

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Научная статья

УДК 631.44.06

doi: 10.17223/19988591/70/1

Почвенные катены лесостепи Западной Сибири

Иван Николаевич Семенков¹, Егор Дмитриевич Николаев²,
Полина Романовна Енчилик³, Мария Валерьевна Конюшкова⁴

^{1, 2, 3, 4} *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия*

¹ *semenkov@geogr.msu.ru*

² *alkan001@mail.ru*

³ *polimail@inbox.ru*

⁴ *mkon@inbox.ru*

Аннотация. Закономерности миграции в сопряженном ряду почв можно оценить на основе данных о латеральной дифференциации веществ и почвенных свойств. Для этого необходимо обозначить центральные образы катен, т. е. произвести типизацию. Изучение катен в различных условиях позволяет лучше понять процессы почвообразования, миграции веществ и их зависимость от внешних факторов. Понимание особенностей миграции и аккумуляции веществ в зависимости от природных факторов способствует более эффективному управлению ресурсами и охране окружающей среды. В статье рассмотрены основные и наиболее известные принципы классификации катен. Базируясь на подходах И.С. Урусевской и М.Д. Богдановой с использованием геоинформационного анализа и серии мелкомасштабных карт (рельефа, почвообразующих пород, почв и растительности), систематизированы ландшафтные катены лесостепи Западной Сибири. В пределах рассматриваемого региона выделено 38 вариантов катен. По занимаемой площади доминируют катены, в которых выровненные позиции междуречья занимают черноземы под разнотравно-злаковыми лугами или темно-серые почвы под разнотравно-злаковыми лугами и подтаежными осиново-березовыми лесами. Разнообразие катен максимально на наклонных и ступенчатых равнинах и минимально на наиболее приподнятых восточной и западной частях лесостепи Западной Сибири. Среди трех пар катен со сходным набором и последовательностью почв типологические отличия связаны с рельефом местности или литологией (генезисом или гранулометрическим составом почвообразующих пород). Составы растительности и почв очень тесно коррелируют друг с другом: только 3 пары катен с одинаковым почвенным покровом отличаются по составу растительности. Различие заключается в формировании более сложных сопряжений в центральной и западной части региона. Здесь в локальных понижениях рельефа формируются солоды под березняками или осинниками. В восточной части региона повышенные элементы рельефа занимают подтаежные высокотравные леса на серых почвах. Разработанная типизация катен верифицирована данными полевых исследований на 7 ключевых участках.

Ключевые слова: лессовидные суглинки, рельеф, мелкомасштабное картографирование, почвенный покров, растительность

Источник финансирования: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проекты № 22-27-00329 и 17-77-20072).

Для цитирования: Семенов И.Н., Николаев Е.Д., Енчилик П.Р., Конюшкова М.В. Почвенные катены лесостепи Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2025. № 70. С. 6–25. doi: 10.17223/19988591/70/1

Original article

doi: 10.17223/19988591/70/1

Catenas at the forest-steppe in Western Siberia

Ivan N. Semenov¹, Egor D. Nikolaev², Polina R. Enchilik³,
Mariya V. Konyushkova⁴

^{1, 2, 3, 4} *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*

¹ *semenkov@geogr.msu.ru*

² *alkan001@mail.ru*

³ *polimail@inbox.ru*

⁴ *mkon@inbox.ru*

Summary. To simulate the downward movement of pollutants across landscape catenas, it is essential to gather information regarding the chemical properties of soils along the migration pathways of these substances. Consequently, the classification of catenas becomes challenging due to the necessity of considering numerous factors.

In this article, we discuss the primary and most well-known principles for classifying catenas (*see Table 1 and Tables 1-4 in the Supplement 1*). To investigate the catenas of the forest-steppe region in Western Siberia, we employed GIS analysis to integrate soils and soil-forming factors, along with a series of thematic maps (*see Fig. 1 in the Supplement 2*). Utilizing the methodologies developed by Inga S. Uruvskaya and Maria D. Bogdanova, as well as GIS analysis and a collection of small-scale maps depicting relief, parent materials, soils, and vegetation, we cataloged the landscape catenas in the forest-steppe of Western Siberia. From these combinations, we compiled a matrix, with its columns and rows containing information about relief and parent materials, which vary in texture, the content of carbonates, gypsum, and easily soluble salts (*see Fig. 2 in the Supplement 2*). The typification of catenas in the forest-steppe of Western Siberia was validated through field research conducted in seven key areas (*see Table 2 and Table 5 in the Supplement 1*). The soils and vegetation identified in the field studies corresponded to the dominant landscape catenas of the target territories.

Within the region under consideration, 38 variants of landscape catenas have been identified. Among these, catenas featuring Chernozems under herbaceous grass meadows and Phaeozems under herbaceous grass meadows and subtaiga aspen-birch forests predominantly occur in elevated topography on loess plains (*see Fig. 1*). In the slopes, these soils are replaced by clay-illuvial Chernozems (Haplic Chernozems) or gray gleyic soils (Phaeozems), as well as solonetz (which can also be found in the summit position) and marsh soils (Histic Gleysols). From west to east, the prevalence of catenas with Phaeozems in the summit position diminishes; west of the Irtysh River, they are nearly entirely supplanted by catenas with Chernozems. The northeastern part of the Ob-Irtysh interfluvium (located in the southern Vasyugan Plain and northern Baraba Lowland) experiences considerable soil waterlogging, resulting in the formation of Planosols and Gleysols even on watersheds. To the east, Gleysols and Pla-

nosols (exhibiting signs of salinity and solonchetsity) occupy a predominantly subordinate position in the topography. The least contrasting catenas are characteristic of the extreme eastern and western parts of the Western Siberian forest-steppe. In the flat areas of the Western Siberian forest-steppe, herbaceous grass communities predominantly occur on Phaeozems and Chernozems. The smallest territories, located in the extreme northeast, are occupied by subtaiga pine forests with tall grasses, which are confined to catenas with Phaeozems. The diversity of landscape catenas is greatest on inclined and stepped plains and least in the elevated eastern and western parts of the forest-steppe in Western Siberia. Three pairs of catenas were identified, each exhibiting a similar set and sequence of soils, but differing in the genesis of parent materials or topography (two pairs) and texture (one pair). The composition of vegetation and soils is closely correlated. Only three pairs of catenas with identical soil cover differ in their vegetation composition. This variation is attributed to the absence of birch-aspen associations in catenas located in depressions occupied by Planosols, or it resulted from the presence of subtaiga forests with tall grasses on catenas with Phaeozems situated on elevated topography in the eastern part of the forest-steppe in Western Siberia.

The article contains 1 Figure, 2 Tables, 2 Supplements, 45 References.

Keywords: Arenosols, black soils, loess-like loams, salinization, Phaeozems, Planosols, small-scale mapping, soil cover, toposequence

Fundings: the work was supported by the Russian Science Foundation (project No. 22-27-00329 and 17-77-20072).

For citation: Semenov IN, Nikolaev ED, Enchilik PR, Konyushkova MV. Catenas at the forest-steppe in Western Siberia. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2025;70:6-25. doi: 10.17223/19988591/70/1

Введение

Закономерности миграции в сопряженном ряду почв можно оценить на основе данных о латеральной дифференциации веществ и почвенных свойств. Для этого необходимо обозначить центральные образы катен, т. е. произвести типизацию. Изучение катен в различных условиях позволяет лучше понять процессы почвообразования, миграции веществ и их зависимость от внешних факторов. Эти знания могут быть использованы для моделирования процессов массообмена между участками, располагающимися на разных гипсометрических отметках. Понимание особенностей миграции и аккумуляции веществ в зависимости от природных факторов способствует более эффективному управлению ресурсами и охране окружающей среды. Одним из современных подходов в исследованиях моделирования перемещения потенциальных и реальных загрязнителей по элементам рельефа является анализ катен, объединяющих почвы сопряженного ряда ландшафтов внутри геохимических арен, соответствующих соле- и водосборным бассейнам различного уровня [1–3].

Термин «почвенная catena» ввел в литературу Г.А. Милн в 1936 г. [4], хотя закономерную смену в пространстве сопряженных по элементам рельефа почв впервые описал С.С. Неуструев в 1915 г. [5]. Позднее стали выделять почвенные [6, 7], почвенно-геохимические [1, 8], ландшафтные [9]

и ландшафтно-геохимические катены [1–3, 10]. Классифицирование катен сложно за счет необходимости учета множества разнообразных факторов. В ряде случаев существующие группировки катен являются не классификациями в строгом понимании, а выполняют роль легенды к картам.

На данный момент в пределах России систематизированы почвенные катены российского Нечерноземья [7] и почвенно-геохимические катены Восточно-Европейской [10] равнины, тундр и тайги бассейна Оби [11]. Для лесостепи Западной Сибири такая каталогизация отсутствует. Хотя катены лесостепных ландшафтов этого [12–16] и других регионов [1], включая Восточно-Европейскую равнину [17–21], являются наиболее изученными, что позволяет рассчитывать на скорое обоснование обобщенной модели миграции веществ в этих объектах [22, 23].

Цель работы – провести обзор существующих подходов к типизации катен, систематизировать ландшафтные катены лесостепи Западной Сибири на основе одного из выбранных подходов и верифицировать полученную типизацию на основе полевых исследований.

М.А. Глазовская связала типы катен с почвенно-геохимическими полями – территориями господства геохимической ассоциации (сочетаний ассоциаций) почв (табл. 1 в Приложении 1), выделяемых по сходству щелочно-кислотных и окислительно-восстановительных условий [8]. Названия геохимических полей иллюстрируют направление выветривания, состав гумусовых веществ в почвах автономных позиций, окислительно-восстановительные и щелочно-кислотные условия и включают преобладающий тип миграции. Н.С. Касимов совместно с А.И. Перельманом [24] и О.А. Самоновой [23] разработали иерархическую классификацию ландшафтно-геохимических катен на основе ландшафтных и почвенно-геохимических подходов (табл. 2 в Приложении 1). В мире можно насчитать около 200 млн разновидностей ландшафтно-геохимических катен.

Существует несколько подходов к классификации почвенных катен на основе баланса веществ. М. Sommer, Е. Schlichting [6] выделили три архетипа: трансформационные, где фиксируется лишь перераспределение веществ без значимых потерь; катены выщелачивания с выносом веществ из верхней части почв; катены аккумуляции с накоплением вещества в верхней части почв. А.Н. Геннадиев и А.П. Жидкин [25] разработали классификацию лесных и лесостепных катен центра Восточно-Европейской равнины и равнин Среднего Запада США, сопоставив интенсивность и характер смыва и место аккумуляции материала, выделив 21 тип почвенных катен. Косвенной характеристикой баланса веществ может служить соотношение радиальных и латеральных потоков в катенах, оцениваемое по расчлененности рельефа и коэффициенту увлажнения территории [26].

А.Дж. Джеррард [22] сгруппировал почвенные катены на основе общепланетарных климатических зон, предполагая почвенную зональность. При обосновании центральных образов катен выбраны характеристики материнских пород и рельефа – главных предикторов интенсивности перераспределения веществ. Растительность, климат, антропогенное воздей-

ствие, состав и положение грунтовых вод рассмотрены как факторы, осложняющие дифференциацию.

И.С. Урусевская [7] систематизировала почвенные сопряжения (всего 39 вариантов с максимально возможным набором автономных и подчиненных почв) внутри почвенных округов российского Нечерноземья на Восточно-Европейской равнине с учетом состава почвенного покрова в зависимости от литологических особенностей и генетических типов рельефа, степени гидроморфизма (табл. 3 в Приложении 1). Для тундр и тайги Обского бассейна [11] оценено разнообразие геохимических условий, определяющих состав почвенных сопряжений и распределение миграционных полей элементов с выделением 21 типа катен (табл. 4 в Приложении 1). Для мелкомасштабного картографирования [2, 26] М.Д. Богданова [10] расширила классификацию [7], включив катены тундр, степей и полупустынь Европейской территории России и максимально полно используя информацию о геохимической обстановке, направленности и длительности миграции веществ на основе интерпретации данных о степени увлажнения территории, расчлененности рельефа, продолжительности безморозного периода, морфометрии склонов, проницаемости пород. Этот подход использован при создании «Ландшафтно-геохимической карты России» [26]. По сочетанию градаций потенциальной интенсивности миграционных процессов и продолжительности безморозного периода выделено 6 вариантов климатического потенциала миграции, обоснована миграционная геохимическая структура ландшафтов России. Кроме того, охарактеризовано наличие радиальных и латеральных геохимических барьеров и степень контрастности структуры почвенного покрова [10].

В большинстве рассмотренных классификаций таксономическими критериями разделения катен являются особенности почвообразующих пород, баланс или миграция веществ, реже – окислительно-восстановительные и щелочно-кислотные условия (табл. 1). Собственно почвы напрямую задействованы лишь в классификациях [7, 11]. В остальных подходах интерпретируются свойства почв, условия миграции и распределение веществ.

В работах [6, 23, 24] представлены обобщенные модели, а классификации [7, 10, 11] основаны на систематизации реальных объектов. Первые классификации катен [8, 22] охватывают только один блок параметров: почвенно-геохимический или литолого-геоморфологический. Позднее [7, 10, 11, 23, 24] сделаны попытки вывести универсальный ландшафтно-геохимический показатель для комплексной характеристики катен, что требуется для понимания условий миграции и почвенно-геохимической структуры территории. Созданы классификации, разделяющие катены по характеру и направлению миграции вещества [6, 25], что актуально для выявления географических закономерностей водной эрозии. Отдельно стоит отметить, что ни одна из разработанных классификаций не вошла в широкое научное использование.

Таблица 1 [Table 1]

Критерии, используемые в классификациях катен
[Catena classification criteria]

Критерии [Criteria]	Катены [Catena]							
	Почвенные [Soil]		Почвенно-геохимические [Soil-geochemical]					Ланд- шафт- но- геохи- ми- ческие [Land- scape- geoche- mical]
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Свойства поч- вообразующих пород [Properties of parent material]	+	–	–	+	–	+	+	+
Рельеф [Relief]	+	–	–	+	–	+	–	–
Климатические условия [Climatic conditions]	–	–	–	+	–	+	–	+
Окислительно- восстанови- тельные условия [Redox potential]	–	–	+	–	–	+	+	+
Кислотно- щелочные условия [Acid-base conditions]	–	–	+	–	–	+	+	+
Почвенные комбинации [Soil combinations]	+	–	+	–	–	+	+	–
Названия почв [Soils]	+	–	–	–	–	–	+	–
Миграция вещества [Migration]	–	+	+	–	+	+	–	+

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Распределение химических элементов [Chemical element differentiation]	–	–	–	–	–	+	–	+
Интенсивность миграции [Migration intensity]	–	+	–	–	–	+	–	–
Локализация аккумуляции [Place of accumulation]	–	+	–	–	+	–	–	–
Регион [Region]	Нечерноземье РСФСР [Non-Chernozem regions at the RSFSR]	(Лесо) степь Восточно-Европейской равнины и Среднего Запада США [(Forest) steppe of the East European and the Midwestern USA plains]	Мир [World]	–	–	Европейская территория России [European Russia]	Тундра и тайга Обско-го бассейна [Tundra and taiga of the Ob River basin]	–
Источник [References]	[7]	[25]	[8]	[22]	[6]	[10]	[11]	[23, 24]

Материалы и методики исследования

Занимающая более 400 тыс. км² лесостепь Западной Сибири с преимущественно плосководораздельным, равнинным, слабо расчлененным рельефом с абсолютными отметками 100–150 м протягивается от Зауральского пенеблена до предгорий Алтая и Саян. Реки врезаются на глубину до 10–15 м за исключением Иртыша с берегами высотой до 40 м [27]. Территория испещрена мелкими озерами и западинами [27]. В составе почвенного покро-

ва высоко участие гидроморфных почв, что в совокупности с близким к поверхности залеганием минерализованных грунтовых вод и значительной испаряемостью приводит к формированию почв засоленного ряда [28–31]. Несмотря на относительно однородный рельеф и состав почвообразующих пород, лесостепь Западной Сибири отличается сложным почвенным покровом за счет влияния грунтовых вод различного состава, минерализации и обилия замкнутых мезопонижений разной степени обводненности [12, 29, 32]. На большей части рассматриваемой территории ввиду относительно слабой расчлененности рельефа и достаточного увлажнения соотношение радиальных и латеральных потоков близко, доминируют ландшафтно-геохимические процессы водной миграции умеренной интенсивности с высоким вкладом зоогенных процессов внутрипочвенного перемещения твердой фазы [26]. На западе и востоке западносибирской лесостепи (в предгорьях Урала и Алтае-Саянского региона соответственно) усиливается роль латеральной миграции и склоновых процессов миграции. В Барабе, напротив, интенсивность радиальных и латеральных миграционных потоков снижается.

Для исследования катен лесостепи Западной Сибири использованы подходы [7, 10], ГИС-анализ для сопряженного рассмотрения почв и факторов почвообразования, а также серия тематических карт масштаба 1 : 2 500 000–1 : 16 000 000 [32–35]. Состав почвенного покрова интерпретирован по материалам [16, 31, 34, 36–39]. Почвенную карту РСФСР [34] использовали для представления о взаимном расположении почв и характере геохимических связей между ними. Совместив слои карт рельефа и пород, мы получили набор ареалов с однородными литолого-геоморфологическими свойствами, которые наложили на почвенную карту [34] для определения наиболее характерного набора почв и комбинаций. По результатам совмещений составили матрицу, в столбцах которой расположены типы рельефа, а в строках – почвообразующие породы, различающиеся по гранулометрическому составу, содержанию карбонатов, гипса и легкорастворимых солей (рис. 2 в Приложении 2). В ячейках матриц представлены схемы ландшафтных катен. Считанный с [34] набор почв в большинстве случаев представлял «неполные катены» по [7]. «Полные» катены (т. е. наиболее ярко отражающие характерные особенности, свойственные конкретному сочетанию ландшафтных условий по [7]) сформированы на основе знаний о региональных особенностях распределения почв по элементам рельефа [16, 31, 36] и полевым материалам. Далее для каждой катены указано растительное сообщество, информация о которых взята в [35, 37–39].

Хотя авторы и понимают проблему несводимости масштабов, разработанная типизация верифицирована с использованием данных с 7 ключевых участков (табл. 5 в Приложении 1 и рис. 1 в Приложении 2), подробно описанных в [14, 15, 40, 41]. Выбранные участки характеризуют катены в пределах небольших речных или озерных водосборов первого порядка и расположены от предгорий Урала на западе до юго-восточной части Барабы на востоке. В пределах каждого участка в наиболее типичных позициях

рельефа закладывали почвенные разрезы и описывали растительность (табл. 2).

В пределах лесостепи Западной Сибири встречается 13 вариантов почвообразующих пород, которые образуют 93 ареала и разделяются по генезису, гранулометрическому составу и засолённости на 6, 4 и 4 группы соответственно. Большая часть территории (более 80%) сложена лёссами, различающимися по степени засоления и гранулометрическому составу (от легких до тяжелых суглинков). Делювиальные отложения занимают 6% территории и распространены в Зауралье и на востоке лесостепи Западной Сибири. Аллювиальные отложения приурочены к руслам крупных рек (Тобол, Ишим, Иртыш, Обь). Эоловые пески выделяются фрагментарно в виде небольших ареалов на востоке региона и в виде протяженных песчаных гряд на юго-востоке, а также ложбин стока ледниковых вод. Озерные глины встречаются совместно с другими породами, образуя контуры сложного строения на востоке рассматриваемого региона.

В пределах лесостепи Западной Сибири выделяют 8 типов рельефа при абсолютном доминировании равнин (более 90% территории), среди которых преобладают субгоризонтальные, слабо расчлененные с пологими протяженными склонами [42]. Равнины занимают центральную часть рассматриваемой территории и ограничены с запада ступенчатыми и ступенчато-ярусными, а с востока – наклонными равнинами, переходящими в горы Урала и Южной Сибири (Алтай, Салаирский кряж и Саяны) соответственно.

Согласно почвенно-геоморфологическому районированию [43], в лесостепи Западной Сибири четыре округа входят в состав зоны серых лесных почв и черноземов (типичных, выщелоченных и оподзоленных) и один – зоны черноземов (обыкновенных и южных) степи.

Результаты исследования и обсуждение

Почвы и растительность, обнаруженные по результатам полевых исследований, соответствуют доминирующим ландшафтным катенам соответствующих территорий (табл. 2, рис. 1). На доминирующих лёссовых равнинах расположены катены с черноземами или серыми почвами в автомных позициях. Эти почвы на присклоновых участках сменяются черноземами глинисто-иллювиальными или серыми глееватыми почвами, а также солонцами (могут также встречаться и на междуречье) и солодами.

Горизонтальные размеры катен могут достигать нескольких километров, а вертикальные – десятков метров в зависимости от степени расчлененности территории, развития дренажной сети и наличия крупных замкнутых понижений. Разнообразие катен, обусловленное геоморфологическими факторами, выше на наклонных и ступенчатых равнинах.

С запада на восток уменьшается число катен с серыми почвами на междуречье: восточнее Иртыша их практически полностью вытесняют катены с черноземами. Однако за Обью наблюдается обратная тенденция

Таблица 2 [Table 2]

Характеристика почв и растительности катен ключевых участков
[Soils and vegetation in catenas of key areas studied]

Уча- сток, длина, кру- тизна [Key area, length, steep- ness]	Положение [Position]		Почвы элементарных ландшафтов катен ключевых участков [Soils of the main positions at the catenas]		Растительность катен ключевых участков [Vegetation of the main positions at the catenas]	
			Авто- номные [Auto- nomous]	Подчинен- ные [Subordinate]	Между- речье и склоны [Interfluv- e and slopes]	Мезопони- жения рельефа [Mesodepression]
1	2	3	4	5	6	7
1 0,96 м, 3°	N54°36' E81°42'	Юго- восток Бара- бин- ской низ- менно- сти [South- east of the Baraba steppe]	Агро- черно- земы [Cherno- zems]	Солончаки темные [Mollic Solonchaks]	Агроценоз [Agrocenosis]	Солянковое- разнотравное [Saltwort-herb community]
2 0,34 м, 5°	N55°20' E78°08'	Север Бара- бин- ской низ- менно- сти [North of the Baraba steppe]	Черно- земы и солон- цы тем- ные [Cherno- zems and Mollic Solonetz]	Солончаки торфяные [Histic Solonchaks]	Разнотрав- но-злаково- бобовое сообщество и белопо- лынник [Herb-grass- legume and sagebrush communities]	(Злаково-) солянковое и тростниковое [(Grass-) saltwort and cane community]
3 1,0 м, 9°	N55°20' E76°48'	Северо- запад Бара- бин- ской низ- менно- сти [North- West of the Baraba steppe]	Черно- земы и солон- цы тем- ные [Cherno- zems and Mollic Solonetz]	Солончаки торфяные [Histic Solonchaks]	Разно- травно- злаковое сообщество и злаковое [(Herb-) grass community]	(Разнотравно-) солянковое и тростниковое [(Mixed-herb) saltwort and reed community]

1	2	3	4	5	6	7
4 0,8 м, 7°	N54°55' E71°15'	Юго- восток Ишим- ской рав- нины [Southeast of the Ishim steppe]	Агро- чернозе- мы ти- пичные [Cherno- zems]	Солоди серогуму- совые, пе- регноино- глеевые [Planosols, Histic Gleysols]	Агроценоз [Agrocenosis]	Разно- травно- хвощовое [Herb- horsetail community]
5 0,3 м, 10°	N55°00' E67°59'	Юго- запад Ишим- ской рав- нины [Southwest of the Ishim steppe]	Черно- земы [Cherno- zems]	Солончаки сульфид- ные [Solonchaks (Sulfidic)]	Разнотравно- злаковое [Herb-grass community]	(Разно- травно-) солянковое и тростни- ковое [(Mixed- herb) saltwort and reed communities]
6 0,6 м, 5°	N56°31' E67°32'	Север Ишим- ской рав- нины [North of the Ishim steppe]	(Агро-) темно- серые и (дерно- во-) со- лоди [Phaeozems and Planosols]	Агро- солоди, в т.ч. темно- гумусовые [(Mollic) Planosols]	Березовый разнотрав- ный лес или агроценоз и осиновый мертвопо- кровный лес [Birch herb forest or agrocenosis and aspen forest]	Агроценоз [Agrocenosis]
7 0,3 м, 7°	N56°02' E63°35'	Запад Ишим- ской рав- нины [West of the Ishim steppe]	Агро- черно- земы [Cherno- zems]	Агро- солоди темногуму- совые [Mollic Planosols]	Агроценоз [Agrocenosis]	Агроценоз [Agrocenosis]

с исчезновением катен с черноземами до полного доминирования серых почв на возвышенностях и хребтах, что связано с усилением увлажнения за счет орографического эффекта на подветренных склонах гор [38]. За счет предгорного эффекта здесь фактически не лесостепь, а предгорная подтайга – первая ступень высотной поясности [44].

Северо-восток Обь-Иртышского междуречья (в пределах юга Васюганской равнины и севера Барабинской низменности) испытывает интенсивное грунтовое переувлажнение [45], что проявляется в формировании перегнойно-глеевых почв даже на междуречьях. Восточнее от него перегнойно-глеевые почвы занимают преимущественно подчиненное положение в рельефе, но с признаками засоления и солонцеватости. Несмотря на большую глубину залегания грунтовых вод, почвы юго-западной части лесостепи Западной Сибири также переувлажнены, что проявляется в наличии перегнойно-глеевых почв в понижениях рельефа.

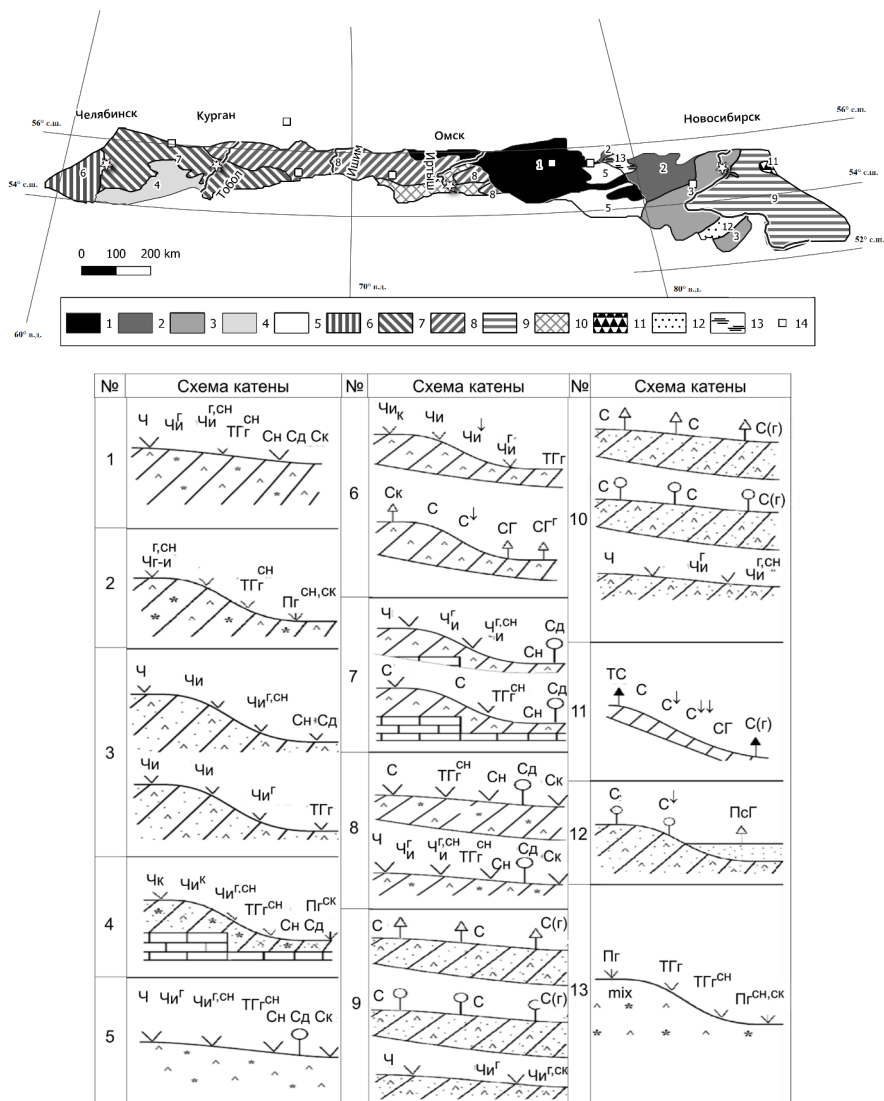


Рис. 1. Карта катен (1–13). 14 – местоположение ключевых участков (см. табл. 1 и 5 в Приложении 1). Почвы: Ч – чернозем, Чи – чернозем глинисто-иллювиальный, ЧиГ – чернозем глинисто-иллювиальный глееватый, С – серая, ТС – темно-серая, ТГГ – темно-гумусово-глеевая, СГ – серогумусовая и темногумусовая, Пг – перегнойно-глеевая, Сд – солодь темногумусовая и дерново-солодь, СН – солонец, Ск – солончак, ПсГ – псаммоzem гумусовый (боровые пески). Дополнительные почвенные характеристики: ↓ – сытость; сн – солонцеватость, ск – солончаковатость. Почвообразующие породы: □ – различный гранулометрический состав, // – глины и тяжелые суглинки, / / / – средние и легкие суглинки, . . . – супеси и пески, ^ – (высоко) карбонатные, * – заглипсованные и засоленные. Растительность: √ – разнотравно-злаковые степи, | – березовые, осиново-березовые подтаежные леса (*Betula pendula*, *Populus tremula*), ^ – сосновые подтаежные леса (*Pinus sylvestris*), ↑ – таежные леса с высокотравьем (*Abies sibirica*, *Picea obovata*, *Pinus sylvestris*), ∨ – болотная растительность

[Fig. 1. Catena (1-13) map. 14 - key areas (see table 1 and table 5 in the Supplement 1). Soils: Ч - Chernozems, Ч_л - Luvic Chernozems, Ч_л^г - Luvic Gleyic Chernozems, С - Luvic Phaeozem, ТС - Phaeozem, ТГ_г - Gleyic Phaeozem, СГ - Umbrisols, П_г - Gleysols, Сд - Humic Planosols, Сн - Solonetz, Ск - Solonchaks, ПсГ - Psammozems. Additional soil characteristics: ↓ - washed away; сн - solonetzity, ск - solonchakity. Parent material: □ - different texture, ▨ - clay, ▩ - loam, ▤ - sand, ^ - carbonated, * - containing gypsum and salts. Vegetation: √ - herb-grass steppes, ♀ - birch, aspen-birch subtaiga forests (*Betula pendula*, *Populus tremula*), ⬆ - pine subtaiga forests (*Pinus sylvestris*), ⬆ - taiga forests with tall grasses (*Abies sibirica*, *Picea obovata*, *Pinus sylvestris*), √ - swamp vegetation]

Наименее контрастные катены характерны для крайних восточных и западных территорий западносибирской лесостепи – кряжей и денудационных равнин. Также к ним можно отнести и катены наклонных и субгоризонтальных пластово-аккумулятивных равнин (северо-восток рассматриваемой территории).

Механизмы эолового переноса проявляются очагово – в местах распространения псаммоземов гумусовых (боровых песков): на юго-востоке (древние террасы на правобережье Оби между Бийском и Барнаулом) и фрагментарно – в центральной части лесостепи Западной Сибири.

В каждом округе имеются неполные катены, как и в классификациях [7, 11]. Среди 38 выделенных катен всего 3 повторяются в пространстве. Две приурочены к пескам и супесям, третья – к высококарбонатным легким и средним суглинкам. Такая конвергенция связана с очень легким гранулометрическим составом, определяющим высокую водопроницаемость грунтов, преобладание радиальной миграции [26], отсутствие застоя влаги и, соответственно, низкое разнообразие почв ввиду невыраженного гидроморфизма в подчиненных участках катен. В третьей паре, в отличие от других катен на эоловых легких и средних лёссах, отсутствуют сильногидроморфные звенья. Так, подчиненные позиции катен занимают черноземы глинисто-иллювиальные глееватые, поэтому можно предположить, что причина сходства состоит в отсутствии в рельефе выраженных отрицательных форм – западин и замкнутых озерных впадин, где могли бы протекать интенсивное глееобразование или аккумуляция солей.

На равнинной части западносибирской лесостепи [35] преобладают разнотравно-злаковые сообщества на серых почвах и черноземах (23 катены из 38). Тем не менее во многих катенах ступенчатых равнин присутствуют осиново-березовые леса (колки) на солодах в понижениях рельефа. На отдельных катенах с серыми почвами также произрастают сосновые и осиново-березовые леса. При этом последняя группа катен отмечена на крайнем западе, где распространены делювиальные отложения, и восточнее Оби. Сосновые леса характерны для катен в северной части лесостепи. Одновременно оба типа сообществ (осиново-березовые и сосновые леса) слагают катены с псаммоземами центральной части западносибирской лесостепи. Наименьшие территории (на крайнем северо-востоке) занимают подтаежные сосновые леса с высокотравьем, приуроченные к катенам с серыми почвами. Таким образом, состав растительности и почв очень тесно коррелирует друг с другом: только 3 пары катен с одинаковым набором почв отличаются по составу растительности.

Заключение

Классификации катен прошли путь от концептуальных представлений о глобальных особенностях миграции веществ к сложным региональным обобщениям с комплексным подходом. Тем не менее узкоспециализированные классификации остаются все также актуальными и востребованными.

В лесостепи Западной Сибири выделено 38 вариантов ландшафтных катен, отличающихся по литологическому составу пород, строению рельефа, растительного и почвенного покрова. На доминирующих лёссовых равнинах распространены катены с черноземами под луговой растительностью и серыми почвами под лиственными (березняками или липняками) лесами. Нижние звенья катен с черноземами в автономных позициях за счет интенсивного грунтового переувлажнения на востоке Обь-Иртышского междуречья включают засоленные перегнойно-глеевые почвы, а на юго-западе западносибирской лесостепи – почвы без признаков солончаковатости. К востоку от этих лёссовых равнин и вплоть до Оби уменьшается число катен с серыми почвами на автономных позициях. Восточная часть западносибирской лесостепи (восток Иртыш-Обского междуречья с черноземами) подвержена более интенсивному грунтовому переувлажнению. К западу и востоку от лёссовых равнин отчетлив тренд рассоления почв, проявляющийся в уменьшении встречаемости солончаков в подчиненных позициях рельефа через почвы с признаками солончаковатости и солонцеватости до полного исчезновения таковых в пограничных возвышенных регионах.

Приложения 1 и 2 к данной статье доступны по ссылке <https://doi.org/10.17223/19988591/70/1>

Список источников

1. Глазовская М.А., Касимов Н.С., Теплицкая Т.А., Авессаломова И.А., Алексеева Т.А., Батоян В.В., Белякова Т.М., Гаврилова И.П., Глазовский Н.Ф., Гунин П.Д., Гусейнов А.М., Козин И.С., Кулешова Н.А., Никифорова Е.М., Перельман А.И., Побединцева И.Г., Проскуряков Ю.В., Самонова О.А., Солнцева Н.П., Учватов В.П. Ландшафтно-геохимические основы фоновоего мониторинга природной среды. М.: Недра, 1989. 263 с.
2. Касимов Н.С., Герасимова М.И., Богданова М.Д., Гаврилова И.П. Ландшафтно-геохимические катены: концепция и картографирование // Геохимия ландшафтов и география почв. К 100-летию Марии Альфредовны Глазовской. М.: АПР, 2012. С. 59–81.
3. Касимов Н.С., Геннадиев А.Н. Геохимия ландшафтов и география почв: основные концепции и подходы // Вестник Московского университета. География. 2005. № 2. С. 10–17.
4. Milne G. Normal erosion as a factor in soil profile development // Nature. 1936. Vol. 138. PP. 548–549.
5. Неуструевъ С.С. О почвенныхъ комбинаціяхъ равнинныхъ и горныхъ странъ // Почвовѣдѣніе. 1925. № 1. С. 62–73.
6. Sommer M., Schlichting E. Archetypes of catenas in respect to matter – A concept for structuring and grouping catenas // Geoderma. 1997. Vol. 76. PP. 1–33.

7. Урусевская И.С. Почвенные катены Нечерноземной зоны РСФСР // Почвоведение. 1990. № 9. С. 12–28.
8. Глазовская М.А. Типы почвенно-геохимических сопряжений // Вестник Московского университета. География. 1969. № 5. С. 3–12
9. Николаев В.А. Классификация и мелкомасштабное картографирование ландшафтов. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1978. 62 с.
10. Богданова М.Д. Методология мелкомасштабного почвенно-геохимического картографирования : дис. ... канд. геогр. наук. М. : МГУ, 2004. 157 с.
11. Семенов И.Н., Усачева А.А., Мирошников А.Ю. Распределение цезия-137 глобальных выпадений в таёжных и тундровых катенах бассейна реки Обь // Геология рудных месторождений. 2015. Т. 57, № 2. С. 154–173. doi: 10.7868/S0016777015010050
12. Ильин В.Б., Сысо А.И., Байдина Н.Л., Конарбаева Г.А., Черевко А.С. Фоновое количество тяжелых металлов в почвах юга Западной Сибири // Почвоведение. 2003. № 5. С. 550–556.
13. Семенов И.Н., Мирошников А.Ю. Количественная оценка выноса радиоцезия глобальных выпадений из ландшафтов водосборного бассейна Оби // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2014. № 3. С. 215–223.
14. Semenov I.N., Koroleva T.V. The spatial distribution of fractions and the total content of 24 chemical elements in soil catenas within a small gully's catchment area in the Trans Urals, Russia // Applied Geochemistry. 2019. Vol. 106. PP. 1–6.
15. Semenov I.N., Yakushev A.I. Dataset on heavy metal content in background soils of the three gully catchments at Western Siberia // Data in Brief. 2019. Vol. 26. doi: 10.1016/j.dib.2019.104496
16. Сапрыкин О.И., Смоленцев Б.А., Соколова Н.А. Микрозападины в структуре почвенного покрова лесостепной зоны юго-восточной части Западной Сибири // Сборник материалов Всероссийской научной конференции к 110-летию Р.В. Ковалева. Почвенные ресурсы Сибири: вызовы XXI века. Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2017. С. 125–129.
17. Капитальчук И.П., Шешнищан Т.Л., Шешнищан С.С., Капитальчук М.В. Миграция марганца, цинка, меди и молибдена в ландшафтно-геохимических катенах долины Нижнего Днестра // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13, № 2. С. 96–112. doi: 10.18470/1992-1098-2018-2-96-112
18. Касимов Н.С., Самонова О.А., Асеева Е.Н. Фоновая почвенно-геохимическая структура лесостепи Приволжской возвышенности // Почвоведение. 1992. № 8. С. 5–22.
19. Касимов Н.С., Геннадиев А.Н., Лычагин М.Ю. Фоновая геохимическая дифференциация ландшафтов и мониторинг природной среды // Мониторинг фонового загрязнения природной среды. Л. : Гидрометеиздат, 1989. Т. 5. С. 162–179.
20. Щеглов Д.И., Горбунова Н.С., Семенова Л.А., Хатунцева О.А. Микроэлементы в почвах сопряженных ландшафтов Каменной степи различной степени гидроморфизма // Почвоведение. 2013. № 3. С. 282–290. doi: 10.7868/S0032180X1303009X
21. Lisetskii F.N., Pichura V.I. Catena linking of landscape-geochemical processes and reconstruction of pedosedimentogenesis: A case study of defensive constructions of the mid-17th century, South Russia // Catena. 2020. Vol. 187. doi: 10.1016/j.catena.2019.104300
22. Джеррард А.Дж. Почвы и формы рельефа. Комплексное геоморфолого-почвенное исследование. Л. : Недра, 1984. 207 с.
23. Касимов Н.С., Самонова О.А. Ландшафтно-геохимические системы и процессы // География, общество, окружающая среда. М. : Городец, 2004. Т. II. С. 479–551.
24. Касимов Н.С., Перельман А.И. О геохимии почв // Почвоведение. 1992. № 2. С. 9–25.
25. Геннадиев А.Н., Жидкин А.П. Типизация склоновых сопряжений почв по количественным проявлениям смыва-намыва вещества // Почвоведение. 2012. № 1. С. 21–31.

26. Ландшафтно-геохимическая карта России. Масштаб: 1 : 15 000 000 // Национальный атлас России. М. : Федеральное агентство геодезии и картографии России, 2008. С. 406–408.
27. Волков И.А. Ишимская степь (рельеф и покровные лессовидные отложения). Новосибирск : СО АН СССР, 1965. 77 с.
28. Сеньков А.А., Попов В.В. Генезис солевого профиля солонцовых почв юга Ишимской равнины // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2017. № 1. С. 107–115.
29. Панкова Е.И., Воробьева Л.А., Гаджиев И.М., Горохова И.Н., Елизарова Т.Н., Королук Т.В., Лопатовская О.Г., Новикова А.Ф., Решетов Г.Г., Скрипникова М.И., Славный Ю.А., Черноусенко Г.И., Ямнова И.А. Засоленные почвы России. М. : ИКЦ «Академкнига», 2006. 854 с.
30. Попов В.В., Семендяева Н.В. Состав почвенных растворов, засоленных агроландшафтов центральной лесостепи Ишимской равнины // Сборник трудов научно-практической конференции преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов. Новосибирск : ГАУ «Актуальные проблемы агропромышленного комплекса», 2019. С. 56–58.
31. Семендяева Н.В. Состояние почвенного покрова Новосибирской области, его настоящее и будущее // Инновации и продовольственная безопасность. 2013. № 1 (1). С. 143–149.
32. Геоморфологическая карта СССР. Масштаб: 1 : 16 000 000 // Атлас СССР. М. : Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1983. С. 94–95.
33. Гипсометрическая карта РФ. Масштаб: 1 : 15 000 000 // Национальный атлас России. М. : Федеральное агентство геодезии и картографии России, 2008. С. 112–113.
34. Почвенная карта РСФСР. Масштаб 1 : 2 500 000. М. : ГУГК, 1988. 16 л.
35. Карта растительности России. Масштаб: 1 : 15 000 000 // Национальный атлас России. Т. 2. Природа. Экология. М. : Федеральное агентство геодезии и картографии России, 2008. С. 328–329.
36. Елизарова Т.Н., Казанцев В.А., Магаева Л.А., Устинов М.Т. Эколого-мелиоративный потенциал почвенного покрова Западной Сибири. Новосибирск : Наука, 1999. 240 с.
37. Атлас Тюменской области. Москва; Тюмень : ГУГК, 1971. Вып. I: Вводный раздел; природные условия. 181 с.
38. Алтайский край. Атлас. Барнаул : ГУГК, 1980. Т. 2. 235 с.
39. Атлас Омской области. М. : Роскартография, 1996. 56 с.
40. Семенков И.Н., Касимов Н.С., Терская Е.В. Латеральная дифференциация форм соединений металлов в почвенных суглинистых катенах центра Западно-Сибирской равнины // Вестник Московского университета. География. 2019. № 3. С. 25–37.
41. Лаверов Н.П., Величкин В.И., Мирошников А.Ю., Асадулин Э.Э., Семенков И.Н. Оценка плотности глобальных выпадений цезия-137 по данным его содержания в закрытых геохимических аренах юга Западной Сибири // Доклады Академии наук. 2016. Т. 468, № 3. С. 328–331.
42. Добровольский Г.В., Урусовская И.С. Карта почвенно-географического районирования СССР. Масштаб: 1 : 8 000 000. М. : ГУГК, 1986.
43. Мильков Ф.Н. Природные зоны СССР. М. : Мысль, 1977. 296 с.
44. Лойко С.В., Герасько Л.И. Факторы дифференциации и компонентный состав почвенного покрова таежных экосистем Томь-Яйского междуречья // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2009. № 1 (5). С. 63–70.
45. Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы. Т. 1: Биогеоценозы и их компоненты. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1974. 315 с.

References

1. Glazovskaya MA, Kasimov NS, Teplitskaya TA, Avsalomova IA, Alekseeva TA, Batoyan VV, Belyakova TM, Gavrilova IP, Glazovsky NF, Gunin PD, Guseinov AM, Kozin IS, Kuleshova NA, Nikiforova EM, Perelman AI, Pobedintseva IG, Proskuryakov YuV, Samonova OA, Solntseva NP, Uchvatov VP. Landshaftno-geohimicheskie osnovy fonovogo monitoringa prirodnoj sredy [Landscape-geochemical foundations of background monitoring of the natural environment]. Moscow: Nedra; 1989. 263 p. In Russian
2. Kasimov NS, Gerasimova MI, Bogdanova MD, Gavrilova IP. Landshaftno-geohimicheskie kateny: koncepcija i kartografirovanie [Landscape-geochemical catenas: concept and mapping]. In: *Geohimija landshaftov i geografija pochv. K 100-letiju MA Glazovskoj* [Geochemistry of landscapes and soil geography. To the 100th anniversary of MA Glazovskaya]. Moscow: APR; 2012. pp. 59-81. In Russian
3. Kasimov NS, Gennadiev AN. Geohimija landshaftov i geografija pochv: osnovnye koncepcii i podhody [Landscape geochemistry and soil geography: Main concepts and approaches]. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Geografija*. 2005;2:10-17. In Russian
4. Milne G. Normal erosion as a factor in soil profile development. *Nature*. 1936;138:548-549.
5. Neustruev SS. O pochvennyh kombinatsiyah ravninnyh i gornyh stran [Sur les combinaisons des sol dans les plaines et dans les pays montagneux]. *La Pedologie*. 1915;1:62-73. In Russian
6. Sommer M, Schlichting E. Archetypes of catenas in respect to matter—a concept for structuring and grouping catenas. *Geoderma*. 1997;76:1-33.
7. Urusevskaya IS. Pochvennye kateny Nechernozemnoj zony RSFSR [Soil catenas of the Non-Chernozem Zone of the RSFSR]. *Pochvovedenie*. 1990;9:12-28. In Russian
8. Glazovskaya MA. Tipy pochvenno-geohimicheskikh sopryazhenij [Types of soil-geochemical interfaces]. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Geografija*. 1969;5:3-12. In Russian
9. Nikolaev VA. Klassifikacija i melkomasshtabnoe kartografirovanie landshaftov [Classification and small-scale mapping of landscapes]. Moscow: Moscow State University Publ.; 1978. 62 p. In Russian
10. Bogdanova MD. *Metodologija melkomasshtabnogo pochvenno-geohimicheskogo kartografirovaniya* [Methodology of small-scale soil-geochemical mapping] [CandSci. Dissertation, Geography]. Moscow: Moscow State University Publ.; 2004. 157 p. In Russian
11. Semenov IN, Usacheva AA, Miroshnikov AYU. Distribution of global fallouts cesium-137 in taiga and tundra catenae at the Ob River basin. *Geology of Ore Deposits*. 2015;57(2):138-155. doi: 10.1134/S1075701515010055
12. Il'in VB, Syso AI, Baidina NL, Konarbaeva GA, Cherevko AS. Background concentrations of heavy metals in soils of southern Western Siberia. *Eurasian Soil Science*. 2003;36(5):494-500.
13. Semenov IN, Miroshnikov AYU. Evaluating the runoff of global fallout cesium-137 from landscapes of the Ob River Basin. *Water Resources*. 2015;42(7):889-896. doi: 10.1134/S0097807815070118
14. Semenov IN, Koroleva TV. The spatial distribution of fractions and the total content of 24 chemical elements in soil catenas within a small gully's catchment area in the Trans Urals, Russia. *Applied Geochemistry*. 2019;106:1-6.
15. Semenov IN, Yakushev AI. Dataset on heavy metal content in background soils of the three gully catchments at Western Siberia. *Data in Brief*. 2019;26:104496. doi: 10.1016/j.dib.2019.104496
16. Saprykin OI, Smolentsev BA, Sokolova NA. Mikrozapadiny v strukture pochvennogo pokrova lesostepnoj zony jugo-vostochnoj chasti Zapadnoj Sibiri [Microdepressions in the structure of the soil cover of the forest-steppe zone in the southeastern part of West-

- ern Siberia]. In: *Sbornik materialov Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii k 110-letiyu R.V. Kovaleva Pochvennie resursy Sibiri: vizovi XXI veka*. [Collection of materials of the All-Russian scientific conference for the 110th anniversary of R.V. Kovalev Soil resources of Siberia: challenges of the 21st century]. Tomsk: Publishing House of Tomsk State University; 2017. pp. 125-129. In Russian
17. Kapitalchuk IP, Sheshnitsan TL, Sheshnitsan SS, Kapitalchuk MV. Migracija manganca, cinka, medi i molibdena v landshaftno-geohimicheskikh katenah doliny Nizhnego Dnestra [Migration of manganese, zinc, copper and molybdenum in the landscape-geochemical catenas of the Lower Dniester valley]. *South of Russia: Ecology, Development*. 2018;13(2):96-112. doi: 10.18470/1992-1098-2018-2-96-112. In Russian
18. Kasimov NS, Samonova OA, Aseeva EN. Fonovaja pochvenno-geohimicheskaja struktura lesostepi Privolzhskoj vozvysshennosti [Background soil-geochemical structure of the forest-steppe of the Volga Upland]. *Pochvovedenie*. 1992;8:5-22. In Russian
19. Kasimov NS, Gennadiev AN, Lychagin MYu. Fonovaja geohimicheskaja differenciacija landshaftov i monitoring prirodnoj sredy [Background geochemical differentiation of landscapes and monitoring of the natural environment]. *Monitoring Fonovogo Zagrjaznenija Prirodnoj Sredy*. 1989;5:162-179. In Russian
20. Shcheglov DI, Gorbunova NS, Semenova LA, Khatuntseva OA. Microelements in soils of conjugated landscapes with different degrees of hydromorphism in the Kamennaya steppe. *Eurasian Soil Science*. 2013;469:33-44. doi: 10.1134/S1064229316010051
21. Lisetskii FN, Pichura VI. Catena linking of landscape-geochemical processes and reconstruction of pedosedimentogenesis: A case study of defensive constructions of the mid-17th century, South Russia. *Catena*. 2020;187:104300. doi: 10.1016/j.catena.2019.104300
22. Gerrard AJ. Soils and landforms. An integration of geomorphology and pedology. London, Boston, Sydney: George Allen & Unwin; 1981. 219 p.
23. Kasimov NS, Samonova OA. Landshaftno-geohimicheskie sistemy i processy [Landscape-geochemical systems and processes]. In: *Geography, society, environment*. Vol. II. Moscow: Gorodets; 2004. pp. 479-551. In Russian
24. Kasimov NS, Perel'man AI. O geohimii pochv [On the geochemistry of soils]. *Pochvovedenie*. 1992;2:9-25. In Russian
25. Gennadiev AN, Zhidkin AP. Typification of soil catenas on slopes from the quantitative manifestations of the accumulation and loss of soil material. *Eurasian Soil Science*. 2012;45:12-21. doi: 10.1134/S1064229312010036
26. Landshaftno-geohimicheskaja karta Rossii. Masshtab: 1:15 000 000 [Landscape-geochemical map of Russia. Scale: 1:15 000 000]. In: *Nacional'nyj atlas Rossii* [National Atlas of Russia]. Moscow: Federal Agency of Geodesy and Cartography of Russia; 2008. pp. 406-408. In Russian
27. Volkov IA. Ishimskaja step' (rel'ef i pokrovnye lessovidnye otlozhenija) [Ishim steppe (relief and cover loess-like deposits)]. Novosibirsk: SO AN USSR; 1965. 77 p. In Russian
28. Senkov AA, Popov VV. Genezis solevogo profilja soloncovyh pochv juga Ishimskoj ravniny [Genesis of the salt profile of solonchic soils in the south of the Ishim Plain]. *Bulletin of the Novosibirsk State Agrarian University*. 2017;1:107-115. In Russian
29. Pankova EI, Vorobyova LA, Gadzhiev IM, Gorokhova IN, Elizarova TN, Korolyuk TV, Lopatovskaya OG, Novikova AF, Reshetov GG, Skripnikova MI, Slavny YuA, Chernousenko GI, Yamnova IA. Zasolennye pochvy Rossii [Saline soils of Russia]. Moscow: ICC "Akademkniga"; 2006. 854 p. In Russian
30. Popov VV, Semendyaeva NV. Sostav pochvennykh rastvorov zasoljonnykh agrolandshaftov central'noj lesostepi Ishimskoj ravniny [Composition of soil solutions of saline agricultural landscapes in the central forest-steppe of the Ishim Plain]. In: *Sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferencii prepodavatelej, aspirantov, magistrantov i studentov*

- Novosibirskogo GAU "Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa"* [Collection of proceedings of the scientific and practical conference of teachers, graduate students, undergraduates and students of the Novosibirsk State Agrarian University "Current problems of the agro-industrial complex"]. Novosibirsk: Novosibirsk State Agrarian University; 2019. pp. 56-58. In Russian
31. Semendyaeva NV. Sostojanie pochvennogo pokrova Novosibirskoj oblasti, ego nastojashhee i budushhee [The state of the soil cover of the Novosibirsk region, its present and future]. *Innovations and food security*. 2013;1(1):143-149. In Russian
 32. Geomorfologicheskaja karta SSSR. Masshtab: 1 : 16 000 000. Atlas SSSR [Geomorphological map of the USSR. Scale: 1 : 16 000 000. Atlas of the USSR]. Moscow: Main Directorate of Geodesy and Cartography under the Council of Ministers of the USSR; 1983. pp. 94-95. In Russian
 33. Gipsometricheskaja karta RF. Masshtab: 1 : 15 000 000 [Hypsometric map of the Russian Federation. Scale: 1 : 15 000 000]. In: *National Atlas of Russia*. Moscow: Federal Agency of Geodesy and Cartography of Russia; 2008. pp. 112-113. In Russian
 34. Pochvennaja karta RSFSR. Masshtab 1 : 2 500 000 [Soil map of the RSFSR. Scale 1 : 2 500 000]. Moscow: GUGK; 1988. 16 p. In Russian
 35. Karta rastitel'nosti Rossii. Masshtab: 1 : 15 000 000. In: *Nacional'nyj atlas Rossii. Tom 2 "Priroda. Jekologija"* [Map of vegetation of Russia. Scale: 1 : 15 000 000. National Atlas of Russia. Vol. 2 "Nature. Ecology"]. Moscow: Federal Agency of Geodesy and Cartography of Russia; 2008. pp. 328-329. In Russian
 36. Elizarova TN, Kazantsev VA, Magaeva LA, Ustinov MT. Jekologo-meliorativnyj potencial pochvennogo pokrova Zapadnoj Sibiri [Ecological and reclamation potential of the soil cover of Western Siberia]. Novosibirsk: Nauka; 1999. 240 p. In Russian
 37. Atlas Tjumenskoj oblasti. Vyp. I. Vvodnyj razdel; prirodnye uslovija [Atlas of the Tyumen region. Issue. I. Introductory section; natural conditions]. Tyumen: GUGK; 1971. 181 p. In Russian
 38. Altajskij kraj. Atlas [Altai region. Atlas]. Moscow, Barnaul: GUGK; 1980. Vol. 2. 235 p. In Russian
 39. Atlas Omskoj oblasti [Atlas of the Omsk region]. Moscow: Roscartography; 1996. 56 p. In Russian
 40. Semenov IN, Kasimov NS, Terskaya EV. Lateral'naja differenciacija form soedinenij metallov v pochvennyh suglinistyh katenah centra Zapadno-Sibirskoj ravniny [Lateral differentiation of metal fractions in loamy soil catenas of the central part of West Siberia Plain]. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Geografija*. 2019;3:25-37. In Russian
 41. Laverov NP, Velichkin VI, Miroshnikov AY, Asadulin EE, Semenov IN. Estimate of the density of global fallout of cesium-137 according to the data of its content in closed geochemical arenas of Southwestern Siberia. *Doklady Earth Sciences*. 2016;468(3):328-331. doi: 10.1134/S1028334X16050226
 42. Dobrovolsky GV, Urusevskaya IS. Karta pochvenno-geograficheskogo rajonirovanija SSSR [Map of soil-geographical zoning of the USSR]. Moscow: GUGK; 1986. In Russian
 43. Milkov FN. Prirodnye zony SSSR [Natural zones of the USSR]. Moscow: Mysl; 1977. 296 p. In Russian
 44. Loilo SV, Gerasko LI. Faktory differenciacii i komponentnyj sostav pochvennogo pokrova taezhnyh ekosistem Tom'-Yajskogo mezhdurech'ja [Factors of differentiation and composition of the soil cover of the taiga ecosystems of the Tom-Ya interfluve]. *Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta, Biologiya*. 2009;1(5):63-70. In Russian
 45. Struktura, funkcionirovanie i jevoljucija sistemy biogeocenozy Baraby. Vol. 1. Biogeocenozy i ih komponenty [Structure, functioning and evolution of the Baraba biogeocenosis system. Vol. 1. Biogeocenoses and their components]. Novosibirsk: Publishing House SB RAS; 1974. 315 p. In Russian

Информация об авторах:

Семенов Иван Николаевич, канд. геогр. наук, с.н.с. кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия).

E-mail: semenkov@geogr.msu.ru

Николаев Егор Дмитриевич, техник кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия).

E-mail: alkan001@mail.ru

Енчилик Полина Романовна, канд. геогр. наук, м.н.с. кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия).

E-mail: polimail@inbox.ru

Конюшкова Мария Валерьевна, канд. с.-х. наук, с.н.с. кафедры географии почв факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия).

E-mail: mkon@inbox.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors:

Ivan N. Semenov, Cand. Sci. (Geogr.), senior researcher, Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russian Federation).

E-mail: semenkov@geogr.msu.ru

Egor D. Nikolaev, technician, Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russian Federation).

E-mail: alkan001@mail.ru

Polina R. Enchilik, Cand. Sci. (Geogr.), junior researcher, Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russian Federation).

E-mail: polimail@inbox.ru

Maria V. Konyushkova, Cand. Sci. (Agriculture), senior researcher, Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russian Federation).

E-mail: mkon@inbox.ru

The Authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 25.05.2023;
одобрена после рецензирования 17.06.2023; принята к публикации 20.05.2025*

*The article was submitted 25.05.2023;
approved after reviewing 17.06.2023; accepted for publication 20.05.2025*