, дифференциацию распределения ценотических групп и эколого-биологического состава растительного вещества (рис. 6, 7). Растительный покров был охарактеризован как лугово-болотный комплекс. Сокращение численности видов на склонах и в западинах, по-видимому, связано с избыточным увлажнением данных участков, этим же объясняется и повышенная продуктивность на этих элементах микрорельефа. Ботанический и фитолиитный анализ выявили на территории гильгаев наличие реликтовых бореальных и лесных видов растений, отсутствующих в современном растительном покрове Предкавказья [26]. Это свидетельствует о своеобразной роли гильгаев в сохранении реликтовых видов и создании особых экологических условий в их пределах.

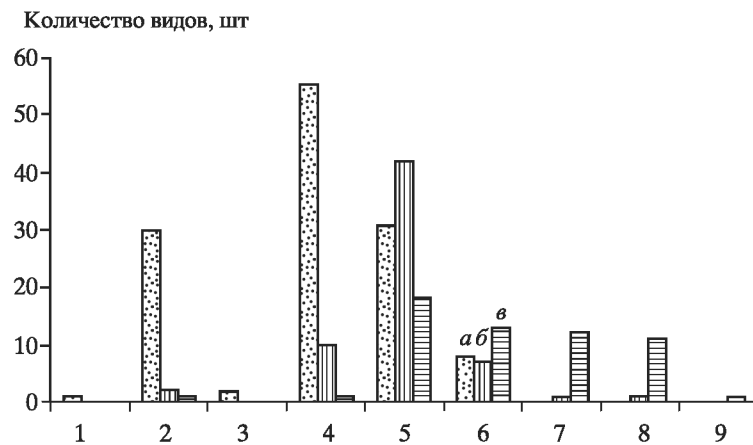


Рис. 6. Распределение экологических групп растений по геоморфологическим элементам гильгаев [26]
 1 – ксерофиты, 2 – ксеромезофиты, 3 – эвриксерофиты, 4 – мезоксерофиты, 5 – мезофиты, 6 – эвримезофиты, 7 – эвмезофиты, 8 – мезогигрофиты, 9 – гигрофиты; а – бугор, б – микросклон, в – западина

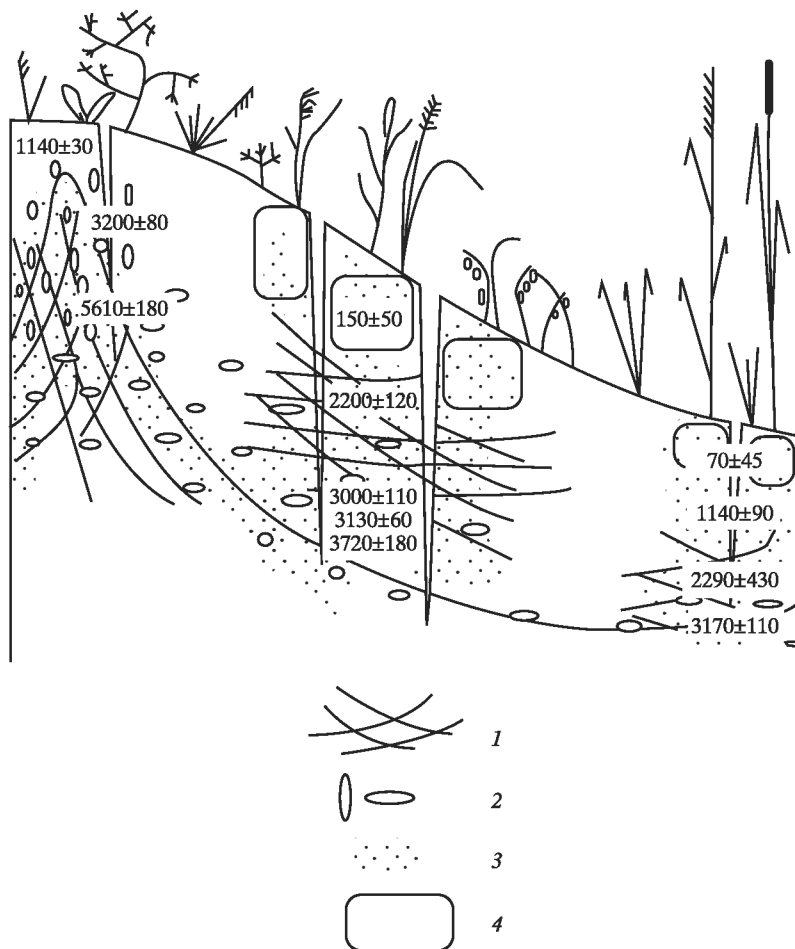


Рис. 7. Схематическое строение гильгайного почвенно-растительного комплекса с указанием места отбора образцов и результатов ^{14}C -датирования
 1 – slickensайды; новообразования: 2 – карбонатные, 3 – железистые; 4 – глыбисто-блочные отдельности

При распашке и использовании гильгаев в сельском хозяйстве возникают определенные трудности, поскольку, во-первых, известно, что гильгаи восстанавливаются после распашки и выравнивания [11], а во-вторых, микрорельеф может негативно сказываться на посевах в связи с переувлажнением в западинах и возможной концентрацией токсичных солей на повышениях в связи с испарением. Негативный эффект микрорельефа отмечался даже через 30 лет после начала распахивания [25].

Изучение почвенного покрова в траншеях под гильгаями выявило значительную латеральную неоднородность. Это проявляется в описанной выше цикличности горизонтов и интрузиях, а также в распределении содержания органического вещества, карбонатных новообразований и дифференциации других химических и физических почвенных свойств, включая не только лабильные, но и наиболее устойчивые, например, минералогический состав [18]. Различия почвенных профилей западин и повышений гильгаев могут быть незначительными, или, напротив, очень резкими, в частности, это наблюдается под разными типами гильгаев [4]. Например, изменение $C_{орг}$ от западин к повышениям составили в среднем для пяти разрезов от 2.9 до 9.0% [27]. Обычно хорошо прослеживаются различия в pH почвы западины и повышения, но в некоторых типах гильгаев они составляет лишь 0.1–0.2 ед., а под каменистыми гильгаями различия могут и отсутствовать [4].

В случае максимальной выраженности различия в физико-химических свойствах почв могут проявляться на уровне почвенного типа, в связи с чем был предложен термин “гильгайный комплекс” [14, 28, 29].

Возраст и эволюция

Говоря о разнообразии морфологии и размеров гильгаев, возникает вопрос: все ли гильгаи современные, т.е. развиваются в настоящее время, или могут существовать реликтовые формы?

Предположительно, некоторые гильгаи Австралии в настоящее время не развиваются, а их возникновение связано с определенными периодами плиоцена и плейстоцена [4 со ссылкой на Ward (1966)]. На наш взгляд, в зависимости от возраста микрорельефа могут существовать как молодые, так и древние, реликтовые гильгаи. Логично предположить, что в современных аккумулятивных ландшафтах (поймы, низкие террасы, аккумулятивные части склонов, где накапливаются продукты выветривания монтмориллонитового состава) гильгаи более молодые или современные. Древние (fossil) каменистые и гигантские гильгаи отмечались в Австралии [4]. Одним из показателей их древности авторы считают отсутствие явного усиления набухания с глубиной, необходимого для осуществления выпучивания при усадке-набухании.

Наши исследования гильгаев, приуроченных к перегибам склонов увалов и наклонным площадкам педиментов с характерными выходами третичных – палеогеновых и неогеновых глин в Предкавказье, позволяют интерпретировать их так же, как реликтовые. Была разработана схема эволюции почвенного покрова гильгайных комплексов в соответствии с развитием микрорельефа, как основного фактора дифференциации почвенного покрова [29]. В зависимости от соотношения процессов выпучивания и поверхностной эрозии, которые, в свою очередь, зависят от литологии, растительного покрова и климата, микрорельеф может эволюционировать конструктивно или деструктивно – т.е. развиваться, поддерживаться в равновесном состоянии или “стираться” (выполаживаться). Почвенный покров и свойства почв при этом могут выступать индикаторами направленности развития гильгаев: контрастный почвенный покров с выраженными различиями в свойствах почв на месте повышения, микро-склона и понижения гильгаев указывает, что гильгаи существуют давно и, возможно, уже неполаживаются. В случае слабо выраженной комплексности почвенного покрова наиболее вероятно предположить, что гильгаи находятся на стадии возникновения, и что значительной амплитуды микрорельеф еще не достигал.

По данным ^{14}C -датирования органического вещества был установлен голоценовый возраст почв гильгайного комплекса Центрального Предкавказья [30]. На фоне нормального тренда удревнения ^{14}C -возраста с глубиной обнаружилось значительное латеральное варьирование возраста, обусловленное приуроченностью к различным элементам микрорельефа, т. е. появление зон удревнения и омоложения (рис. 7). Различия в ^{14}C -возрасте сопоставимых почвенных горизонтов составили от 1 до 3 тыс. лет и связаны с современным функционированием комплекса. Во-первых, из-за поверхностного перераспределения поступающей влаги почва западины получает дополнительное увлажнение и на значительную глубину подвержена воздействию современных растворов. В результате поступающее с растворами органическое вещество вызывает омоложение радиоуглеродного возраста почв западин. С другой стороны, медленное выдавливание нижних горизонтов при микросдвиговых явлениях прослеживается в почвах бугров вплоть до поверхности. Этот процесс сопровождается подъемом нижней части гумусового горизонта. Таким образом, более древнее органическое вещество оказывается в почве бугра поднятым на большую высоту по сравнению с почвами микросклона и микропонижения. Оказавшись в верхней толще, оно к тому же слабее испытывает омолаживающее воздействие современных растворов, т. к. основные колебания влажности отмечены в почве микроповышения лишь до глубины 60 см. Морфология почв, выраженная комплексность почвенного покрова и приуроченность гильгаев к педиментам позволяют заключить, что, несмотря на голоценовый радиоуглеродный возраст органического вещества почв, эти гильгаи древние, заложенные в доголоценовое время.

Заключение

Гильгай – особый тип микрорельефа, формирование которого связано с медленным постепенным выпиранием материала нижних горизонтов при чередовании усадки и набухания в глинистой разбухающей почве. В рамках генетической систематизации рельефа его можно отнести к гидрогенному комплексу (наряду с криогенным, карстовым, суффозионным и другим микрорельефом). Основное отличие гильгаев, по которому можно их идентифицировать, – наличие плоскостей скольжения (сликенсаидов), наглядно демонстрирующих направление движения (постепенного латерального выпучивания) почвенной массы.

Гильгаи характеризуются рядом признаков, свойственных микрорельефу вне зависимости от генезиса: это внешняя морфология – размеры и форма. Типология, разработанная для гильгаев, вполне соответствует общей классификации типов микрорельефа. Гильгаи во многом сходны с микрорельефом иного генезиса, прежде всего с полигонально-валиковым или бугристо-западинным криогенным микрорельефом. В связи с этим в регионах воздействия современных или древних мерзлотных процессов гильгаи исторически просто могли быть не идентифицированы. Проводят параллели между линейными и каменистыми гильгаями склонов и крипом, т. е. гравитационным механизмом формирования. На наш взгляд, механизм формирования гильгаев наиболее близок к гидролакколитами. Но в отличие от последних, где выпучивание происходит при увеличении объема за счет льда, в гильгаях увеличение объема обеспечивается набуханием нижних горизонтов глин за счет высокой доли разбухающих минералов и дополнительной грунтовой подпитки влагой.

Дискуссионным, видимо, следует считать указание на одинаковый генезис нормальных (округлых) гильгаев с преобладанием бугров и гильгаев, состоящих преимущественно из западин. Последние морфологически скорее соответствуют просадочному (или суффозионному) микрорельефу, тогда как первые созданы выпучиванием подстилающего грунта. Вероятно, этот вопрос требует дальнейшего анализа с проведением тщательного изучения внутреннего строения гильгаев в траншеях. Не исключено, как уже отмечалось ранее [31], что в обобщенный термин “гильгай” были включены все возможные варианты микрорельефа глинистых почв, в том числе помимо истинных гильгаев (т. е. связанных с усадкой и набуханием) и микрорельеф,

обусловленный биогенными процессами, криогенным растрескиванием, просадками, крипом.

Единичные гильгаи были описаны на территории России и СНГ, однако дальнейшие специализированные исследования могут их выявить в других регионах юга России и сопредельных стран. Так, по литературным данным, по-видимому, именно к гильгаям можно отнести специфический микрорельеф с амплитудой 0.5–1 м и линейными размерами 3–4 × 1–1.5 м в северо-западной части Казахстана [32] и “солонцово-меловые полигоны” высотой до 0.5 м и диаметром около 5 м, разбитые трещинами, обнаруженные на Южном Урале [33]. Весьма желательно дополнительное изучение этих регионов, где также распространены глинистые разбухающие почвы.

Пока же ограниченность знаний о гильгаях и, напротив, широкая известность криогенных форм приводит к таким казусам, как прямая аналогия типичных гильгаев, развитых на вертисолях в Кении, с характерными для северных регионов структурными грунтами (patterned ground), с вытекающими ошибочными выводами о современном протекании криогенных процессов вблизи экватора, а также их скором исчезновении или переходе в категорию реликтовых в связи с глобальным потеплением климата [34, с. 32].

Приведенные выше данные о распространении, строении и эволюции гильгаев вносят свой вклад в изучение механизмов формирования наклонных денудационных равнин типа педиментов и открывают новые пути в совместном изучении этих явлений почвоведом и геоморфологами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шукин И.С.* Геоморфология суши. М.: Изд-во МГУ, 1964. Т. 2. 564 с.
2. *Cooke R.U., Warren A.* Geomorphology in Deserts. B. T. London, Bastford Ltd, 1975. 394 p.
3. *Prescott J.A.* The soils of Australia in relation to climate. C.S.I.R. (Aust). 1931. Bul. № 52.
4. *Hallsworth E.G., Beckmann G.G.* Gilgai in the Quaternary // Journ. Soil Sci. 1969. V. 107 (6). P. 409–419.
5. *Thompson C.H., Beckmann G.G.* Gilgai in Australian Black Earths and some of its effects on plants // Tropical Agriculture (Trinidad). 1982. V. 59. P. 149–156.
6. *Hallsworth E.G., Robertson G.K., Gibbons F.R.* Studies in pedogenesis in New South Wales. The gilgai soils // Journ. Soil Sci. 1955. V. 6. P. 1–32.
7. *Paton T.R.* Origin and terminology for gilgai in Australia // Geoderma. 1974. V. 11. P. 221–242.
8. *Котляков В.М., Комарова А.И.* География. Понятия и термины. Пятиязычный академический словарь. М.: Наука, 2007. 859 с.
9. *Vergier F.* Un microrelief provoqué par l’alternance dessication/humidification: les gilgaïs // Sécheresse. 1994. V. 5. P. 211–217.
10. *Harris S.A.* The gilgaed and bad-structured soils of central Iraq // Journ. Soil Sci. 1958. V. 9 (2). P. 169–185.
11. *Young A.* Tropical soils and survey. Cambridge Geographical Studies 9. Cambridge University Press, 1976. 468 p.
12. *Oakes H., Thorp J.* Dark-clay soils of warm regions variously called rendzina, black cotton soils, regur, and tirs // Selected papers in soil formation and classification. SSSA, Madison, Wisconsin. 1967. P. 136–149.
13. *Wilding L.P., Tessier D.* Genesis of Vertisols: shrink-swell phenomena // Vertisols: their distribution, properties, classification and management. College Station. Texas A&M, Tech. Mono. 1988. № 18. P. 55–81.
14. *Beckmann G.G., Hubble G.D., Thompson C.H.* Gilgai forms, distribution and soil relationships in north-eastern Australia // Proc. Symp. Soils and Earth Structures in Arid Climates (Adelaide, 1970). 1971. P. 116–121.
15. *Dudal R.* Dark clay soils of tropical and subtropical regions. Rome, FAO, 1965. 161 p.
16. *Ковда И.В., Моргунов Е.Г., Уильямс Д., Линн У.* Почвенный покров гильгайных комплексов: особенности развития в субтропическом и умеренном климате // Почвоведение. 2003. № 11. С. 1310–1325.
17. *Nordt L.C., Wilding L.P., Lynn W.C., Crawford C.C.* Vertisol genesis in a humid climate of the coastal plain of Texas, USA // Geoderma. 2004. V. 122. P. 83–102.

18. Ковда И.В., Моргул Е.Г., Алексеева Т.В. Формирование и развитие почвенного покрова гильгай (на примере Центрального Предкавказья) // Почвоведение. 1992. № 3. С. 19–34.
19. Nettleton W.D., Peterson F.F., Borst G. Micromorphological evidence of turbation in Vertisols and soils in vertic subgroups // Soil Micromorphology. V. 2. Soil Genesis. Rothamsted: Academic Publishers, 1983. P. 441–458.
20. Edelman C.H., Brinkman R. Physiography of gilgai soils // Soil Sci. 1969. V. 94. P. 366–370.
21. Beckmann G.G., Thompson C.H., Richards B.R. Relationships of soil layers below gilgai in black earths / The properties and utilization of cracking clay soils // Rev. in Rural Science. 1981. V. 5. P. 64–72.
22. Hubble G.D., Isbell R.F., Northcote K.H. Features of Australian soils // Soils: an Australian viewpoint. Melbourne: Division of Soils, CSIRO. 1983. P. 17–47.
23. Корнблюм Э.А., Козловский Ф.И. Слитые почвы Волго-Ахтубинской поймы как аналог черных слитых почв тропиков и субтропиков // География и классификация почв Азии. М.: Наука, 1965. С. 165–178.
24. Russel J.S., Moore A.W., Coaldrake J.E. Relationships between subtropical semiarid forest of *Acacia Harpophylla* (Brigalow), microrelief and chemical properties of associated gilgai soil // Austr. Journ. Bot. 1967. V. 15. P. 481–489.
25. Wilding L.P., Williams D., Miller W. et al. Close interval spatial variability of Vertisols: A case study in Texas // Characterization, Classification, and Utilization of Cold Aridisols and Vertisols. Proc. Sixth Int. Soil Correlation Meeting, USDA-SCS, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. 1990. P. 232–247.
26. Ковда И.В., Ермолаев А.М., Гольева А.А., Моргул Е.Г. Реконструкция элементов развития ландшафта с участием слитоземов по данным ботанического и биоморфного анализа // Изв. РАН. Сер. биол. № 3. С. 367–377.
27. Templin E.H., Mowery I.C., Kunze G.W. Houston Black Clay, the type Grumosol. Part I. Field morphology and geography // Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1956. V. 20. № 1. P. 88–90.
28. Фридланд В.М. Структуры почвенного покрова мира. М.: Мысль, 1984. 235 с.
29. Ковда И.В., Уалдинг Л.П. Вертисоли: проблемы классификации, эволюции и пространственной самоорганизации // Почвоведение. 2004. № 12. С. 1507–1518.
30. Kovda I., Lynn W., Williams D., Chichagova O. Radiocarbon age of vertisols and its interpretation using data on gilgai complex in the North Caucasus // Radiocarbon. 2001. V. 43. № 2B. P. 603–609.
31. Paton T.R., Humphreys G.S., Mitchell P.B. Soils. A new global view. New-York: Routledge, Taylor & Francis Group, 1995. 213 p.
32. Разумова В.Н. Кора выветривания северо-западной части Казахского нагорья // Кора выветривания. М.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 2. С. 272–298.
33. Чибилёв А.А. Бассейн Урала: история, география, экология. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 312 с.
34. Jones A., Stolbovoy V., Tarnocai C. et al. Soil Atlas of the Northern Circumpolar region. Luxembourg: European Commission, Publ. office of the EU, 2010. 144 p.

Ин-т географии РАН

Поступила в редакцию
29.06.2010

MORPHOLOGY AND GENESIS OF GILGAI

I.V. KOVDA

Summary

Gilgai morphology, genesis, distribution and role in the landscape are described on the base of literature data and personal investigations. Gilgai is a specific type of microrelief, formed by slow uplift and intrusion of a subsoil material due to swelling resulted from alternating drying and wetting. In terms of genetic classification of landforms gilgai could be classified as hydrogenic microrelief together with cryogenic, karst and suffusion microrelief. Gilgai may be identified and distinguished from the other types of microrelief by the presence of slickensides – slip planes demonstrating the direction of the vertical and lateral shearing. Gilgai are mostly presented in tropical and subtropical regions, but were also found in Russia and the former USSR.