

УДК 631.4

DOI: 10.19047/0136-1694-2022-111-116-156



Ссылки для цитирования:

Кравцов Ю.В., Смоленцева Е.Н. Особенности современного генезиса плакорных почв Ишимской степи // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2022. Вып. 111. С. 116-156. DOI: 10.19047/0136-1694-2022-111-116-156

Cite this article as:

Kravtsov Yu.V., Smolentseva E.N., Features of modern genesis of the Ishim steppe watershed plain soils, Dokuchaev Soil Bulletin, 2022, V. 111, pp. 116-156, DOI: 10.19047/0136-1694-2022-111-116-156

Благодарность:

Лабораторный анализ почвенных образцов, подготовка материалов к публикации выполнены по государственному заданию Института почвоведения и агрохимии СО РАН, полевые работы и частично подготовка результатов к публикации – при финансовой поддержке Новосибирского государственного педагогического университета.

Acknowledgments:

The laboratory analysis of soil samples and preparation of materials for publication were carried out under the state assignment of the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; the field work and partial preparation of results for publication were funded by the Novosibirsk State Pedagogical University.

Особенности современного генезиса плакорных почв Ишимской степи

© 2022 г. Ю. В. Кравцов¹, Е. Н. Смоленцева²

¹Новосибирский государственный педагогический университет, Россия, 630126, Новосибирск, Вилюйская ул., 28,
<https://orcid.org/0000-0002-0462-9194>, e-mail: kravtsov60@mail.ru.

²Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Россия, 630099, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2,
<https://orcid.org/0000-0003-0900-4692>,
e-mail: esmolenceva@issa-siberia.ru.

Поступила в редакцию 03.04.2022, после доработки 31.05.2022,
принята к публикации 27.09.2022

Резюме: Установлены основные направления генезиса плакорных почв Ишимской степи в зависимости от их хозяйственного использования (пашня, лесополоса, залежь) в течение 1950-х – 2020-х гг. В пределах исследуемого региона диагностированы почвы на различных по характеру использования угодьях. Показано, что региональной морфогенетической особенностью всех плакорных почв является темная языковатость, которая отражается на их классификационном статусе выделением одноименного подтипа. В преобладающих по площади агроземах выявлена дифференциация агротемногумусового горизонта на два подгоризонта под влиянием плоскорезной обработки. Определены признаки постагрогенной трансформации почв, происходящей под лесополосами и под залежами с травянистой растительностью. Постагрогенные почвы характеризуются зернисто-комковатой структурой, более высокими запасами гумуса и общего азота в слое 0–20 см, по сравнению с агроземами. В почве лесополосы сформировался грубогумусированный горизонт, не характерный для степных почв. Почва под травянистой длительной залежью имеет признаки проградации темногумусового горизонта до состояния близкого к целинному. Дополнительное поверхностное увлажнение, которое испытывают почвы микропонижений, обуславливает в них более высокое содержание гумуса и запасы его в слое 0–100 см, более глубокое выщелачивание карбонатов, формирование глинисто-иллювиального горизонта в бескарбонатной зоне и препятствует образованию гипсового горизонта. Повышение уровня грунтовых вод в современный период, которое является следствием массовой распашки и функционирования полевых лесополос на исследуемой территории, обусловило появление гидроморфизма в плакорных почвах и формирование квазиглееватых подтипов. Полученные результаты свидетельствуют о региональной специфике генетических свойств плакорных почв Ишимской степи, отличающих их от европейских аналогов, а также о влиянии на них агрогенной трансформации, что отражается на морфологии почв, их гумусном состоянии, характере карбонатного и гипсового профиля, процессах галогенеза и разнообразии солевых профилей.

Ключевые слова: чернозем, агрозем, агрогенная трансформация почв, уровень грунтовых воды, залежь, лесополоса, гипс, Западная Сибирь.

Features of modern genesis of the Ishim steppe watershed plain soils

© 2022 Yu. V. Kravtsov¹, E. N. Smolentseva²

¹*Novosibirsk State Pedagogical University,
28 Vilyuyskaya str., Novosibirsk 630126, Russian Federation,
<https://orcid.org/0000-0002-0462-9194>, e-mail: kravtsov60@mail.ru.*

²*Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences,
8/2 Akademika Lavrentieva ave., 630099 Novosibirsk, Russian Federation,
<https://orcid.org/0000-0003-0900-4692>,
e-mail: esmolenceva@issa-siberia.ru.*

Received 03.04.2022, Revised 31.05.2022, Accepted 27.09.2022

Abstract: The genesis main directions of the Ishim steppe watershed plain soils depending on their economic use (arable land, forest belt, abandoned land) during the 1950s – 2020s were revealed. Within the studied region, soils were diagnosed on lands of different use. It is shown that the regional morphogenetic feature of all watershed plain soils is the tonguing of the humus horizon, which is reflected in their classification status by the allocation of a dark-tonguic subtype of the soils. Differentiation of the agrodarkhumus horizon into two subhorizons under the influence of plane-cutting processing was revealed in the agrozem, prevailing by area. The manifestation of postagrogenic transformation of soils occurring under forest belts and under deposits with herbaceous vegetation is determined. Postagrogenic soils are characterized by a granular structure, higher reserves of humus and total nitrogen in a layer of 0–20 cm compared to agrozems. In the soil of the forest belt, a coarse-humus neo-horizon was formed, which is not typical of steppe soils. The soil under abandoned for a long time grassland has signs of dark humus horizon progradation to a state close to a virgin one. The additional surface moistening of micro-subsidence soils causes them to have a higher humus content and its reserves in the 0–100 cm layer, deeper leaching of carbonates, the formation of a clay-illuvial horizon in the carbonate-free zone and prevents the formation of a gypsum horizon. The groundwater level raising in the modern period, which is a consequence of the mass plowing and functioning of impenetrable protective forest belts in the study area, caused the appearance of neo-hydromorphism in watershed plain soils and the formation of quasi-clay subtypes. The results indicate the regional specificity of the genetic properties of the Ishim steppe watershed plain soils that distinguish them from their European counterparts, as well as the influence of agrogenic transformation as an anthropogenic factor on them. This influence is reflected in the morphology of soils, their humus state, the

nature of the carbonate and gypsum profiles, the processes of halogenesis in them and the variety of salt profiles.

Keywords: Chernozem, agrozem, soil agrogenic transformation, groundwater level, fallow, forest belt, gypsum, Western Siberia.

ВВЕДЕНИЕ

Степные почвы длительно используются в богарном земледелии. Среди негативных последствий этого использования известны: снижение содержания гумусовых веществ ([Шеглов, 2003](#); [Лебедева, 2011](#); [Чупрова, 2017](#); [Мамонтов и др., 2020](#) и пр.) и уменьшение количества илистой фракции в пахотном слое ([Слесарев, Кудряшова, 1988](#); [Рейнгард, 2009](#)), ухудшение структуры и снижение водопрочности почвенных агрегатов ([Мамонтов и др., 2020](#)), дефляция и эрозия почв ([Гусаров и др., 2018](#)). В последние годы усилия исследователей сосредоточены не только на изучении последствий многолетней эксплуатации степных почв в земледелии ([Лебедева и др., 2013](#); [Лисецкий, Родионова, 2015](#) и др.), но и на поиске вариантов восстановления их продуктивности ([Азаренко и др., 2020](#) и др.).

Ишимская степь (Ишим-Иртышское степное междуречье) – важный аграрный регион Сибири. Одной из его особенностей, по сравнению с другими степными районами Западной Сибири, является высокая доля пашни в составе земельных угодий, которая достигает 80% ([Доклад..., 2017](#)). В регионе доминируют выровненные плакорные участки местности, на которых во второй половине XX столетия диагностировались крупные массивы черноземов южных ([Градобоев и др., 1960](#); [Черноземы..., 1988](#)). В настоящее время в связи длительным землепользованием и обновлением классификационной парадигмы требуется актуализировать информацию о состоянии почв Ишимской степи, в том числе об их классификационном статусе, признаках и свойствах.

Некоторые агрогенные изменения в почвах степи Западной Сибири становились предметом изучения и ранее. Так, было показано влияние распашки на почвенные процессы и микробиоту черноземов южных ([Почвообразование..., 1991](#)). Отмечено развитие эрозии и дефляции почв в южных районах Омской области ([Рейнгард, 2009](#)). Исследовалась динамика содержания фосфора и

калия в пахотных почвах степи Омской области ([Башкатова, Шмидт, 2020](#)). Одним из важных достижений предыдущих изысканий является доказательство атмосферного засоления почв Ишим-Иртышского степного междуречья ([Сеньков, 2004](#)).

Однако новейшие данные по антропогенным изменениям генетических особенностей почв Ишимской степи отсутствуют. Основным фактором антропогенной трансформации ишимских степных почв в настоящее время является масштабная их распашка, уничтожение естественных травяных ценозов и культивирование на распаханых землях преимущественно яровых зерновых и многолетних трав. Эти процессы вызывают также изменения гидрологического состояния плакорных почв Ишимской степи: уменьшение вертикальной мощности слоя эваподесукативного иссушения (с 2 м до 0.8 м), формирование во втором метровом слое горизонта с влажностью на уровне 70–100% наименьшей влагоемкости ([Кравцов, 2009б; 2014](#)). Аналогичные явления отмечались и в черноземах степной зоны европейской части России ([Лебедева, 2004](#)).

Вторым по времени появления фактором антропогенных изменений в почвах Ишим-Иртышского степного междуречья можно считать функционирование непрочищаемых полезащитных лесополос, высаженных в 1970–1980-х годах. Они вызвали подъем грунтовых вод выше критической глубины в плакорных почвах вследствие накопления снега с их подветренной стороны и поступления талых вод в почвенно-грунтовую толщу ([Черноземы..., 1988; Кравцов, 2009а](#)). Выявлено устойчивое положение уровня этих вод выше критической глубины в первые десятилетия XXI столетия ([Кравцов и др., 2017](#)). Вместе с тем средняя урожайность традиционных для региона яровых зерновых в промежуток 2000–2017 гг. при устойчивом положении уровня минерализованных грунтовых вод выше критической глубины оказалась более высокой (18.3 ц/га), по сравнению с промежуток 1986–2000 гг. (11.9 ц/га), когда грунтовые воды фиксировались ниже критической глубины ([Кравцов и др., 2017](#)). Результаты влияния вышеназванных факторов на плакорные почвы необходимо изучать для оптимизации землепользования в регионе.

Цель работы – показать региональную специфику плакор-

ных почв Ишимской степи и выявить особенности их современного генезиса в связи с многолетней эксплуатацией в богарном земледелии и положением грунтовых вод выше критической глубины. Для этого предполагается уточнить особенности современной морфологии плакорных почв Ишимской степи, их гумусного состояния, гранулометрического состава, карбонатного и гипсового профилей, основных физико-химических свойств и солевых профилей.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Ишимская степь расположена в южной части одноименной равнины с высотами 110–125 м. Среди форм мезорельефа типичны плоские поверхности междуречий (плакоры), занимающие более 70% территории, и крупные (диаметром до 5–6 км и глубиной до 10 м) котловины с пологими склонами. Для микрорельефа характерны понижения диаметром 50–100 м глубиной до 1 м (блюдецобразные западины), на долю которых приходится 5–20% площади междуречья.

Почвообразующие породы представлены верхнеплейстоценовыми лессовидными отложениями мощностью 1–10 м. Подстилающими породами являются серо-бурые глины сладководской свиты ниже- и среднеплейстоценового возраста ([Волков, 1965](#)). Подстилающие и материнские породы характеризуются высоким содержанием илистой фракции – до 40–45% ([Слесарев, Кудряшова, 1988](#)).

Климатические условия Ишимской степи типичны для степной зоны Западной Сибири. Параметры климата представлены по материалам наблюдений метеорологической станции “Русская Поляна” ФГБУ “Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды”. Среднегодовая температура воздуха составляет 2.0 °С, средняя температура июля – +20.4 °С, января – –16.9 °С. Вегетационный период со среднесуточными температурами выше 10 °С длится 130 дней, сумма температур выше 10 °С достигает 1 800–1 900°С. Для района исследований типична продолжительная (130–150 дней) морозная зима. Ишимская степь характеризуется недостаточным атмосферным

увлажнением. Годовая сумма осадков достигает 360 мм, а испаряемость – 500–700 мм.

Гидрографическая сеть района представлена мелководными (до 3 м глубины) озерами. Для Ишимской степи характерен слабый естественный дренаж. Грунтовые воды встречаются в неогеновых, ниже- и среднеплейстоценовых глинах и покровных суглинках. Зеркало водоносного горизонта на плакорных участках отмечается на глубине 2–17 м. Грунтовые воды характеризуются минерализацией 0.5–1 г/л, местами – до 10–20 г/л и сульфатно-хлоридным составом ([Сеньков, 2004](#)). В связи с высоким содержанием илистой фракции в почвах и породах Ишимской степи грунтовые воды горизонтально практически неподвижны ([Сеньков, 2004](#)).

Исследуемая территория расположена в зоне настоящих разнотравно-ковыльных степей, которые сейчас практически полностью распашаны. Известно, что в 1980-е годы в Ишимской степи на плакорных участках были развиты крупные по площади массивы черноземов южных, в понижениях микро- и мезоформ рельефа – почвы различной степени гидроморфности ([Черноземы..., 1988](#)). Соответственно современному почвенно-экологическому районированию ([Урусевская и др., 2013](#)) территория входит в состав Черлакского округа черноземов южных языковатых глинистых и тяжелосуглинистых Западно-Сибирской степной провинции черноземов языковатых обыкновенных и южных, лугово-черноземных солонцеватых и солончаковатых почв и солонцов луговых и луговатых.

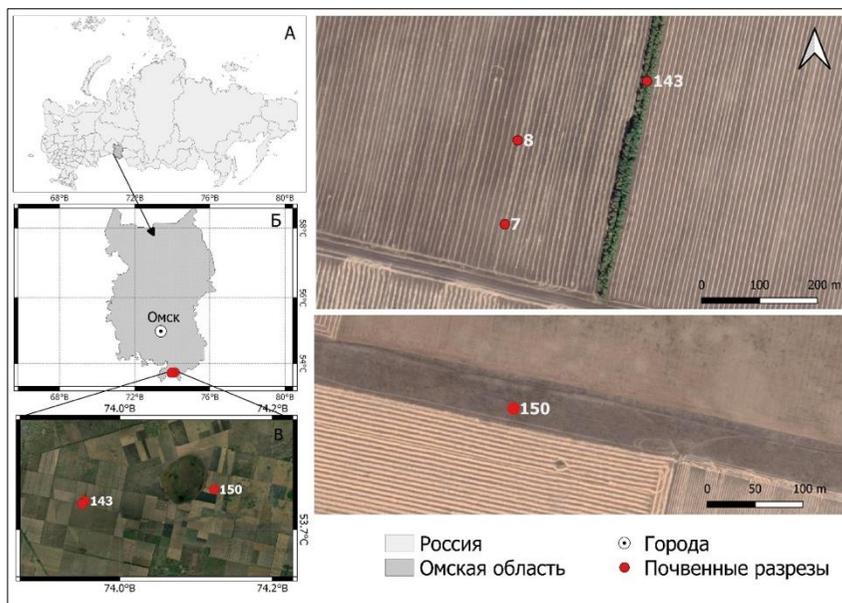
Для изучения особенностей современного педогенеза Ишимской степи были выбраны почвы на плакорных участках в окрестностях пос. Русская Поляна Русско-Полянского района Омской области (рис. 1). На территории района доля сельхозугодий составляет 94.5% от общей площади, доля пашни – 80.3%, что выше, чем в среднем по степной зоне Омской области ([Рейнгард, 2009](#)). Объектами исследования (табл. 1) явились старопахотные почвы (чернозем южный карбонатный солончаковатый и лугово-черноземная выщелоченная), чернозем южный обычный под лесополосой (посадки тополя 1973 г.) и старозалежная (50–60 лет) почва (чернозем южный обычный). Исследуемая четырехрядная

лесополоса имеет длину 2 км. Расстояние между рядами посадок тополя – 2 м, среднее расстояние между деревьями в ряду – 2–4 м. Высота древостоя колеблется от 5 до 15 м. Все разрезы заложены на одной плакорной поверхности. Пахотные почвы и почва под лесополосой расположены в непосредственной близости друг от друга, залежная почва – на расстоянии около 10 км от них (рис. 1). Из разрезов были отобраны образцы почв по генетическим горизонтам, в том числе для определения плотности сложения ([Теории и методы..., 2007](#)).

В почвенных образцах определены следующие показатели: содержание органического углерода ($C_{\text{орг}}$) – по методу Тюрина, общего азота – методом Кьельдаля, карбонатов – газovolюметрически по Голубеву, гипса – солянокислым методом, значение pH водной суспензии – потенциометрически ([Теория и практика..., 2006](#)). Гранулометрический состав почв определяли по методу Качинского с диспергацией образцов пирофосфатом натрия ([Теории и методы..., 2007](#)). Характеристика цвета почвенных горизонтов дана по шкале Манселла. Содержание легкорастворимых солей и значение удельной электропроводности (УЭП) были определены в водной вытяжке (при соотношении почва : вода = 1 : 5): катионы (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ и K^+) – атомно-абсорбционным методом, анионы (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}) – по общепринятым методикам ([Теория и практика..., 2006](#)). Количество обменных оснований получили методом Пфеффера в модификации Молодцова и Игнатовой ([Руководство..., 1990](#)).

Названия почв даны по трем классификационным системам:

- 1) классификации почв СССР ([Классификация почв..., 1977](#)) (табл. 1);
- 2) классификации почв России (КПР) ([Классификация и диагностика..., 2004](#); [Полевой определитель..., 2008](#)) (табл. 2);
- 3) международной классификации почв World Reference Base for Soil Resources (WRB) ([IUSS, 2015](#)).



РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Морфогенетические особенности почв Ишимской степи

Диагностическими горизонтами в изученных почвах являются темногумусовый (AU), агротемногумусовый (PU), аккумулятивно-карбонатный (BCA) и глинисто-иллювиальный (VI) (Полевой определитель..., 2008). Пахотные почвы относятся к отделу агроземов, почвы под залежью и лесополосой – к отделу аккумулятивно-гумусовые (Полевой определитель..., 2008). Типовая и подтиповая принадлежность, а также формула профиля каждой почвы представлены в таблице 2.

Таблица 1. Объекты исследования и характеристика их местоположения
Table 1. Research objects and characteristics of their location

Разрез	Название почвы (<u>Классификация почв..., 1977</u>)	Координаты, высота над над у. м.	Рельеф	Угодье	Уровень грунтовых вод в июне 2019 г., см
7	Чернозем южный карбонатный солончаковатый	53.719° с. ш., 73.950° в. д.; 121 м	Равнина, плакор, микроповышение	Пашня, паровое поле	350
8	Лугово-черноземная выщелоченная	53.721° с. ш., 73.950° в. д.; 120 м	Равнина, плакор, микрозападина	Пашня, паровое поле	250
143	Чернозем южный обычный	53.721° с. ш., 73.954° в. д.; 121 м	Равнина, плакор, микроповышение	Лесополоса, посадки тополя	300
150	Чернозем южный обычный	53.730° с. ш., 74.123° в. д.; 122 м	Равнина, плакор, микроповышение	Старая залежь, степь настоящая разнотравно-ковыльная	до 600 не обнаружено

Таблица 2. Классификационный статус изученных почв Ишимской степи
Table 2. Classification status of the studied soils of the Ishim steppe

Разрез	Название почвы (тип, подтип) по КПП (Полевой..., 2008)	Формула профиля по КПП	Название почвы по WRB (IUSS, 2015)
7	Агрозем темный дисперсно-карбонатный гипсосодержащий засоленный темноязыковый	PU ¹ -PU ¹¹ -ABlc,s,yu-BCAdc,s,yu-BCAcs,s-BCca,s-Cca,s	Calcic Gypsic Chernozem (Clayic, Aric, Endoprotosalic Tonguichernic)
8	Агрозем темный глинисто-иллювиальный квазиглееватый темноязыковый	PU ¹ -PU ¹¹ -BIyu-BCAdc-B Cca,q-Cca,q	Luvic Calcic Phaeozem (Clayic, Aric, Tonguichernic)
143	Чернозем дисперсно-карбонатный гипсосодержащий засоленный темноязыковый постагрогенный грубогумусированный	AUao-AUpa-AU-AByu-BCAdc,yu-Bcs,s-BCca,s-Cca,s	Calcic Gypsic Chernozem (Clayic, Tonguichernic)
150	Чернозем дисперсно-карбонатный гипсосодержащий засоленный темноязыковый постагрогенный	AURz-AUpa-AByu-BCAdc,yu-BCAdc,s,yu-Bcs,s-B Cca,s-Cca,s	Cambic Gypsic Calcisol (Clayic, Hypocalcic, Tonguic)

Пахотные почвы (разрезы 7 и 8) характеризуются поверхностным агротемногумусовым горизонтом с соответствующими ([Полевой определитель..., 2008](#)) морфохроматическими признаками (табл. 3). Особенности технологической обработки – поверхностной плоскорезной вспашки – на современном этапе привели к разделению этого горизонта на два подгоризонта: верхний (PU') более рыхлый с порошисто-комковатой структурой и нижний (PU'') более плотный с глыбисто-крупнокомковатой структурой. Замена отвальной вспашки на безотвальную и, как следствие, отсутствие ежегодного перемешивания горизонта PU привели к его вертикальной дифференциации по плотности и структуре.

Спецификой морфологии чернозема дисперсно-карбонатного постагрогенного под лесополосой (разрез 143) является формирование в верхней его части признаков грубогумусированности, что не характерно для степных почв. Подгоризонт AUaо представляет собой гомогенную механическую смесь измельченного и слабо трансформированного древесного опада с минеральными компонентами. Залегающий ниже постагрогенный темногумусовый горизонт AUра отличается от PU пахотных почв мелкокомковато-зернистой структурой с высокой долей копролитов среди агрегатов, а также большей мощностью гумусового профиля (AU + AB). Это свидетельствует об улучшении состояния гумусового горизонта и о постагрогенной трансформации почвы. Вместе с тем окраска горизонта AUра более светлая (10 YR 3/2), чем в остальных почвах (табл. 3), что, на наш взгляд, может быть связано с влиянием древесной растительности и дополнительного поверхностного увлажнения. В старозалежной почве, благодаря восстановившейся растительности с преобладанием дерновинных злаков, на поверхности сформирована дернина AUrz ([Хитров, Герасимова, 2022](#)). Расположенный ниже темногумусовый (AU) горизонт имеет порошисто-зернисто-комковатую структуру, которая идентична таковой же в целинных черноземах. Характер растительности и структура гумусового горизонта являются важными показателями постагрогенной трансформации ([Мамонтов и др., 2020](#)) и свидетельствуют о восстановлении почвы до состояния близкого к целинному.

Изученные почвы имеют небольшую мощность гумусового горизонта (табл. 3) и характеризуются ([Полевой определитель..., 2008](#)) как мелкие (разрезы 7, 8, 150) и маломощные (разрез 143), что отличает их от европейских аналогов и является региональным признаком западносибирских черноземов ([Хмелев, 1989; Смоленцева, 2018](#)). Максимальная мощность (38 см) зафиксирована в почве под лесополосой. Малая мощность гумусового горизонта является причиной того, что на территории Ишимской степи отсутствуют агрочерноземы (агропочвы). Целинные черноземы Ишимской степи при распашке сразу превратились в агроземы темные, минуя стадию агрочерноземов, в отличие от агрогенной трансформации степных черноземов в европейской части России ([Лебедева, 2004](#)). Отсутствие стадии агропочв (агрочерноземов) является региональной спецификой агрогенной трансформации черноземов Ишимской степи, что также характерно для других областей черноземной зоны Западной Сибири ([Смоленцева, 2021](#)).

Изученные почвы различаются по глубине залегания карбонатов, и, соответственно, по мощности бескарбонатной зоны (табл. 3). Максимальная ее мощность (80 см) зафиксирована в агроземе темном глинисто-иллювиальном (почва в микрозападине), что обусловлено влиянием дополнительного поверхностного увлажнения. Почвы нормального увлажнения (разрезы 7 и 150) сходны по размерам зоны выщелачивания (табл. 3). Слабое вскипание от 10%-ной НС1 с поверхности агрозема темного дисперсно-карбонатного (разрез 7) свидетельствует о присутствии в зоне выщелачивания остаточных карбонатов, что подтверждается аналитически. В почве под лесополосой карбонаты также расположены глубже, чем в почвах нормального увлажнения. Срединным горизонтом в изученных почвах нормального увлажнения является аккумулятивно-карбонатный горизонт ВСА. Мощность его составляет 40–42 см, при дополнительном увлажнении она увеличивается до 60 см. Характерной особенностью черноземных почв Ишимской степи является отсутствие миграционных и редкая встречаемость сегрегационных форм педогенных карбонатов.

Таблица 3. Особенности профилей почв Ишимской степи
Table 3. Features of soil profiles of the Ishim steppe

Свойства	Разрезы (уголье)			
	7 (пашня)	8 (пашня)	143 (лесополоса)	150 (залежь)
Мощность горизонта, см: дернина (A _{Urz})	нет	нет	нет	3
темногумусовый (AU)	нет	нет	33	18
агротемногумусовый (PU)	25	25	нет	нет
грубогумусированный (AU _{ao})	нет	нет	5	нет
Цвет гумусового горизонта (PU или AU) по шкале Манселла	10 YR 3/1	10 YR 3/1	10 YR 3/2	10 YR 3/1
Глубина “вскипания” от 10% HCl, см	с поверхности	80	50	35
Аккумулятивно-карбонатный горизонт, от ... до ..., см	40–80	80–140	56–100	35–77
Мощность зоны аккумуляции карбонатов, см	40	60	44	42
Гипсовый горизонт, от ... до ..., см	90–130	отсутствует	100–140	120–160
Пятна оржавления, от ... до ..., см	250–300	150–180	220–230	нет
Пятна оглеения, от ... до ..., см	нет	150–250	270–280	нет

Карбонатные новообразования в горизонте ВСА представлены диффузно рассеянными скоплениями, образующими светлые расплывчатые пятна, что соответствует дисперсно-карбонатному подтипу черноземов ([Полевой определитель..., 2008](#)). В бескарбонатной зоне почвы в микропонижении под горизонтом PU формируется глинисто-иллювиальный (ВI) горизонт с однодвухпорядковой ореховато-призматической структурой. Грани агрегатов покрыты однослойными глинистыми кутанами.

Для всех изученных почв характерна языковатая граница между гумусовым и срединными горизонтами, которая представляет собой языки-трещины глубиной до 60–80 см, заполненные материалом гумусового горизонта. Они являются результатом колебаний объема и растрескивания почвенной массы под действием сильного иссушения в летнее время ([Градобоев и др., 1960](#); [Черноземы..., 1988](#); [Смоленцева, 2018](#) и пр.). Таким образом, темная языковатость (уи) как эволюционный признак ([Полевой определитель..., 2008](#)) накладывается в исследуемых почвах на карбонатно-аккумулятивный ВСа_с,уи и глинисто-иллювиальный ВІуи горизонты и обуславливает их региональную модификацию. Эта региональная морфогенетическая особенность черноземов Ишимской степи, наследуемая также их агрогенными аналогами, отражается на классификационном статусе почв выделением темнаязыковатого подтипа.

В профилях трех почв (разрезы 7, 143 и 150) присутствует также гипсовый горизонт, в котором гипс представлен сегрегационными формами. Глубина верхней границы гипсового горизонта в изученных почвах зависит от характера поверхностного увлажнения. Ближе всех к поверхности (90 см) он расположен в разрезе 7, имеющем нормальное увлажнение, в разрезе 143 под лесополосой при дополнительном увлажнении – на глубине 100 см (табл. 3). Агрозем глинисто-иллювиальный, расположенный в микрозападине, не имеет гипсового горизонта во всей зоне аэрации. В залежной почве (р. 150) гипсосодержащий горизонт обнаружен на глубине 120 см. Основная масса гипсовых новообразований сосредоточена в слое мощностью 15–20 см. Надо отметить, что гипсовый горизонт в плакорных почвах Ишимской степи в связи с их тяжелым высоко илистым гранулометрическим соста-

вом залегает ближе к поверхности по сравнению с черноземами и их агрогенными аналогами в других степных регионах России. Например, в Ростовской области он обнаруживается на глубине 210–250 см ([Морозов и др., 2018](#)), в легкосуглинистых темно-каштановых почвах Кулунды – на глубине 190–200 см ([Ильин, 1967](#)).

Повышение уровня грунтовых вод (УГВ) на современном этапе ([Кравцов, 2009а; 2014; Кравцов и др., 2017](#)) вызывает изменения морфогенетических свойствах почв микропонижения и лесополосы: в них зафиксированы новообразования окисного и закисного железа в виде пятен и примазок (табл. 3). Это свидетельствует о возникновении глубинного оглеения как дополнительного почвообразовательного процесса и формировании квазиглеевого подтипа почв на исследуемой территории. Таким образом, мы разделяем высказанное ранее мнение ([Черноземы..., 1988](#)), что глубинный гидроморфизм плакорных почв Ишимской степи является не реликтовым, а современным (неогидроморфизм по [Щеглову \(2003\)](#)), особенно хорошо проявляющимся в гумидные климатические циклы на фоне значительной агрогенной трансформации почвенного покрова.

Гумусное состояние

Характеристика гумусного состояния почв Ишимской степи дана по Д.С. Орлову ([Орлов и др., 2004](#)). Как уже отмечалось выше, почвы характеризуются небольшой мощностью гумусового горизонта (табл. 3) и низким, реже средним, содержанием гумуса в поверхностном горизонте (табл. 4). Агрозем темный дисперсно-карбонатный имеет самое низкое содержание гумуса в верхнем горизонте и низкие его запасы в слое 0–20 см. Самый высокий запас гумуса в слое 0–20 см имеет агрозем темный глинисто-иллювиальный в микропонижении. Это почти в 2 раза больше, чем в агроземе темном дисперсно-карбонатном и на 24% выше, чем в почве под лесополосой. Запас гумуса в слое 0–20 см остальных почв – средний (рис. 2). Для слоя 0–100 см выявлены аналогичные закономерности. В слое 0–100 см запас гумуса во всех изученных почвах средний (рис. 2). По шкале грааций пахотных почв России по степени гумусированности ([Семенов, Когут, 2015](#))

залежная почва характеризуется как сильно гумусированная (6.0–6.9% гумуса) и сходная по содержанию гумуса с целинными почвами, что свидетельствует о значительной постагрогенной трансформации этой почвы.

Таким образом, почвы Ишимской степи характеризуются резко убывающим распределением гумуса по профилю (табл. 4), что является региональным “сибирским” признаком. Это одно из главных отличий западносибирских черноземов от европейских. Оно обусловлено спецификой гидротермического режима черноземной области Западной Сибири, который отражается, прежде всего, на количественных параметрах гумусово-аккумулятивного процесса и определяет особенности профильного распределения гумуса и его запасов ([Хмелев, 1989](#); [Кленов, 2000](#)).

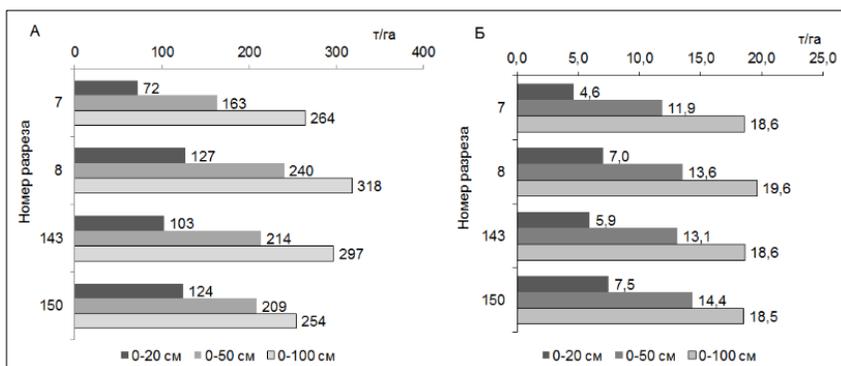


Рис. 2. Послойные запасы гумуса (А) и общего азота (Б) в почвах Ишимской степи, т/га. Условными знаками показана мощность расчетного слоя в см. Названия почв по номеру разреза даны в таблице 2.
Fig. 2. Humus (А) and nitrogen (Б) content (t/ha) in different layers of the soils of the Ishim steppe. The symbols in the figure show the thickness of the calculated layer in cm.

Агрозем на микроповышении (р. 7) имеет среднее содержание общего азота в горизонте PU и наименьшее по сравнению с остальными почвами, старозалежная почва характеризуется самым высоким его содержанием (табл. 4).

Аналогично характеризуются запасы азота в слое 0–20 см (рис. 2). Запасы азота в метровом слое изученных почв Ишимской степи сходные. Обогащенность гумуса азотом средняя во всех почвах (табл. 4). Старозалежная почва характеризуется увеличением запасов общего азота в поверхностном слое по сравнению с остальными почвами. Смена типа использования (пашня – лесополоса) также приводит к изменению гумусового состояния почв: растут запасы гумуса и общего азота, особенно в слое 0–20 см, и обогащенность гумуса азотом. Данная тенденция характерна и для почв других регионов России ([Беляев, 2007](#)).

Гранулометрический состав

Изученные почвы имеют сходный характер распределения ила и физической глины (ФГ) по профилю (рис. 3). Для разрезов 7, 8 и 150 характерно значительное обеднение илом и ФГ в верхней части профиля (пахотного или постагрогенного горизонтов) и резкое увеличение их содержания в срединном горизонте без образования выраженного максимума относительно почвообразующей породы. Обедненность верхней части профиля этих почв вышеупомянутыми фракциями может быть обусловлена их дефляционным выносом при пахотном использовании ([Рейнгард, 2009](#)).

Иной характер распределения ила и ФГ имеет почва под лесополосой (р. 143). В профиле выражено два максимума их содержания: один в гумусовом горизонте, другой – в аккумулятивно-карбонатном. На наш взгляд, верхний максимум ила и ФГ обусловлен эоловой аккумуляцией материала, выдуваемого с окружающих пашен, недостаточно защищенных лесополосами. А второй максимум, возможно, связан с перераспределением этих фракций под влиянием дополнительного поверхностного увлажнения, характерного для лесополос. Проявление глинисто-иллювиального процесса в почвах под лесополосами установлено, например, для Среднерусской возвышенности ([Смирнова и др., 2020](#)) и Алтайского края ([Беховых, 2018](#)). Все почвы имеют сходное содержание ила глубже 60 см в срединных горизонтах и почвообразующей породе, где оно составляет 30–40%. По сравнению с остальными почвами

залежная почва содержит меньше ФГ во всем профиле, что обусловлено естественной пространственной гетерогенностью гранулометрического состава почвообразующих пород ([Волков, 1965](#)). При этом с глубины 40 см залежная почва тяжелосуглинистая, как и остальные почвы, а в верхней части профиля (AU+AB) – среднесуглинистая.

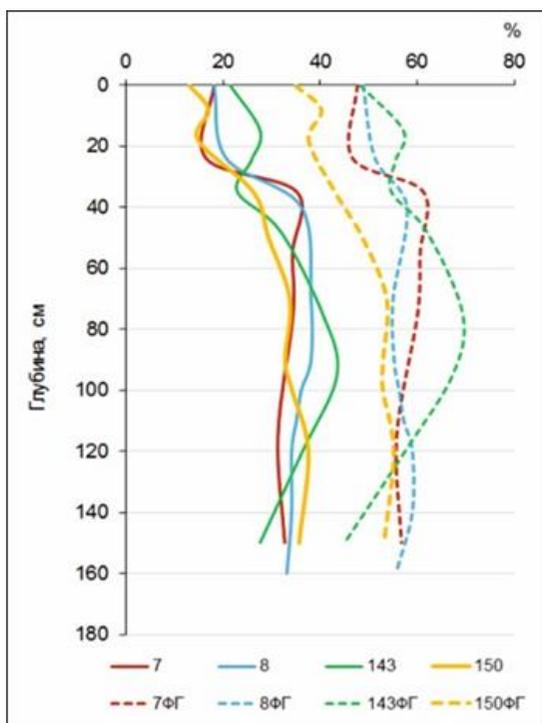


Рис. 3. Содержание ила (сплошная линия) и физической глины (пунктирная) в почвах Ишимской степи. Цифрами в легенде здесь и далее обозначены номера разрезов, название почв приведено в таблице 2.
Fig. 3. The content of silt (solid line) and physical clay (dotted line) in the soils of the Ishim steppe. The numbers in the legend here and further indicate the numbers of sections, the name of the soils is given in Table 2.

Карбонатный профиль

Для морфогенетической характеристики черноземов и их агрогенно трансформированных аналогов важным показателем является карбонатный профиль (КП), который подразделяют на различные зоны ([Лебедева, Овечкин, 2003](#); [Лебедева, 2011](#); [Щеглов, 2003](#) и пр.). Для характеристики КП почв Ишимской степи мы использовали зонирование, предложенное А.А. Сеньковым ([2004](#)), в соответствии с которым выделяют зону выщелачивания, иллювиально-аккумулятивную зону и зону автохтонных карбонатов почвообразующей породы (или литогенных карбонатов).

Зона выщелачивания карбонатов в изученных почвах отличается как по их содержанию, так и по мощности (рис. 4). Почвы нормального увлажнения – чернозем под залежью (р. 150) и агрозем дисперсно-карбонатный (р. 7) – сходны по ее размерам. Агрозем дисперсно-карбонатный (р. 7) вскипает от 10%-ной HCl с поверхности, что свидетельствует о присутствии в зоне выщелачивания остаточных карбонатов (около 4%) (рис. 4), остальные почвы не вскипают в этой зоне и не содержат остаточных карбонатов. Самую мощную зону выщелачивания (80 см) имеет агрозем глинисто-иллювиальный (р. 8), расположенный в микрозападине. В почве под лесополосой (р. 143) мощность зоны выщелачивания больше, чем в почвах нормального увлажнения (рр. 7 и 150), и составляет 50 см. В зоне выщелачивания разреза 7 содержатся остаточные карбонаты (около 4%), в других почвах – 1–2%.

Таким образом, мощность зоны выщелачивания карбонатов плакорных почв Ишимской степи зависит от характера поверхностного увлажнения: при нормальном увлажнении она составляет 35–40 см, при дополнительном (снеготалыми водами в почвах микрозападин и лесополос) – она увеличивается до 50–80 см. В почвах лесополосы возможно также дополнительное влияние древесной растительности на этот параметр ([Беховых, 2018](#); [Смирнова и др., 2020](#)).

Наиболее резкие различия КП плакорных почв Ишимской степи характерны для иллювиально-аккумулятивной зоны (ИАЗ). При нарастании поверхностного увлажнения ее мощность увеличивается, она становится более растянутой, верхняя граница углубляется (рис. 4; рр. 8, 143).

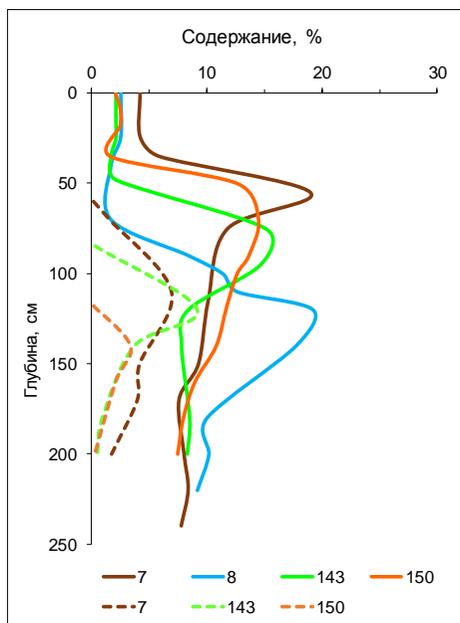


Рис. 4. Профильное распределение карбонатов (сплошная линия) и гипса (пунктирная линия) в почвах Ишимской степи.

Fig. 4. Profile distribution of carbonates (solid line) and gypsum (dotted line) in soils of the Ishim steppe.

Содержание карбонатов здесь варьируется от 12 до 19%. Залежная почва (р. 150) несколько отличается по характеру ИАЗ: несмотря на нормальное увлажнение, она растянута (до 1 м) и содержание карбонатов в ней ниже (11–14%). По нашему мнению, это обусловлено более легким гранулометрическим составом (меньшее содержание ФГ) и пространственной неоднородностью условий выщелачивания карбонатов на территории Ишимской степи. В то же время для всех изученных почв характерна резко выраженная верхняя граница этой зоны. В зоне литогенных карбонатов содержание их постоянно и составляет 8–10% (рис. 4). Глубина верхней границы этой зоны зависит от характера увлажнения: в почве микрозападины (р. 8) при дополнительном поверх-

ностном увлажнении она составляет 220 см, при нормальном увлажнении – 150–180 см.

Гипсовый профиль

Характерной особенностью черноземов Ишимской степи и их агрогенных аналогов является наличие в профиле хорошо выраженного морфологически гипсового горизонта, в то время как почвообразующая порода гипса не содержит ([Черноземы, 1988](#); [Сеньков, 2004](#)). В изученных нами почвах он также был обнаружен (табл. 2), а аналитические данные показали некоторые особенности их гипсового профиля. Ближе всего к поверхности расположен гипсовый горизонт в агроземе дисперсно-карбонатном (р. 7). Аналитически гипс обнаруживается уже в слое 50–80 см при его содержании здесь 1.6–1.8%, в то время как морфологически новообразования гипса в этом слое не выражены. В горизонте, где зафиксированы морфологически оформленные стяжения мелкокристаллического гипса, содержание его максимально, достигает 7.0% и постепенно уменьшается с глубиной (рис. 4). Мощность слоя, где аналитически обнаруживается гипс в этой почве, составляет 150 см, а мощность горизонта с морфологически выраженными новообразованиями гипса – 40 см (от 90 до 130 см) (табл. 2). Так как ранее в этой почве фиксировались хорошо выраженные морфологически новообразования кристаллического гипса ([Черноземы..., 1988](#)), которые в 2019 г. мы не обнаружили, можно предположить, что произошла трансформация гипсовых новообразований и гипсового профиля в целом. Это обусловлено перераспределением гипса в результате изменения типа использования (превращение целины в пашню) и, как следствие, усиления промачивания профиля. В связи с большей растворимостью гипса по сравнению с карбонатами, возможна относительно быстрая (десяtkи лет) трансформация его мелкокристаллических новообразований в мучнистые, а также перераспределение по профилю в связи с изменением характера атмосферного увлажнения, что отмечалось, например, в солонцах ([Любимова, 2018](#)).

Резко выраженная верхняя граница гипсового горизонта и максимальное содержание в нем гипса характерны для почвы лесополосы (р. 143): в слое 80–100 см оно составляет 0.3%, в слое

100–130 см – 9.2%, и уменьшается вниз по профилю (рис. 4). Границы слоя, где гипс фиксируется аналитически (100–140 см), совпадают с границами, выделенными морфологически по его новообразованиям. Слабее всего аккумуляция гипса выражена в залежной почве (р. 150): новообразования обнаружены на глубине 120–160 см, содержание его здесь составляет 2.1–3.4%. В почве микрозападины (р. 8) гипсовый горизонт не обнаружен во всей зоне аэрации до грунтовых вод из-за влияния дополнительного поверхностного увлажнения, которое препятствует аккумуляции гипса.

Мы разделяем точку зрения ([Сеньков, 2004](#)), что гипс в почвах Ишимской степи является педогенным новообразованием, результатом галогенеза степных почв, который включает аэральное поступление солей, их миграцию по профилю, метаморфизацию почвенных растворов, образование и осаждение гипса. Возможность гипсообразования в результате обменных реакций кальция почвенного поглощающего комплекса с сульфатно-натриевыми растворами обоснована и другими авторами ([Ямнова, Панкова, 2013](#); [Yamnova, 2016](#)). В настоящее время гипотеза атмосферно-педогенного происхождения гипса в почвах аридных регионов не получила широкого признания, и зачастую происхождение гипса в степных черноземах трактуется как реликтовое гидрогенное ([Безуглова и др., 2019](#)), что возможно с учетом локальных условий. Однако в черноземах Ишимской степи и их агрогенных аналогах гипс является педогенным, хотя на современном этапе, возможно, происходит процесс его перераспределения в связи со сменой типа использования и превращения целины в пашню, что ранее фиксировалось для других почв ([Любимова, 2018](#)).

Физико-химические свойства

Агрозем темный дисперсно-карбонатный характеризуется слабощелочной и щелочной реакцией среды по всему профилю в связи карбонатностью горизонтов (табл. 4). Остальные почвы имеют в верхней части профиля бескарбонатную зону со слабокислой и нейтральной реакцией среды (табл. 4).

В зоне выщелачивания почвы имеют типичный для черноземов состав обменных оснований со значительным преобладани-

ем кальция (табл. 4), на долю которого приходится 70–80% от суммы обменных катионов. Доля обменного магния составляет 15–20%, доля обменного натрия – 1–2%. Максимальное содержание обменного калия приурочено к гумусовым горизонтам и составляет 5–8% от суммы катионов. Ниже гумусового горизонта доля калия уменьшается до 1–2%. Такое профильное распределение обменного калия в изученных почвах свидетельствует о его биогенной аккумуляции. Вниз по профилю, в зоне скопления карбонатов происходит увеличение содержания обменных магния и натрия в ППК (табл. 4). При этом возрастание количества магния начинается выше карбонатного максимума, натрия – несколько ниже. Одновременно с глубиной уменьшается содержание обменного кальция и его доля от суммы обменных оснований. В гумусовом горизонте почвы под лесополосой (р. 143) доля обменного кальция ниже, чем в остальных почвах, что, возможно, связано с влиянием древесной растительности ([Беляев, 2007](#); [Смирнова и др., 2020](#)).

Солевой профиль

Одной из характерных черт плакорных почв Ишимской степи является их засоленность в глубоких горизонтах профиля ([Сеньков, 2004](#)). Эта особенность подтверждена результатами наших исследований. Засоленность почв характеризуются определенным разнообразием распределения водорастворимых солей по профилю.

Верхняя часть профиля (темногумусовый и агротемногумусовый горизонты) всех изученных почв не засолены (рис. 5). Три из четырех изученных почв свободны от водорастворимых солей в слое 0–100 см. Слабое засоление начинается глубже 100 см, оно хорошо фиксируется аналитически, но не выражено морфологически. В агроземе на микроповышении (рис. 5, р. 7) засоление средней степени начинается с глубины 50 см и постепенно увеличивается до максимума в слое 110–120 см.

Таблица 4. Химические и физико-химические свойства почв Ишимской степи
Table 4. Chemical and physico-chemical properties of the soils of the Ishim steppe

Горизонт	Глубина, см	pH _{H2O}	УЭП, дСм/м	Обменные основания					С _{орг} , %	N _{общ} , %	C/N
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Сумма, ммоль(+)/100 г почвы			
				% от суммы							
Разрез 7. Агрозем темный дисперсно-карбонатный гипссодержащий засоленный											
PU'	0-12	8.02	0.28	73	20	3	4	30.6	2.22	0.23	9.7
PU''	12-24	7.83	0.19	80	14	1	6	30.2	2.15	0.24	8.9
ABlc,s,yu	30-40	8.08	1.22	49	42	5	5	28.4	1.42	0.19	7.4
BCAdc,s,yu	50-60	8.07	2.65	42	47	5	5	24.7	0.99	0.13	7.9
	70-80	8.22	2.37	33	53	6	7	21.1	0.68	0.09	7.6
Bcs,s	110-120	8.06	3.42	36	50	7	8	21.4	0.52	0.07	15.8
BCca,s	140-150	8.00	3.09	37	48	7	8	20.7	0.41	H.o.	-
Cca,s	160-170	7.87	3.12	36	49	7	8	21.9	0.48	H.o.	-
	190-200	7.88	2.15	37	49	7	8	21.9	0.35	H.o.	-
Разрез 8. Агрозем темный глинисто-иллювиальный											
PU'	0-14	6.47	0.11	76	18	1	6	30.4	3.85	0.35	11.0
PU''	14-24	6.51	0.10	78	18	1	4	31.9	3.41	0.32	10.7
BIyu	30-40	6.47	0.07	67	26	3	4	23.4	1.70	0.16	10.4
	60-70	7.22	0.11	57	34	6	3	23.3	0.64	0.10	6.6
BCAdc	80-90	8.36	0.33	52	38	7	3	22.7	0.31	H.o.	-
	100-110	8.39	0.51	47	41	10	2	21.1	0.32	H.o.	-
BCca	130-140	8.43	0.65	41	47	10	3	17.5	0.15	H.o.	-

Продолжение таблицы 4
Table 4 continued

Горизонт	Глубина, см	pH _{H2O}	УЭП, дСм/м	Обменные основания					С _{орг} , %	N _{общ} , %	C/N
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Сумма ммоль(+)/100 г почвы			
				% от суммы							
BCca,q	170-180	8.37	0.73	36	51	11	2	19.5	0.13	Н.о.	-
Cca,q	190-200	8.32	0.12	37	51	10	2	20.2	0.12	Н.о.	-
Разрез 143. Чернозем дисперсно-карбонатный гипсосодержащий засоленный темноязыковый постагрогенный											
AUao	0-5	7.02	0.24	65	28	6	2	31.9	13.45	0.31	11.0
AUpa	5-15	6.56	0.10	66	26	6	2	27.4	2.73	0.28	9.9
	15-25	6.32	0.65	70	21	8	2	28.8	2.33	0.23	10.3
AU	25-35	6.52	0.70	68	22	7	2	30.9	2.27	0.22	10.2
AByu	38-48	7.11	0.12	65	25	0	10	33.7	1.26	0.17	7.3
BCAdc,yu	65-75	7.92	0.18	57	36	0	7	29.6	1.00	0.11	9.4
	85-95	8.15	0.20	49	44	1	6	25.9	0.29	Н.о.	-
Bcs,s	110-120	7.65	1.72	70	24	1	5	25.0	0.12	Н.о.	-
BCca,s	130-140	7.68	1.48	67	28	1	4	19.6	0.25	Н.о.	-

Продолжение таблицы 4
Table 4 continued

Горизонт	Глубина, см	pH _{H2O}	УЭП, дСм/ м	Обменные основания					С _{орг} , %	N _{общ} , %	C/N
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Сумма ммоль(+)/ 100 г почвы			
				% от суммы							
Разрез 150. Чернозем дисперсно-карбонатный засоленный гипסодержащий темнаязыковатый постагрогенный											
AUrz	0-3	6.61	0.10	74	21	0	5	26.2	4.00	0.46	8.7
AUra	3-8	6.48	0.13	78	18	1	4	28.3	3.56	0.30	11.9
	8-18	6.80	0.12	79	16	1	3	29.8	3.50	0.30	11.7
AByu	22-32	7.94	0.10	78	18	1	3	28.1	1.53	0.20	7.6
BCAdc,yu	40-50	8.27	0.14	75	22	1	2	23.5	0.72	0.11	6.6
	60-70	8.38	0.13	68	28	2	2	27.2	0.40	Н.о.	-
	80-90	8.39	0.18	63	31	4	1	30.0	0.24	Н.о.	-
BCAdc,yu,s	108-118	8.22	0.25	36	46	16	2	26.6	0.22	Н.о.	-
Bcs,s	130-140	8.15	0.48	34	46	18	2	22.1	0.17	Н.о.	-
Cca,s	170-180	8.20	0.50	35	45	18	2	23.0	0.15	Н.о.	-

Примечание. Н.о. – не определяли. **Note.** Н.о. – a parameter was not investigated.

Почвы нормального увлажнения (чернозем под залежью и агрозем темный дисперсно-карбонатный на микроповышении) сходны по составу аккумулирующихся ионов: это катионы натрия и сульфат- и хлорид-анионы (рис. 5, р. 7 и р. 150). При этом в агроземе (р. 7) в зоне аккумуляции солей на глубине 60–90 см преобладает хлорид-анион, в слое 100–200 см – сульфат-анион. В черноземе (р. 150) зона солевой аккумуляции расположена значительно глубже, в слое 130–180 см, а преобладающими являются хлорид-анионы. Надо отметить, что чернозем под залежью имеет более легкий гранулометрический состав, чем агрозем на микроповышении (рис. 3). Учитывая ранее установленное влияние гранулометрического состава на солевой профиль ишимских почв (Сеньков, 2004), выявленные различия между почвами по глубине залегания солевых аккумуляций и профилю их распределению обусловлены этим фактором.

Таким образом, плакорные почвы Ишимской степи имеют солевые аккумуляции на различной глубине, в зависимости от характера увлажнения и гранулометрического состава. Установлены также различия типа и степени засоления почв, обусловленные теми же факторами. Влияние типа использования почв на их солевой профиль требует дальнейших специальных исследований.

Особенности классификационного статуса плакорных почв Ишимской степи в системе WRB (2015)

Региональные особенности педогенеза плакорных почв Ишимской степи хорошо отражаются при классификации по WRB (IUSS..., 2015). Темногумусовый и агротемногумусовый горизонты почти по всем параметрам (окраска, содержание $C_{орг}$, насыщенность основаниями, оструктуренность) соответствуют критериям горизонта Chernic (IUSS..., 2015), являющегося диагностическим для Chernozems. Однако ограничение его мощности (≥ 25 см) показывает, что изученные почвы Ишимской степи соответствуют лишь минимальному значению этого критерия, а старозалежная почва (р. 150) не соответствует даже горизонту Mollic (≥ 20 см). В результате она была отнесена нами к группе Calcisol.

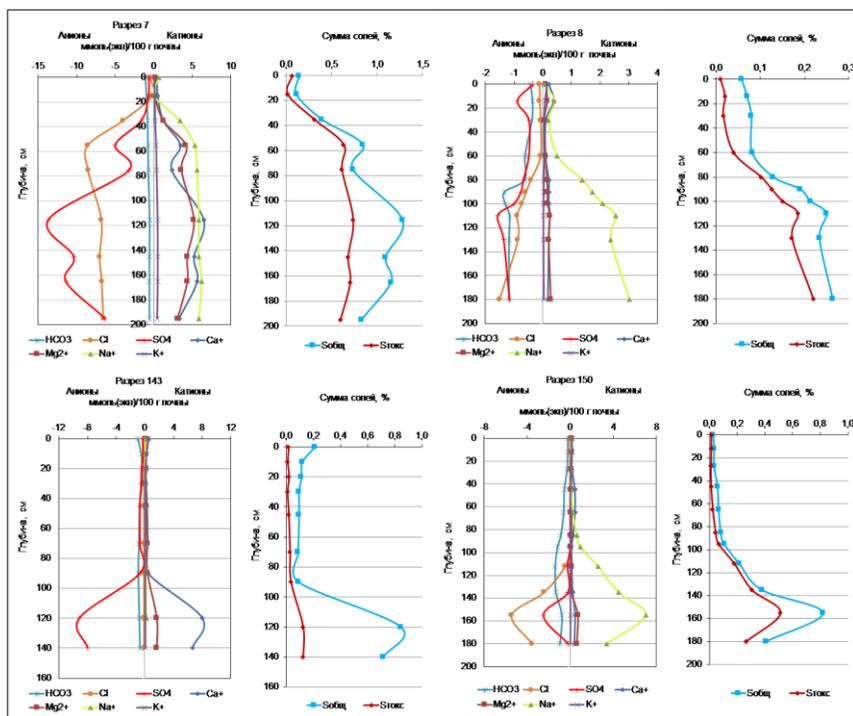


Рис. 5. Солевые профили почв Ишимской степи (по результатам анализа водной вытяжки из почв). Условные обозначения: Собщ – общая сумма солей, Стокс – сумма токсичных солей.

Fig. 5. Distribution of water-soluble salts (anions and cations) in the soils of the Ishim steppe (according to the results of the analysis of water extract from soils). Legend: Собщ – total sum of salts; Стокс – sum toxic salts.

Классификация WRB также хорошо отображает такие региональные особенности почв Ишимской степи как: невысокое содержание карбонатов (Hypocalcic), гипсосодержание (Gypsic), образование глубоких языков-трещин (Tonguichernic, Tonguimollic). Однако глубинная засоленность слабой и средней степени по оценке КПП не соответствует критериям Salic по WRB ([IUSS..., 2015](#)), что отмечалось и ранее ([Smolentseva, 2011](#)). Также глубинный гидроморфизм, диагностированный в трех почвах (табл. 2) в виде пятен оржавления и оглеения, проявляется недостаточно ин-

тенсивно для использования квалификатора Gleyic ([IUSS..., 2015](#)). Таким образом, диагностические критерии КПП ([Классификация и диагностика..., 2004](#); [Полевой определитель..., 2008](#)) позволяют более адекватно отразить особенности педогенеза плакорных почв Ишимской степи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что плакорные почвы Ишимской степи имеют ряд морфологических и химических особенностей, являющихся отражением специфики их педогенеза под влиянием современной динамики среды, в том числе антропогенного фактора.

Массовая распашка привела к качественным субстантивным изменениям в плакорных почвах и замене черноземов на агроземы, которые в настоящее время преобладают на территории Ишимской степи. В агроземах особенности технологической обработки – поверхностной плоскорезной вспашки – на современном этапе привели к разделению типодиагностического агротемногумусового горизонта на два подгоризонта и его вертикальной дифференциации по плотности, структуре и содержанию $C_{\text{орг}}$. Региональной морфогенетической особенностью всех плакорных почв Ишимской степи является темная языковатость (yu) и соответствующие модификации карбонатно-аккумулятивного $BCAdc, yu$ и глинисто-иллювиального BUy горизонтов, что отражается на классификационном статусе почв выделением темноязыковатого подтипа.

Организация полезащитных лесонасаждений в Ишимской степи привела к выводу из пашни части агрогенных почв и к их постагрогенной трансформации в течение 45–50 лет. За этот период произошло превращение агротемногумусового горизонта в темногумусовый с постагрогенными признаками и формирование в верхней его части подгоризонта AUa_0 с признаками грубогумусированности, что не свойственно степным почвам. Накопление снега в лесополосах и появление дополнительного поверхностного увлажнения за счет снеготалых вод способствовали углублению верхней границы карбонатного и гипсового горизонтов в профиле почв лесополос. Встречаются также залежные участки, выведен-

ные ранее из пашни, на которых произошло восстановление зональной степной растительности, формирование дернового горизонта, изменение структуры горизонта PU и превращение его в горизонт AU, что свидетельствует о восстановлении почвы до состояния, близкого к целинному.

Дополнительное поверхностное увлажнение в почвах микропонижений вызывает глубокое, по сравнению с почвами нормального увлажнения, выщелачивание карбонатов, формирование глинисто-иллювиального горизонта в бескарбонатной зоне и препятствует образованию гипсового горизонта. Повышение уровня грунтовых вод на современном этапе, которое проявляется особенно заметно в микропонижениях и под полезащитными лесонасаждениями, обуславливает неогидромофизм плакорных почв и формирование квазиглееватых подтипов почв.

Изучение гумусного состояния почв Ишимской степи при различном типе использования показало, что как пахотные, так и постагрогенные почвы характеризуются резко убывающим распределением гумуса по профилю. Это является региональной спецификой степных черноземов Западной Сибири и их агрогенных аналогов и обусловлено особенностями гидротермического режима почв черноземной области Западной Сибири. Он отражается, прежде всего, на количественных параметрах гумусонакопления, определяет специфику профильного распределения гумуса и его запасов. Запас гумуса в слое 0–100 см зависит от дополнительного увлажнения: чем оно больше, тем он выше. Прекращение пахотного режима и постагрогенная трансформация плакорных почв также меняют их гумусное состояние: увеличиваются запасы гумуса и общего азота, особенно в слое 0–20 см, и обогащенность гумуса азотом.

Установлено отсутствие стадии агропочв при агрогенной трансформации целинных черноземов Ишимской степи. Причиной данного факта является малая мощность (25–30 см) их темногумусового горизонта. Поэтому при распашке черноземы дисперсно-карбонатные и черноземы глинисто-иллювиальные, минуя стадию агропочв, сразу превращаются в агроземы темные, в отличие от степных черноземов в европейской части России. Таким образом, отсутствие стадии агропочв (агрочерноземов) является

региональной спецификой агрогенной трансформации черноземов Ишимской степи.

Глубина верхней границы гипсового горизонта в изученных почвах зависит от характера увлажнения и от гранулометрического состава. Зафиксировано также изменение гипсового профиля в почве нормального увлажнения в связи с изменением типа использования. Таким образом, голоценовый процесс гипсонакопления в плакорных почвах Ишимской степи в настоящее время изменяется под влиянием агрогенной трансформации.

Для агроземов выражены потери ила и физической глины в верхней части профиля (агрогенный и постагрогенный горизонты), вероятно, вследствие дефляции. В почве лесополосы отмечается процесс вторичной аккумуляции этих фракций за счет ветрового привноса, а также увеличение их содержания в средней части профиля, что, возможно, обусловлено тенденцией развития глинисто-иллювиального процесса.

Для всех изученных плакорных почв Ишимской степи характерны солевые аккумуляции различной степени, а солевые горизонты локализуются преимущественно в нижней части профиля. Дополнительное поверхностное увлажнение в почвах микроповышений и лесополос и варьирование гранулометрического состава обуславливает диверсификацию солевых профилей как по расположению зоны аккумуляции водорастворимых солей, так и по их составу.

Полученные результаты свидетельствуют о региональной специфике генетических свойств плакорных почв Ишимской степи, отличающих их от европейских аналогов, а также о влиянии на них агрогенной трансформации, что отражается на морфологии почв, их гумусном состоянии, характере карбонатного и гипсового профиля, процессах галогенеза и разнообразии солевых профилей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Азаренко М.А., Казеев К.Ш., Ермолаева О.Ю., Колесников С.И.* Изменение растительного покрова и биологических свойств черноземов в постагрогенный период // Почвоведение. 2020. № 11. С. 1412–1422, DOI: [10.31857/S0032180X20110039](https://doi.org/10.31857/S0032180X20110039).
2. *Башкатова Л.Н., Шмидт А.Г.* Динамика фосфора и калия в почвах

- степи Омской области // Современное состояние и проблемы рационального использования почв Сибири: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. Омск, 2020. С. 70–75.
3. *Безуглова О.С., Минаева Е.Н., Морозов И.В.* Генезис карбонатного и гипсоносного горизонтов в черноземах обыкновенных карбонатных // Наука Юга России. 2019. Т. 15. № 4. С. 55–62. DOI: [10.7868/S25001640190407](https://doi.org/10.7868/S25001640190407).
4. *Беляев А.Б.* Многолетняя динамика свойств черноземов выщелоченных под разными лесонасаждениями // Почвоведение. 2007. № 8. С. 917–926.
5. *Беховых Ю.В.* Изменение морфологических признаков и некоторых физических свойств черноземов южного и выщелоченного Приобского плато под древесной породой *Betulla pendula* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (161). С. 32–37.
6. *Волков И.А.* Ишимская степь (рельеф и покровные лессовидные отложения). Новосибирск: Наука, 1965. 75 с.
7. *Градобоев Н.Д., Прудникова В.М., Сметанин И.С.* Почвы Омской области. Омск: Омское кн. изд., 1960. 374 с.
8. *Гусаров А.В., Шарифуллин А.Г., Голосов В.Н.* Современный тренд эрозии пахотных черноземов обыкновенных Приволжской возвышенности (Саратовская область) // Почвоведение. 2018. № 12. С. 1517–1538. DOI: [10.1134/S0032180X18120043](https://doi.org/10.1134/S0032180X18120043).
9. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2015 году. М.: ФГБНУ “Росинформагротех”, 2017. 196 с. URL: <http://mcxasc.ru/upload/iblock/74f/74f92a4f3d0c54b09abd64f3054e526b.pdf>.
10. *Иванов А.Л., Лебедева И.И., Гребеников А.М.* Факторы и условия антропогенной трансформации черноземов, методология изучения эволюции почвообразования // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2013. Вып. 72. С. 26–46. DOI: [10.19047/0136-1694-2013-72-26-46](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2013-72-26-46).
11. *Ильин В.Б.* Агрохимические свойства каштановых почв Кулундинской степи // Почвы Кулундинской степи. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1967. С. 175–224.
12. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
13. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
14. *Кленов Б.М.* Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал “ГЕО”, 2000. 176 с.
15. *Кравцов Ю.В.* Подъем грунтовых вод в Ишимской степи // Сибирский экологический журнал. 2009а. № 2. С. 217–222.
16. *Кравцов Ю.В.* Изменения в режиме влажности плакорных почв

- Ишимской степи при подъеме грунтовых вод // Вестник Томского государственного университета. 2009б. № 325. С. 176–181.
17. *Кравцов Ю.В.* Водный режим почв Ишимской степи. Новосибирск: изд-во НГПУ, 2014. 252 с.
18. *Кравцов Ю.В., Жигарев В.О., Перебейнос Г.В.* Гидрологическое состояние почв Ишимской степи в различные по снежности промежутки лет за 1986–2017 гг. // Географическая наука, туризм и образование: современные проблемы и перспективы развития. Мат-лы VI Всеросс. науч.-практ. конференции. Новосибирск: изд-во НГПУ, 2017. С. 10–14.
19. *Лебедева И.И.* Гидрологические профили южных черноземов и агрочерноземов // Почвоведение. 2004. № 7. С. 837–846.
20. *Лебедева И.И.* Гумусовые и карбонатные аккумуляции как диагностические критерии в черноземах Восточной Европы // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2011. Вып. 68. С. 3–18. DOI: [10.19047/0136-1694-2011-68-3-18](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2011-68-3-18).
21. *Лебедева И.И., Королева И.Е., Гребенников А.М.* Концепция эволюции черноземов в условиях агроэкосистем // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2013. Вып. 71. С. 16–26. DOI: [10.19047/0136-1694-2013-71-16-26](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2013-71-16-26).
22. *Лебедева И.И., Овечкин С.В.* Карбонатный профиль восточно-европейских черноземов // Почвоведение: аспекты, проблемы, решения. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2003. С. 34–54.
23. *Лисецкий Ф.Н., Родионова М.Е.* Изменение почв сухой степи в результате многовековых агрогенных воздействий (в окрестностях античной Ольвии) // Почвоведение. 2015. № 4. С. 397–409. DOI: [10.7868/S0032180X1504005X](https://doi.org/10.7868/S0032180X1504005X).
24. *Любимова И.Н.* Постмелиоративная трансформация карбонатного и гипсового профилей солонцовых почв сухостепной зоны // Почвоведение. 2018. № 11. С. 1299–1308. DOI: [10.1134/S0032180X18110060](https://doi.org/10.1134/S0032180X18110060).
25. *Мамонтов В.Г., Артемьева З.С., Лазарев В.И., Родионова Л.П., Крылов В.А., Ахметзянова Р.Р.* Сравнительная характеристика свойств целинного, пахотного и залежного чернозема типичного Курской области // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2020. Вып. 101. С. 182–201. DOI: [10.19047/0136-1694-2020-101-182-201](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-101-182-201).
26. *Морозов И.В., Минаева Е.Н., Безуглова О.С.* О формировании гипсового горизонта в черноземах обыкновенных карбонатных // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 3(31). С. 121–131. DOI: [10.31774/2222-1816-2018-3-121-13](https://doi.org/10.31774/2222-1816-2018-3-121-13).
27. *Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С.* Дополнительные показатели гумусного состояния почв // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–926.

28. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
29. Почвообразование и антропогенез: структурно-функциональные аспекты: монография / *Фаткулин Ф.А., Чичулин А.В., Сеньков А.А.* и др. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. 188 с.
30. *Рейнгард Я.Р.* Деградация почв экосистем юга Западной Сибири: монография. Лодзь, 2009. 636 с.
31. Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв. М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1990. 235 с.
32. *Семенов В.М., Козут Б.М.* Почвенное органическое вещество. М.: Изд-во ГЕОС. 2015. 233 с.
33. *Сеньков А.А.* Галогенез степных почв (на примере Ишимской равнины). Новосибирск: изд-во СО РАН, 2004. 152 с.
34. *Слесарев И.В., Кудряшова С.Я.* Гранулометрический состав и водно-физические свойства почв и подстилающих пород // Черноземы: свойства и особенности орошения. Новосибирск: Наука, 1988. С. 39–47.
35. *Смирнова М.А., Геннадиев А.Н., Чендев Ю.Г., Ковач Р.Г.* Влияние полезащитных лесонасаждений на локальное разнообразие почв (Белгородская область) // Почвоведение. 2020. № 9. С. 1041–1052. DOI: [10.31857/S0032180X20090166](https://doi.org/10.31857/S0032180X20090166).
36. *Смоленцева Е.Н.* Региональные и зонально-провинциальные особенности черноземов Западной Сибири // Почвы в биосфере, Часть 1. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. С. 105–110.
37. *Смоленцева Е.Н.* Особенности агрогенной трансформации чернозёмов Западной Сибири // Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем. Иркутск: Иркутский государственный университет, 2021. С. 180–184.
38. Теории и методы физики почв / *Шеин Е.В., Карпачевский Л.О.* (ред.). М.: “Гриф и К”, 2007. 616 с.
39. Теория и практика химического анализа почв / *Воробьева Л.А.* (ред.). М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
40. *Урусевская И.С., Алябина И.О., Винюкова В.П., Востокова Л.Б., Дорофеева Е.И., Шоба С.А., Щипихина Л.С.* Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. / Добровольский Г.В., И.С. Урусевская И.С. (ред.). Масштаб 1 : 2 500 000. М., 2013. 16 с.
41. *Хитров Н.Б., Герасимова М.И.* Предлагаемые изменения в классификации почв России: диагностические признаки и почвообразующие породы // Почвоведение. 2022. № 1. С. 3–14. DOI: [10.31857/S0032180X22010087](https://doi.org/10.31857/S0032180X22010087).

42. Хмелёв В.А. Лёссовые черноземы Западной Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1989. 201 с.
43. Черноземы: свойства и особенности орошения. Новосибирск: Наука, 1988. 254 с.
44. Чупрова В.В. Запасы, состав и трансформация органического вещества в пахотных почвах Средней Сибири // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2017. Вып. 90. С. 96–115. DOI: [10.19047/0136-1694-2017-90-96-115](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2017-90-96-115).
45. Щеглов Д.И. Черноземы центральных областей России: современное состояние и направление эволюции // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2003. № 2. С. 187–195.
46. Ямнова И.А., Панкова Е.И. Гипсовые новообразования и формирующие их элементарные почвообразовательные процессы // Почвоведение, 2013, № 12. С. 1423–1436. DOI: [10.7868/S0032180X13120125](https://doi.org/10.7868/S0032180X13120125).
47. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015, International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports. No. 106. FAO. Rome, 2015. 192 p.
48. Smolentseva E.N. Assessment of soil diversity in Western Siberia using WRB // Advances in Soil Classification, Land use Planning and Policy Implications / S.A. Shahid et al. (Eds). Dubai: International Center for Biosaline Agriculture, 2011. P. 123–132.
49. Yamnova I.A. Salt and gypsum pedofeatures as indicators of soil processes // Dokuchaev Soil Bulletin. 2016. Vol. 86. pp. 96–102. DOI: [10.19047/0136-1694-2016-86-96-102](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-86-96-102).

REFERENCES

1. Azarenko M.A., Kazeev K.Sh., Ermolaeva O.Yu., Kolesnikov S.I., *Izmenenie rastitel'nogo pokrova i biologicheskikh svoystv chernozemov v postagrogenny period (Changes in vegetation cover and biological properties of chernozems in the post-agrogenic period)*, *Pochvovedenie*, 2020, No. 11, pp. 1412–1422, DOI: [10.31857/S0032180X20110039](https://doi.org/10.31857/S0032180X20110039).
2. Bashkatova L.N., Shmidt A.G., *Dinamika fosfora i kaliya v pochvakh stepi Omskoy oblasti (Dynamics of phosphorus and potassium in the soils of the steppe of the Omsk region)*, In: *Sovremennoe sostojanie i problemy racional'nogo ispol'zovanija pochv Sibiri: mat-ly Mezhdunar nauch-prakt. konf (Proc. Int. Sci. and Pract. Conf. "The current state and problems of rational use of soils in Siberia")*, Omsk, 2020, pp. 70–75.

3. Bezuglova O.S., Minaeva E.N., Morozov I.V., Genezis karbonatnogo i gipsonosnogo gorizontov v chernozemakh obyknovennykh karbonatnykh (Genesis of carbonate and gypsum-bearing horizons in chernozems ordinary carbonate), *Nauka Yuga Rossii*, 2019, Vol. 15, No. 4, pp. 55–62, DOI: [10.7868/S25001640190407](https://doi.org/10.7868/S25001640190407).
4. Belyaev A.B., Mnogoletnyaya dinamika svoystv chernozemov vyshchelochennykh pod raznymi lesonasazhdeniyami (Long-term dynamics of properties of chernozems leached under different forest plantations), *Pochvovedenie*, 2007, No. 8, pp. 917–926.
5. Bekhovyykh Yu.V., Izmenenie morfologicheskikh priznakov i nekotorykh fizicheskikh svoystv chernozemov yuzhnogo i vyshchelochennogo Priobskogo plato pod drevesnoy porodoy *Betulla pendula* (Changes in morphological features and some physical properties of the chernozems southern and leached Priobsky plateau under the *Betulla pendula* tree species), *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, No. 3 (161), 2018, pp. 32–37.
6. Volkov I.A., *Ishimskaya step' (rel'ef i pokrovnye lessovidnye otlozheniya)* (Ishim steppe (relief and cover loess-like deposits)), Novosibirsk: Nauka, 1965, 75 p.
7. Gradoboev N.D., Prudnikova V.M., Smetanin I.S., *Pochvy Omskoj oblasti* (Soils of the Omsk region), Omsk: Omsk kn. izd-vo, 1960, 374 p.
8. Gusarov A.V., Sharifullin A.G., Golosov V.N., Sovremennyy trend erozii pakhotnykh chernozemov obyknovennykh Privolzhskoy vozvysheynosti (Saratovskaya oblast') (The current trend of erosion of arable chernozems of ordinary Volga upland (Saratov region)), *Pochvovedenie*, 2018, No. 12, pp. 1517–1538, DOI: [10.1134/S0032180X18120043](https://doi.org/10.1134/S0032180X18120043).
9. *Doklad o sostojanii i ispol'zovanii zemel' sel'skohozjajstvennogo naznacheniya Rossijskoj Federacii v 2015 godu* (Report on the state and use of agricultural lands of the Russian Federation in 2015), Moscow: FGBNU “Rosinformagrotech”, 2017, 196 p., URL: <http://mcx.ac.ru/upload/iblock/74f/74f92a4f3d0c54b09abd64f3054e526b.pdf>.
10. Ivanov A.L., Lebedeva I.I., Grebennikov A.M., Factors for anthropogenic transformation of chernozems, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2013, Vol. 72, pp. 26–46, DOI: [10.19047/0136-1694-2013-72-26-46](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2013-72-26-46).
11. Il'in V.B., Agrokhimicheskie svoystva kashtanovykh pochv Kulundinskoj stepi (Agrochemical properties of chestnut soils of the Kulunda steppe), In: *Pochvy Kulundinskoj stepi* (Soils of the Kulunda steppe), Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie, 1967, pp. 175–224.
12. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR* (Classification and diagnostics of soils in the USSR), Moscow: Kolos, 1977, 223 p.
13. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* (Classification and diagnostics of soils in Russia), Smolensk: Ojkumena, 2004, 342 p.

14. Klenov B.M., *Ustojchivost' gumusa avtomorfnyh pochv Zapadnoj Sibiri (Stability of humus of automorphic soils of Western Siberia)*, Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, filial "GEO", 2000, 176 p.
15. Kravtsov Yu.V. Pod'em gruntovykh vod v Ishimskoy stepi (The rise of groundwater in the Ishim steppe), *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal*, 2009a, No. 2, pp. 217–222.
16. Kravtsov Yu.V. Izmeneniya v rezhime vlazhnosti plakornykh pochv Ishimskoy stepi pri pod'eme gruntovykh vod (Changes in the moisture regime of the upland soils of the Ishim Steppe during the rise of groundwater), *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2009b, No. 325, pp. 176–181.
17. Kravtsov Yu.V., Vodnyy rezhim pochv Ishimskoy stepi (*The water regime of the soils of the Ishim steppe*), Novosibirsk: izd-vo NGPU, 2014, 252 p.
18. Kravtsov Yu.V., Zhigarev V.O., Perebeynos G.V., Gidrologicheskoe sostoyanie pochv Ishimskoy stepi v razlichnye po snezhnosti promezhutki let za 1986–2017 gg. (The hydrological state of the soils of the Ishim steppe in different snow intervals of years for 1986–2017), *Geograficheskaya nauka, turizm i obrazovanie: sovremennyye problemy i perspektivy razvitiya. Mat-ly VI Vseross. nauch.-prakt. Konferencii (Proc. VI All-Russian Sci. and Prac. Conf. Geographical science, tourism and education: current problems and development prospects)*, Novosibirsk: Izd-vo NGPU, 2017, pp. 10–14.
19. Lebedeva I.I., Gidrologicheskie profily yuzhnykh chernozemov i agrochernozemov (Hydrological profiles of southern chernozems and agrochernozems), *Pochvovedenie*, 2004, No. 7, pp. 837–846.
20. Lebedeva I., Humus and carbonate accumulations as diagnostic criteria in the chernozems of Eastern Europe, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2011, Vol. 68, pp. 3–18, DOI: [10.19047/0136-1694-2011-68-3-18](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2011-68-3-18).
21. Lebedeva I.I., Koroleva I.E., Grebennikov A.M., The concept of the evolution of chernozems in agroecosystems, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2013, Vol. 71, pp. 16–26, DOI: [10.19047/0136-1694-2013-71-16-26](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2013-71-16-26).
22. Lebedeva I.I., Ovechkin S.V., Karbonatnyy profil' vostochno-evropeyskikh chernozemov (Carbonate profile of Eastern European chernozems), In: *Pochvovedenie: aspekty, problemy, resheniya (Soil science: aspects, problems, solutions)*, Moscow: Pochv. Institute im. V.V. Dokuchaeva, 2003, pp. 34–54.
23. Lisetskiy F.N., Rodionova M.E., Izmenenie pochv sukhoy stepi v rezul'tate mnogovekovykh agrogennykh vozdeystviy (v okrestnostyakh antichnoy Ol'vii) (Changes in the soils of the dry steppe as a result of centuries-old agrogenic influences (in the vicinity of ancient Olbia)), *Pochvovedenie*, 2015, No. 4, pp. 397–409, DOI: [10.7868/S0032180X1504005X](https://doi.org/10.7868/S0032180X1504005X).
24. Lyubimova I.N., Postmeliorativnaya transformatsiya karbonatnogo i gipsovogo profily solontsovykh pochv sukhostepnoy zony (Post-meliorative transformation of carbonate and gypsum profiles of solonchic soils of the dry

steppe zone), *Pochvovedenie*, 2018, No. 11, pp. 1299–1308, DOI: [10.1134/S0032180X18110060](https://doi.org/10.1134/S0032180X18110060).

25. Mamontov V.G., Artem'eva Z.S., Lazarev V.I., Rodionova L.P., Krylov V.A., Ahmetzjanova R.R., Sravnitel'naja karakteristika svojstv celinnogo, pahotnogo i zalezhnogo chernozema tipichnogo Kurskoj oblasti (Comparative characteristics of the properties of Halpic Chernozem of the Kursk Region of different land use), *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2020; No. 101, pp. 182–201, DOI: [10.19047/0136-1694-2020-101-182-201](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-101-182-201).

26. Morozov I.V., Minaeva E.N., Bezuglova O.S., O formirovanii gipsonosnogo gorizonta v chernozemakh obyknovennykh karbonatnykh (On formation of gypsiferous horizon in ordinary carbonated chernozems), *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, 2018, No. 3(31), pp. 121–131, DOI: [10.31774/2222-1816-2018-3-121-13](https://doi.org/10.31774/2222-1816-2018-3-121-13).

27. Orlov D.S., Birjukova O.N., Rozanova M.S., Dopolnitel'nye pokazateli gumusnogo sostojanija pochv (Additional indicators of humus state of soils), *Pochvovedenie*, 2004, No. 8, pp. 918–926.

28. *Polevoy opredelitel' pochv Rossii* (Field guide to soils of Russia), Moscow: Pochv. in-t im V.V. Dokuchaeva, 2008, 182 p.

29. Fatkulin F.A., Chichulin A.V., Senkov A.A. (Eds), *Pochvoobrazovanie i antropogenez: strukturno-funkcional'nye aspekty: monografija* (Soil formation and anthropogenesis: structural and functional aspect), Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie, 1991, 188 p.

30. Reyngard Ya.R., *Degradatsiya pochv ekosistem yuga Zapadnoy Sibiri* (Soil degradation of ecosystems in the South of Western Siberia), Lodz, 2009, 636 p.

31. *Rukovodstvo po laboratornym metodam issledovaniya ionno-solevogo sostava neytral'nykh i shchelochnykh mineral'nykh pochv* (Guide to Laboratory Methods for Studying the Ion-Salt Composition of Neutral and Alkaline Mineral Soils), Moscow, VASKHNIL, 1990, 235 p.

32. Semenov V.M., Kogut B.M., *Pochvennoe organicheskoe veshhestvo* (Soil organic matter), Moscow: GEOS, 2015, 233 p.

33. Sen'kov A.A., *Galogenez stepnyh pochv (na primere Ishimskoj ravniny)* (The halogenesis of steppe soils (on the example of the Ishim plain)), Novosibirsk: izd. dom SO RAN, 2004, 152 p.

34. Slesarev I.V., Kudryashova S.Ya., Granulometricheskij sostav i vodno-fizicheskie svoystva pochv i podstilayushchikh porod (Granulometric composition and water-physical properties of soils and underlying rocks), In: *Chernozemy: svoystva i osobennosti oroshenija* (Chernozems: properties and features of irrigation), Novosibirsk: Nauka, 1988, pp. 39–47.

35. Smirnova M.A., Gennadiev A.N., Chendev Yu.G., Kovach R.G., Vliyanie polezashchitnykh lesonasazhdeniy na lokal'noe raznoobrazie pochv (Belgorodskaya oblast') (Influence of Forest Shelter Belts on Local

- Pedodiversity (Belgorod Oblast)), *Pochvovedenie*, 2020, No. 9, pp. 1041–1052, DOI: [10.31857/S0032180X20090166](https://doi.org/10.31857/S0032180X20090166).
36. Smolentseva E.N., Regional'nye i zonal'no-provintsial'nye osobennosti chernozemov Zapadnoy Sibiri (Regional and zonal-provincial features of the chernozems of Western Siberia), In: *Pochvy v biosfere* (Soils in the biosphere), Vol. 1, Tomsk, Izdatel'skij Dom Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, 2018, pp. 105–110.
37. Smolentseva E.N., Osobennosti agrogennoy transformatsi chernozemov Zapadnoy Sibiri (Features of agrogenic transformation of chernozems in Western Siberia), In: *Pochva kak svyazujushhee zveno funkcionirovaniya prirodnyh i antropogenno-preobrazovannyh jekosistem* (Soil as a Link between the Functioning of Natural and Anthropogenic Systems), Irkutsk: Irkutskiy gosudarstvennyy universitet, 2021, pp. 180–184.
38. Shein E.V., Karpachevskij L.O. (Eds), *Teorii i metody fiziki pochv* (Theories and methods of soil physics), Moscow: Grif i K, 2007, 616 p.
39. Vorob'eva L.A., *Teoriya i praktika khimicheskogo analiza pochv* (Theory and practice of chemical analysis of soils), Moscow: GEOS, 2006, 400 p.
40. Urusevskaja I.S., Aljabina I.O., Vinjukova V.P., Vostokova L.B., Dorofeeva E.I., Shoba S.A., Shhipihina L.S., *Karta pochvenno-jekologicheskogo rajonirovaniya Rossijskoj Federacii* (Map of Soil and Ecological Zoning of the Russian Federation), 1 : 2 500 000, Moscow, 2013, 16 p.
41. Khitrov N.B., Gerasimova M.I., *Predlagaemye izmeneniya v klassifikacii pochv Rossii: diagnosticheskie priznaki i pochvoobrazujushchie porody* (Proposed changes in the classification of soils in Russia: diagnostic signs and soil-forming rocks), *Pochvovedenie*, 2022, No. 1, pp. 3–14, DOI: [10.31857/S0032180X22010087](https://doi.org/10.31857/S0032180X22010087).
42. Khmelev V.A., *Lessovyje chernozemy Zapadnoy Sibiri* (Loess chernozems of Western Siberia), Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie, 1989, 201 p.
43. *Chernozemy: svoystva i osobennosti orosheniya* (Chernozems: properties and features of irrigation), Novosibirsk: Nauka, 1988, 254 p.
44. Chuprova V.V., The Organic Matter Pool, Composition and Transformation in Soils of Middle Siberia, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2017, No. 90, pp. 96–115, DOI: [10.19047/0136-1694-2017-90-96-115](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2017-90-96-115).
45. Shheglov D.I., Chernozemy central'nyh oblastej Rossii: sovremennoe sostojanie i napravlenie jevoljucii (Chernozems of the central regions of Russia: modern state and direction of evolution), *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*, 2003, No. 2, pp. 187–195.
46. Jamnova I.A., Pankova E.I., Gypsic pedofeatures and the elementary pedogenetic processes of their formation, *Eurasian Soil Science*, 2013, Vol. 43,

No. 12, pp. 1117–1129, DOI: [10.1134/S1064229313120089](https://doi.org/10.1134/S1064229313120089).

47. *IUSS Working Group WRB, World Reference Base for Soil Resources 2014*, International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, World Soil Resources Reports, No.106, FAO, Rome, 2015, 192 p.

48. Smolentseva E.N., Assessment of soil diversity in Western Siberia using WRB, In: *Advances in Soil Classification, Land use Planning and Policy Implications*, Dubai: International Center for Biosaline Agriculture, 2011, pp. 123–132.

49. Yamnova I.A., Salt and gypsum pedofeatures as indicators of soil processes, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2016, Vol. 86, pp. 96–102, DOI: [10.19047/0136-1694-2016-86-96-102](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-86-96-102).