

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ БУГРОВ БЭРА ДАУРИИ

***М.В. Шалдыбин^{1,2}, О.К. Кирилюк^{3,4}, А.В. Дембовецкий⁵, Ю.М. Лопушняк¹,
Н.С. Коновалова⁶, Е.В. Уткина⁷, Г.В. Харитонов⁷***

¹ТомскНИПИнефть, пр-т Мира 72, г. Томск, 634027

²Томский политехнический университет, пр-т Ленина 30, г. Томск, 634050

³ФГБУ Государственный заповедник «Даурский», Комсомольская 76, с. Нижний Цасучей, Ононский район, Забайкальский край, 674480

⁴ФГБУН Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Недорезова 16А, г. Чита, 672014

⁵Факультет почвоведения Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, г. Москва, 119991

⁶ФГБУН Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Ким Ю Чена 65, г. Хабаровск, 680000

⁷ФГБУН Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Ким Ю Чена 65, г. Хабаровск, 680000; e-mail: gkharitonova@mail.ru

Поступила в редакцию 25 апреля 2014 г.

Методами рентген- и лазерной дифрактометрии, растровой электронной микроскопии и энергодисперсионного анализа был изучен минералогический и гранулометрический состав почв бэровских бугров Даурии (Южное Забайкалье, бассейн р. Амур). Установлены как сходство, так и различия в составе почв бугров Бэра Даурии и Прикаспия. Почвы характеризуются легким гранулометрическим составом и близким дифференциальным распределением отдельных фракций. Основу минералогического состава почв составляют каркасные минералы – кварц и полевые шпаты. Показано, что почвы бэровских бугров Даурии отличает незначительное содержание тонкодисперсных фракций при высоком содержании крупнозема, отсутствие существенных признаков засоления и меньшая микроагрегированность. Их меньшая микроагрегированность определяет существенно меньшую эрозионную устойчивость почв и бугров Бэра Даурии и, как следствие, образование котловин выдувания.

Ключевые слова: рентген-дифрактометрия, почвы, бугры Бэра, бассейн р. Амур.

ВВЕДЕНИЕ

Специфические геоморфологические образования, бугры Бэра, представляют собой системы параллельных гряд и ложбин. Сложены они, главным образом, как считают некоторые исследователи, песками. Впервые бугры были обнаружены в Северном Прикаспии С.Г. Гmeliным и П.С. Палласом, первое подробное описание бугров дал К.М. Бэр в 1856 году [3], в честь которого они и были названы. До последнего времени считалось, бугры Бэра – это позднеплейстоценовые и голоценовые образования исключительно Северного Прикаспия, однако, согласно теории М.Г. Гросвальда, масштаб распространения параллельных грядово-ложбинных форм рельефа много шире – Западная Сибирь, Восточная Монголия, Северный Китай [8, 9].

Подобные структуры были обнаружены и в бассейне р. Амур в районе среднего течения р. Онон (Южное Забайкалье, Улдза-Торейская равнина) [7, 17]. По своим параметрам эти положительные формы рельефа Улдза-Торейской высокой равнины полностью соответствуют бэровским буграм Прикаспийской низменности, отличаясь от них лишь более мелкими размерами. Так по длинной оси размер гряд составляет от нескольких сотен метров до километра и от десятков до первых сотен метров по короткой оси. Высота гряд колеблется от первых метров до 20–25 м. Для большинства гряд характерна четкая юго-восточная ориентировка. От бэровских бугров Прикаспия их отличает и меньшая эрозионная устойчивость. Часть гряд на открытых степных участках прорезаны со-

временными продольными котловинами выдувания [7]. На бортах выдувов обнаруживаются ярусы погребенных почв позднелайстоценового и голоценового времени.

Неослабевающий интерес к буграм Бэра представителей разных научных школ и направлений связан как с проблемой их происхождения и эволюции, так и с особой их ролью в ландшафте [2, 5, 15, 18]. Было установлено, что бугры Прикаспийской низменности являются центрами аккумуляции солей в пространстве и, вследствие повышенной эрозионной устойчивости, они образуют матричный каркас территории [5]. На высокую связность и механическую прочность их поверхностного слоя обратил внимание еще К.М. Бэр [3]. Позднее было установлено, что в состав поверхностного слоя и бугровой толщи входят своеобразные «глиняные» пески – агрегаты глинистых частиц песчаной размерности [18]. Однако до сих пор не ясно, чем обусловлена эрозионная устойчивость почв бэровских бугров, песчаных по гранулометрическому составу. Возможно, это связано с их повышенной микроагрегированностью, а она (микроагрегированность) в свою очередь определяется минералогическим составом почв: их минерального скелета и тонкодисперсных фракций [16].

Качественный анализ минералогического состава рыхлых четвертичных отложений Забайкалья, сложенных косослоистыми светлыми белесыми песками с примесью серого гравия, был в свое время по материалам Даурской экспедиции выполнен Л.Т. Кузнецовой и установлен их преимущественно кварц-полевошпатовый состав с преобладанием кварца [12]. Было показано, что для отложений характерна исключительно хорошая морфологическая сохранность минеральных зерен. Кварцевые зерна осколочные, свежие, ожелезнение слабое. Полевые шпаты сохраняют свою кристаллографическую форму. Наблюдаются лишь следы пелитизации и серицитизации полевых шпатов. Однако минералогические исследования почв бэровских бугров практически не проводились.

Цель работы – исследование особенностей минералогического состава почв бэровских бугров Даурии (Южное Забайкалье, среднее течение р. Онон) методами рентген-дифрактометрии (качественный и количественный анализ). Работа является продолжением исследований авторами процессов агрегатобразования и их связи с процессами засоления в почвах ландшафтов бугров Бэра Прикаспия [19–21]. В данной работе также представлены данные электронно-микроскопического исследования морфологии и энергодисперсионного анализа частиц основных фракций минералогического состава исследуемых

почв (растровая электронная микроскопия, РЭМ). Особое внимание в данной работе было уделено анализу особенностей гранулометрического состава (распределение частиц по размерам) почв бэровских бугров методами лазерной дифракции.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Обширная Улдза-Торейская высокая равнина с абсолютными высотами до 600–700 м относится к впадинам гобийского типа. В среднем течении р. Онон она заполнена в основном рыхлыми неоген-четвертичными белесыми отложениями, легкими по гранулометрическому составу [17]. Климат территории резко континентальный. Среднегодовая температура воздуха от 0 до -0.5 °С, разница предельных значений температур воздуха самого теплого и самого холодного месяца достигает 90 °С. Безморозный период – 90–110 дней, среднее количество осадков не превышает 350 мм, 90 % осадков выпадает с июля по сентябрь. Продолжительные холодные зимы и низкие температуры (средняя температура января -25 °С) приводят к глубокому промерзанию почв [6, 10, 11]. Согласно биогеографическому районированию рассматриваемая территория расположена в границах провинции монголо-маньчжурских степей Палеарктики [27]. Степи здесь чередуются с парковыми сосновыми лесами. На песках формируются своеобразные дерново-боровые, а под степной растительностью дерново-степные связнопесчаные и супесчаные почвы [7].

Для выбора наиболее представительных в минералогическом отношении почв и закладки соответствующих разрезов были обследованы крупные бэровские бугры, расположенные в открытой степной местности и на территории Цасучейского соснового бора (рис. 1). Заложены разрезы и прикопки на вершинах и в подножии склонов бугров.

Бугры Б1 расположены на открытом пространстве к северо-западу от с. Буйлэсан. Гряда бугров расчленена глубокими (до 4 м) оврагами, расширяющимися в юго-восточном направлении. По дну оврагов отмечаются крупные сланцевые и галечные включения. Вершины и внешние склоны бугров покрыты обедненной вследствие выпаса степной растительностью.

Бугор Б2 расположен в средней части Цасучейского соснового бора к северо-западу от оз. Бытэвкен на месте старой (около 10 лет) гари. Бугор нерасчлененный, пологий склон направлен на юго-восток. Размеры бугра составляют 150:30:5 м (длина:ширина:высота). Вершина бугра и склоны покрыты разнотравной степной растительностью. Восточный склон обрывист, частично разрушен. С западной стороны бугра расположена небольшая озерная котловина, заросшая луговой растительностью.

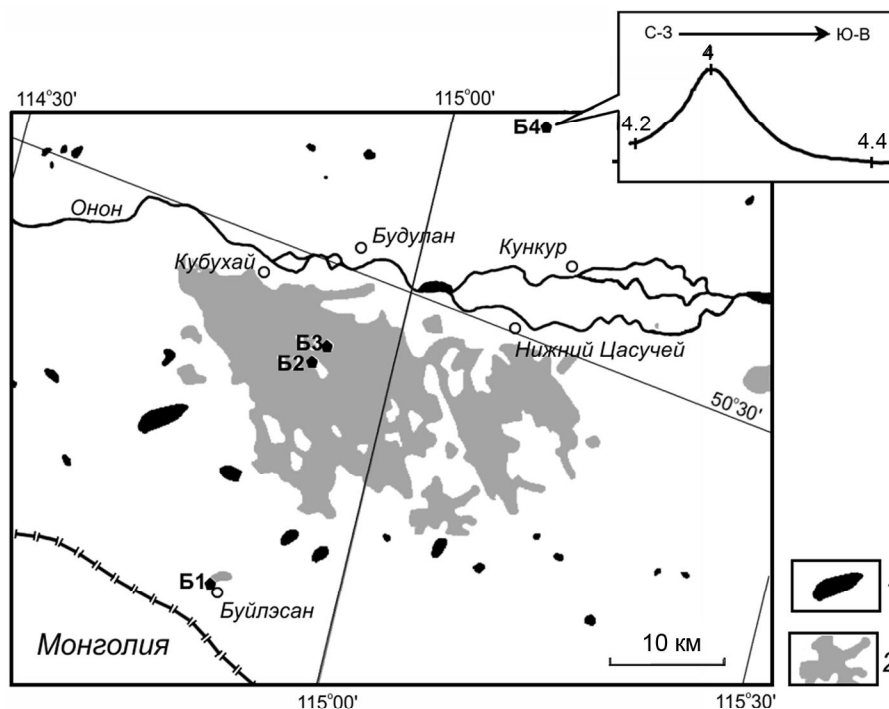


Рис. 1. Расположение обследованных бугров.

1 – озера, 2 – Цасучейский сосновый бор. Карта подготовлена в программе ArcView 3.2, проекция географическая. На врезке расположение почвенных разрезов по продольному профилю котловины выдувания бугра Б4.

Бугор Б3 расположен также в Цасучейском сосновом бору северо-восточнее бугра Б2 на месте гари. Размеры бугра составляют примерно 200:40:7 м. В верхней части бугра в результате образования выдува (глубиной около 2 м) растительность отсутствует. Склоны покрыты степной злаково-разнотравной растительностью. Песок из выдува интенсивно сметается на юго-восточный пологий склон бугра, покрытый кустарниковой растительностью. С юго-восточной части бугра тянется небольшая котловина, увлажняемая во время дождей. Восточный склон крутой, западный склон частично разрушен.

Бугор Б4 расположен на левобережье р. Онон к северо-западу от с. Кункур на юго-восточной окраине соснового бора Цырик-Нарасун. Бугор за счет образования продольной котловины выдувания имеет подковообразную форму. Внешние склоны бугра имеют абсолютную высоту не более 4–5 метров, тогда как внутренние – около 6–7 м. Длина бугра составляет около 350 м, ширина – более 50. Посередине внутренней части «подковы» вдоль ее бортов тянется небольшое, не более 1 м возвышение. Вершина и склоны бугра покрыты разнотравно-злаковой растительностью. На северном склоне и у основания бугра встречаются лишайники, присутствие которых может свидетельствовать о возможном засолении почв. Склоны котловины выдувания, ее дно и небольшое внутреннее возвыше-

ние покрыты разнообразной кустарниковой и древесной растительностью, встречаются отдельные сосны (*Pinus sylvestris* L.). Травянистый ярус сформирован преимущественно мезофильными видами. Юго-восточный выход котловины (основание бугра) покрыт луговой богато-разнотравной растительностью.

В качестве основного объекта исследования был выбран бугор Б4 подковообразной формы с прилегающей территорией (склоны и юго-восточный выход котловины выдувания). Причины выбора бугра Б4 следующие – относительно большой размер бугра и образование продольной котловины выдувания, рефугиумный характер и видовое разнообразие растительности, а также наличие погребенных гумусовых горизонтов в профиле бугровых почв.

Почвы изученного бугра – дерново-степные связнопесчаные и супесчаные. По продольному профилю бугра было заложено три разреза: на северо-западном склоне (разр. 4.2), вершине бугра (разр. 4) и юго-восточном выходе котловины выдувания (разр. 4.4).

Разр. 4.2 – дерново-степная связнопесчаная почва (северо-западный склон, в 60 м от вершины бугра). Гор. А (0–15 см) – дернина редкая, подстилка из лишайника, наличие мелких корней. Цвет темно-серовато-бурый. Свежий, уплотненный, бесструктурный песок. Переход заметный по цвету, граница ровная слабозатечная. Гор. АС (15–90 см) – редкие корни

до 45 см. Цвет однородный буровато-рыжий, с 75 см наблюдается четко выраженная пятнистость: темно-бурые пятна на рыжем фоне. Свежий, бесструктурный песок.

Разр. 4 – дерново-степная связнопесчаная почва (самая высокая точка бугра). Гор. АС (0–70 см) – дернина не выражена, подстилки нет, нанос. Цвет серовато-буроватый; свежий, влажноватый, несколько уплотненный, бесструктурный песок. В верхней части горизонта корни до 60 см. Переход резкий по цвету, граница ровная, слегка размытая. Гор. А_{погр} (70–86 см) – более плотный, темно-буровато-серый, свежий, влажноватый, слегка комковатый бесструктурный песок. Переход резкий, граница ровная, слегка затечная, редкие остатки крупных, до 5 мм в диаметре, корней. Гор. С1 (86–133 см) – цвет буровато-рыжеватый, влажноват, плотность, как у гор. А_{погр}, переход постепенный по цвету, граница размытая. Гор. С2 (> 133–150 см) – окраска неоднородная: сочетание темно-бурых и буровато-рыжих пятен, с глубиной преобладают более темные тона, рыхлый бесструктурный песок, более влажный, чем предыдущий.

Разр. 4.4 – дерново-степная супесчаная почва. Гор. А_д (0–10 см) – большое количество мелких корней. Цвет буровато-сероватый. Свежий, рыхлый бесструктурный песок. Переход заметный по цвету и количеству корней. Граница размытая. Гор. АС (10–21 см) – наличие мелких корней по всему горизонту, но меньше, чем в гор. А_д. Цвет рыжевато-бурый, светлее, чем предыдущий. Слегка уплотнен, свежий (влажноватый). Переход резкий по цвету, граница ровная. Гор. А_{погр} (21–43 см) – темно-серого цвета, большое количество мелких корней на нижней границе. Влажноватый, более плотный, чем предыдущий. Наличие мелкой гальки (1–4 мм и более) во всем горизонте, примерно 10 % от общей массы. Переход явный по цвету и по количеству гальки. Граница ровная, слабо затечная. Гор. С (43–53 см) – желто-серовато-бурый, влажноватый, свежий. Большое количество мелкой 2–3 мм гальки, встречается крупная.

Минералогический состав определяли в образцах почвы в целом и в илстой фракции (< 2 мкм) [24] (ТомскНИПИнефть). Для определения минералов использован рентгеновский дифрактометр «RIGAKU ULTIMA IV» (Rigaku Corporation, Япония). Съёмка рентгенограмм в геометрии Брега-Брентано. Параметры съёмки: анод Cu, напряжение рентгеновской трубки 40 кВ, ток 30 мА, мощность 1.2 кВт. Углы съёмки (2 θ) – от 3° до 90° при анализе почвы в целом и до 65° при анализе илстой фракции. Скорость съёмки 1°/мин с шагом 0.02°. Подготовка образцов к рентген-дифрактометрическому анализу включала дробление (щековая

дробилка «Pulverisette 1», FRITSCHE, Германия) и измельчение (прецизионная планетарная микромельница «Pulverisette 6», FRITSCHE, Германия). Полученный порошок запрессовывали в специальные кюветы. Препараты илстой фракции запрессовывали без измельчения, снимали в воздушно-сухом (20 °С) состоянии и после насыщения этиленгликолем.

Поскольку количественный анализ минералогического состава почвы в целом не входит в традиционный набор лабораторных методов [16], кратко опишем ход анализа и его этапы. Первый этап – идентификация фазового состава образца по цифровым информационным базам; второй этап – построение моделей кристаллической структуры установленных фаз; третий этап – симуляция суммарной дифракционной картины обнаруженных фаз и расчет их количественного содержания методом полнопрофильного анализа [24].

Для достижения наибольшего совпадения расчетных и экспериментальных дифракционных картин использовали информационно-поисковую систему (программное обеспечение PDXL, Traces V6) и цифровые базы данных рентгеновской порошковой дифрактометрии PDF2 и PDF4 Международного центра дифракционных данных (ICDD, Denver, USA). Для расчета минерального состава использовали программу SiroQuant. Корректность и точность анализа определяется высоким угловым разрешением рентген-дифрактометра «RIGAKU ULTIMA IV» и возможностью наблюдения слабых дифракционных отражений. Минимальная доля определяемого минерала – 1 %, погрешность определения – 5–10 отн. %.

Рентген-дифрактометрическое определение минералогического состава исследуемых почв и их илстых фракций было дополнено электронно-микроскопическими исследованиями (РЭМ анализ) на растровом электронном микроскопе «EVO 40 HV» (Карл Цейс, Германия) и MIRA 3 (TESCAN, Чешская Республика) (Аналитический центр ИТиГ ДВО РАН). Для съёмки образцы почв (предварительно растерты и просеяны через сито 2 мм) были подготовлены методом просыпки, напыление Pt, увеличение до 20000. При съёмке образцов для анализа фаз с высоким атомным числом дополнительно к детектору вторичных электронов (SE-детектор) был использован детектор обратно рассеянных электронов (QBS-детектор). При получении изображений с помощью QBS-детектора фазы с высоким средним атомным числом отражаются в контрасте более ярко по сравнению с фазами с меньшим атомным числом. Для анализа элементного состава наиболее репрезентативных участков использовали энергодисперсионный спектрометр «INCA Energy 350», Oxford, Великобритания (PCMA анализ).

Таблица 1. Физико-химические свойства почв бугров Бэра.

Горизонт, глубина, см	pH	С, %	> 2 мм, %	Валовое содержание макроэлементов, %							
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Zr*
Дерново-степная связнопесчаная, разр. 4.2											
A 0–10	7.07	1.59	0	81.73	11.98	1.74	1.28	0.35	2.75	3.15	620
AC 10–20	7.03	0.43	0.5	83.88	11.51	1.80	1.19	0.33	2.53	3.20	708
AC 40–50	7.07	0.13	0.5	79.81	12.34	2.42	1.48	0.45	2.82	3.11	713
Дерново-степная связнопесчаная, разр. 4.											
AC 0–10	6.69	0.47	0	81.18	13.22	2.06	1.55	0.37	3.21	3.08	300
AC 40–50	7.09	0.21	0	82.67	12.64	1.63	1.35	0.27	3.00	3.19	239
A _{погр} 70–80	6.78	1.66	0	84.03	11.66	2.25	1.30	0.36	2.52	3.11	265
C1 100–110	6.98	0.19	0	84.43	11.41	1.66	1.15	0.28	2.55	3.14	288
C2 140–150	6.93	0.11	0	85.00	11.77	1.54	1.10	0.28	2.57	3.22	338
Дерново-степная супесчаная, разр. 4.4											
A _д 0–10	7.01	1.37	0.2	80.67	12.92	2.05	1.49	0.36	3.13	3.14	377
AC 10–20	7.15	0.85	0	83.13	11.96	1.62	1.20	0.24	2.79	3.26	307
A _{погр} 25–35	7.14	3.52	16.9	78.25	13.08	3.03	1.57	0.68	2.87	3.13	458
C 45–50	7.47	0.82	21.4	83.68	12.68	2.06	1.05	0.59	2.59	3.27	300

Примечание. * – мг/кг.

Гранулометрический состав почв был определен лазерно-дифракционным методом (FRITSH Analysette 22, Германия) с предварительной обработкой образцов ультразвуком в дистиллированной воде (диспергатор Branson 250 W 20 кГц) [14] (факультет почвоведения МГУ). Микроагрегатный анализ был проведен также лазерно-дифракционным методом (SALD-2300, SHIMADZU, Япония) без предварительной обработки образцов ультразвуком (ИВЭП ДВО РАН). Валовой химический состав воздушно-сухих образцов почв исследовали рентген-флуоресцентным методом (Pioneer S4, Bruker AXS, Германия; TEFA-III, ORTEC, США) (Аналитический центр ИТиГ ДВО РАН). Общие физико-химические свойства почв определяли по стандартным методикам [1, 4, 14] (ИВЭП ДВО РАН). Краткая характеристика некоторых физико-химических свойств исследуемых почв представлена в табл. 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристику минералогического состава исследуемых почв предварим данными распределения частиц по размерам, поскольку гранулометрический состав почв – одно из наиболее фундаментальных свойств почв и отложений, во многом определяющее их физические и химические свойства. Кроме того, распределение частиц по размерам – источник важной информации происхождения отложений (аллювиальных, морских, эоловых), их транспортной истории и условий отложения [22, 25, 26].

На рис. 2 приведены генерализованные кривые распределения частиц по размерам (дифференциальные и интегральные) для почв бугров Бэра Даурии и Прикаспийской низменности (Астраханская обл.) для

сравнения. Данные содержания основных фракций (согласно дифференциальным кривым) гранулометрического состава почв представлены в табл. 2. Анализ данных гранулометрического состава почв свидетельствует как о сходстве, так и о весьма существенных различиях распределения частиц по размерам в почвах бугров Даурии и Прикаспия.

Сходство заключается в том, что гранулометрический состав почв и в том, и в другом случае определяется четырьмя основными фракциями (четыре пика на дифференциальных кривых): 0–2, 2–10, 10–50 и 50–250 мкм (рис. 2). Первая фракция – это ил в классификации ФАО, третья – пыль крупная в классификации Н.А. Качинского, вторая – промежуточная фракция как в классификации ФАО, так и Н.А. Качинского (фракции мелкой и средней пыли при анализе дают один пик), четвертая – фракция мелкого песка [4, 13].

Для почв вершин бугров Даурии и Прикаспия на дифференциальных кривых гранулометрического состава четко выделяется одна доминирующая фракция с размером частиц от 50 (100) до 250 мкм и максимумом ~150 мкм. Средний размер частиц по классификации ФАО приближается к верхней границе тонкого песка в 50–200 мкм. Ширина пика свидетельствует о существенно большей отсортированности песчаных зерен в почвах бугров Прикаспия. Следует отметить и близость дифференциального распределения частиц (четкое разделение пиков основных фракций) в почвах межбугровых понижений астраханских бугров и нижней части профиля почвенного разреза юго-восточного выхода котловины выдувания бугра Б4.

Различия почв в ландшафтах бугров Бэра Прикаспия и Даурии по гранулометрическому составу, и

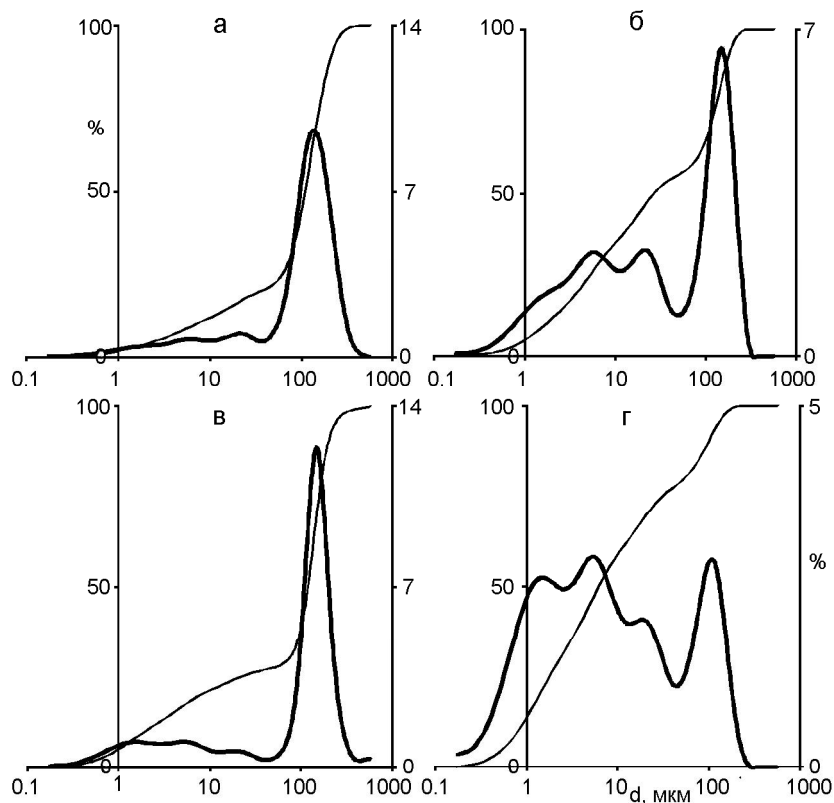


Рис. 2. Гранулометрический состав почв бугров Бэра Даурии (а, б) и Прикаспия (в, г): а, в – вершина бугра; б, г – межбугровое понижение.

Тонкие линии – кумулятивные, толстые – дифференциальные кривые.

Таблица 2. Гранулометрический состав почв бугров Бэра, %.

Горизонт, глубина, см	Фракция, мм			Фракция, мкм						
	> 0.25*	< 0.01	< 0.01**	0–2	2–10	10–50	50–100	100–250	> 250	
Дерново-степная связнопесчаная, разр. 4.2										
A 0–10	24.4	14.3	1.5	4.6	9.7	11.2	14.4	50.2	10.0	
AC 10–20	45.6	8.3	1.0	3.0	5.3	4.9	8.2	64.2	14.4	
AC 40–50	30.3	6.8	1.9	2.9	3.9	3.8	9.9	59.9	19.6	
Дерново-степная связнопесчаная, разр. 4										
AC 0–10	6.1	7.7	0	2.8	4.9	5.8	15.4	62.2	8.9	
AC 40–50	13.3	6.1	0.2	2.6	3.6	3.8	10.3	59.6	20.1	
A _{погр.} 70–80	33.5	12.7	1.4	4.1	8.6	8.8	10.3	50.9	17.3	
C1 100–110	43.8	6.5	1.6	2.7	3.8	3.4	7.6	57.9	24.6	
C2 140–150	41.2	5.4	0.7	2.4	3.0	2.9	6.8	63.6	21.3	
Дерново-степная супесчаная, разр. 4.4										
A _д 0–10	9.1	12.3	1.6	4.2	8.1	10.5	21.5	52.4	3.3	
AC 10–20	21.1	5.5	0.2	2.1	3.3	3.5	6.4	64.6	20.1	
A _{погр.} 25–35	25.5	31.7	1.1	10.2	21.5	19.2	11.4	36.1	1.6	
C 45–50	40.8	19.4	7.2	7.0	12.4	11.7	7.0	50.1	11.8	

Примечание. * – содержание крупного песка, мокрое просеивание перед анализом; ** – содержание физической глины в микроагрегатном анализе.

весьма существенные, состоят в значительно меньшем содержании в последних тонких фракций – ила и пыли. Так, содержание ила в почвах бугров Даурии в целом составляет 2–5 %, что в 2–5 раз ниже, чем соответствующие значения для почв бугров и бугровых отложений Прикаспия. Близких значений достигает

лишь его содержание в нижней части профиля почвы разр. 4.4 (юго-восточный выход котловины выдувания). А для бугров Прикаспия в почвах нижней части склонов и межбугровых понижений содержание ила составляет 30 % и более при доминировании в гранулометрическом составе фракций пыли. Суммарное

Таблица 3. Минералогический состав почв бугров Бэра, %.

Горизонт, глубина, см	Каркасные минералы					Слоистые минералы				Соли	
	Q	Полевые шпаты				Ch	I	MI	K	Anh	G
		Al	An	Or	S						
Дерново-степная связнопесчаная, разр. 4.2											
A 0–10	43.1	6.5	3.6	15.5	26.2	1.0	3.1	0	0	1.0	0
AC 10–20	64.2	8.6	1.6	5.9	5.5	5.1	5.1	1.5	0	2.5	0
AC 40–50	54.4	12.2	5.3	9.8	12.0	1.2	3.5	1.6	0	0	0
Дерново-степная связнопесчаная, разр. 4.											
AC 0–10	44.3	25.3	17.7	4.3	7.2	0	1.2	0	0	0	0
AC 40–50	53.5	19.1	13.6	3.8	7.5	0	2.5	0	0	0	0
A _{погр} 70–80	37.9	26.3	24.4	5.0	4.5	0	1.9	0	0	0	0
C1 100–110	47.8	38.0	3.8	5.3	1.5	0	2.1	0	0	0	1.5
C2 140–150	60.2	28.2	3.1	1.3	5.5	0	1.7	0	0	0	0
Дерново-степная супесчаная, разр. 4.4											
A _д 0–10	57.0	14.6	8.5	2.3	14.2	1.3	1.0	1.1	0	0	0
AC 10–20	51.1	13.4	6.1	8.5	15.2	1.0	2.5	1.0	0	0	1.2
A _{погр} 25–35	62.1	22.3	1.7	3.5	4.1	1.8	2.1	1.4	1.1	0	0
C 45–50	64.9	24.0	0	2.1	3.5	1.0	1.9	1.6	0	0	0

Примечание. Q – кварц, Al – альбит, An – анортит, Or – ортоклаз, S – санидин, Ch – хлорит, I – иллит, MI – смешанослойный иллит, K – каолинит, Anh – ангидрит, G – гипс.

содержание фракций пыли 2–10 и 10–50 мкм достигает 50 % и выше.

Следует отметить, что анализ гранулометрического состава почв лазерно-диффракционным методом проводят для частиц меньше 0.25 мм. Фракцию крупного песка (0.25–2 мм) предварительно отделяют мокрым просеиванием [14]. Соответственно пик фракции на всех дифференциальных кривых отсутствует. В почвах бугров Астрахани фракция крупного песка отсутствует и при мокром просеивании образцов, в то время как для даурских почв ее содержание велико и в нижних горизонтах профиля приближается к 50 %. Почти полное отсутствие фракции крупного песка (0.25–2 мм) в горизонтах почвенно-грунтовой толщи бугров Прикаспийской низменности, как и высокое содержание тонких фракций в межбугровых понижениях, свидетельствует о протяженном характере переноса и длительности транспортировки отложений. Территория Северного Прикаспия последние 1.5–2 млн лет выполняла роль ловушки наносов, формирующихся фактически на всей территории Восточно-Европейской равнины и транспортируемых по водным артериям региона с северо-запада на юго-восток [5]. Для почв Даурии высокие содержания фракции крупного песка при низком содержании тонких фракций свидетельствуют о существенно меньшем участии водных артерий в формировании наносов высокой Улдза-Торейской равнины и преимущественно физико-механическом выветривании наносов в условиях холодного аридного климата региона.

Высокие содержания крупного песка и крайне низкое содержание тонкодисперсных фракций в почвах бугров Даурии предполагает практически полное отсутствие в них микроагрегированности и, как следствие, низкую эрозионную устойчивость. Ранее нами было показано, что эрозионная устойчивость почв бэровских бугров Прикаспия связана с их повышенной микроагрегированностью, обусловленной в свою очередь образованием глинисто-солевых микроагрегатов и кутан на поверхности минеральных зерен [20, 21]. Однако данные микроагрегатного анализа (табл. 2) свидетельствуют об относительной связности и микроагрегированности исследуемых почв. Так, по данным микроагрегатного анализа, содержание в почвах физической глины (частицы < 0.01 мм) не превышает 2 %. После обработки ультразвуком содержание физической глины резко возрастает и в гумусовых горизонтах достигает 10 % и более. В погребенном гумусовом горизонте дерново-степной супесчаной почвы разр. 4.4 ее содержание возрастает до 30 %. Поскольку микроагрегированность почв зависит не только от их гранулометрического, но и минералогического состава (состав минерального скелета и тонкодисперсных фракций) [16], по-видимому, на связность и микроагрегированность исследуемых почв влияет в большей степени последний.

Как показал анализ (табл. 3), основу минералогического состава почв бэровских бугров Даурии, как и Прикаспия [15, 20, 21], составляют каркасные минералы – кварц и полевые шпаты. Согласно РЭМ и РСМА анализу минеральный скелет исследуемых

образцов почв (предварительно растерты резиновым пестиком и просеяны через сито 2 мм) представлены мономинеральными зернами кварца и полевых шпатов. Известно, что в почвах полиминеральным составом характеризуются преимущественно зерна минерального скелета крупнее 2 мм [16]. Полевые шпаты представлены альбитом, анортитом, ортоклазом и санидином. Суммарное содержание каркасных минералов в почвах составляет до 95 %. Согласно данным РЭМ (рис. 3), каркасные минералы представлены окатанными зернами (рис. 3 а, б), осколочными обломками неправильной формы (рис. 3 в–е) с преобладанием зерен с хорошо сохранившимися кристаллографическими формами (рис. 3 ж–з). Большая степень выветрелости зерен характерна для Na-полевых шпатов (рис. 3 в), что соответствует ряду устойчивости минералов S.S. Goldich [23].

Слоистых минералов мало, порядка 5 %, за исключением контакта горизонтов А и С разр. 4.2 (северо-западный склон бугра), где содержание слоистых минералов превышает 10 %, половину из которых составляет хлорит. Выборочный анализ илистой фракции почв показал, что до 70 % илистой фракции почв составляет иллит, присутствует также смешанно-слоистый иллит, остальных минералов существенно меньше: хлорита 10–15 %, каолинита 10 %, смектита крайне мало на пределе обнаружения порядка 1 %. Высокое содержание иллита в илистой фракции связано с аридным характером климата исследуемой территории. Из солей, выделения и накопление которых также характерны для почв аридных территорий, были диагностированы данным методом только гипс и, что очень интересно, его безводная модификация – ангидрит. Выделения гипса до 1.5 % приурочены к подгумусовым горизонтам: гор. А_д разр. 4.4 (юго-восточный выход котловины выдувания) и А_{погр} разр. 4 (вершина бугра). Выделения ангидрита обнаружены в гор. А и на его контакте с гор. С разр. 4.2 (северо-западный склон бугра). По-видимому, дегидратация гипса в поверхностных слоях происходит при высоком солнечном нагреве почвы склона и действии ветра.

Из аксессуарных минералов, содержание которых менее одного процента и соответственно методами рентген-дифрактометрии они обнаружены не были, методами РЭМ и РСМА анализа были диагностированы циркон $ZrSiO_4$, ильменит $FeTiO_3$, сфен $CaTiSiO_5$ и смешанные фосфаты редкоземельных элементов (La, Ce, Nd) (рис. 4, 5). Циркон, стойкий к выветриванию аксессуарный минерал изверженных пород, представлен главным образом хорошо ограниченными кристаллами размером 40–150 мкм (рис. 4 а–в). Существенно реже встречаются окатанные зерна со сколами и тре-

щинами (рис. 4 г–е). Для одного из диагностированных зерен циркона было зафиксировано присутствие в составе осмия (~ 1 ат. %) и, как следствие, несколько иная форма кристаллов (рис. 4 ж).

Ильменит представлен главным образом округлыми окатанными зернами с ямками травления. Размер зерен составляет от 60 до 80 мкм (рис. 5 а, б). Хорошо сохранившиеся без признаков выветривания зерна с четкими ребрами и гладкими гранями (рис. 5 г), как и осколочные формы (рис. 5 в), встречаются единично. Сохранность сфена существенно выше. Он встречается в основном в виде хорошо ограненных клиновидных кристаллов или обломков неправильной формы (рис. 5 д). Его выветрелые окатанные формы были обнаружены только в более влажных условиях почвы разр. 4.4 (рис. 5 е). Меньшая сохранность ильменита по сравнению со сфеном при близкой их твердости и устойчивости к механическому воздействию, видимо, связана с его разрушением в окислительных условиях и устойчивостью сфена в нейтральной среде приповерхностных горизонтов отложений. Фосфаты редких земель встречаются единично (разр. 4.2) в виде окатанных зерен неправильной формы размером 50–90 мкм (рис. 5 ж, з). В более влажных условиях почвы разр. 4.4 размер зерен существенно меньше ~ 5 мкм.

Обращает на себя внимание большое количество «присыпки» на поверхности минеральных зерен тяжелой фракции. Она четко фиксируется на ярком фоне минералов тяжелой фракции при съемке образцов с QBS-детектором. При получении изображений с помощью QBS-детектора фазы с меньшим атомным числом отражаются в контрасте менее ярко, по сравнению с фазами с высоким средним атомным числом. Присыпка представляет собой частицы размером 5–10 мкм и менее и по размеру частиц соответствует фракции физической глины <0.01 мм гранулометрического состава [4]. По-видимому, именно физическая глина определяет отмеченную ранее как высокую (для почв легких по гранулометрическому составу) микроагрегированность почв при отсутствии макроструктуры [6]. Это четко подтверждается данными микроагрегатного и гранулометрического анализа (табл. 2) и растровой электронной микроскопии (рис. 6).

Так, наибольшей микроструктурностью характеризуется супесчаная почва юго-восточного выхода котловины выдувания разр. 4.4, и в ней погребенный гумусово-аккумулятивный гор. А_{погр} с наибольшим в 30 % содержанием физической глины. Образующиеся в горизонте микроагрегаты сложно организованы (согласно числу, размеру и составу входящих в микроагрегат частиц), их средний размер составляет 140–180 мкм (рис. 6 б, в). Вниз и вверх по профилю с уменьшением содержания физиче-

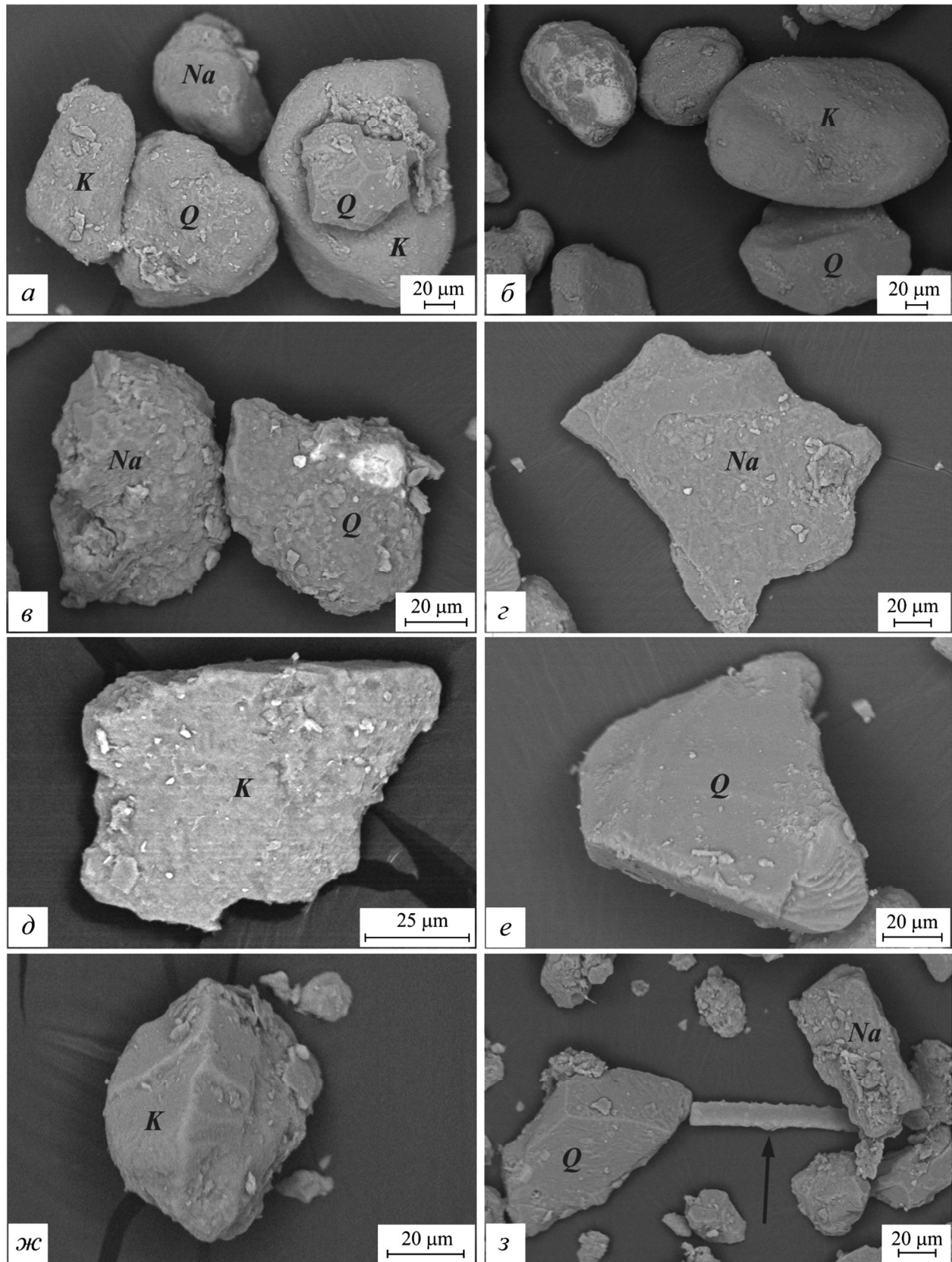


Рис. 3. Микрофотографии зерен кварца и полевых шпатов.

Q – кварц; Na, K – Na-, K-полевые шпаты; стрелка – фитоцит в гор. А_{порр} разр. 4 (РЭМ).

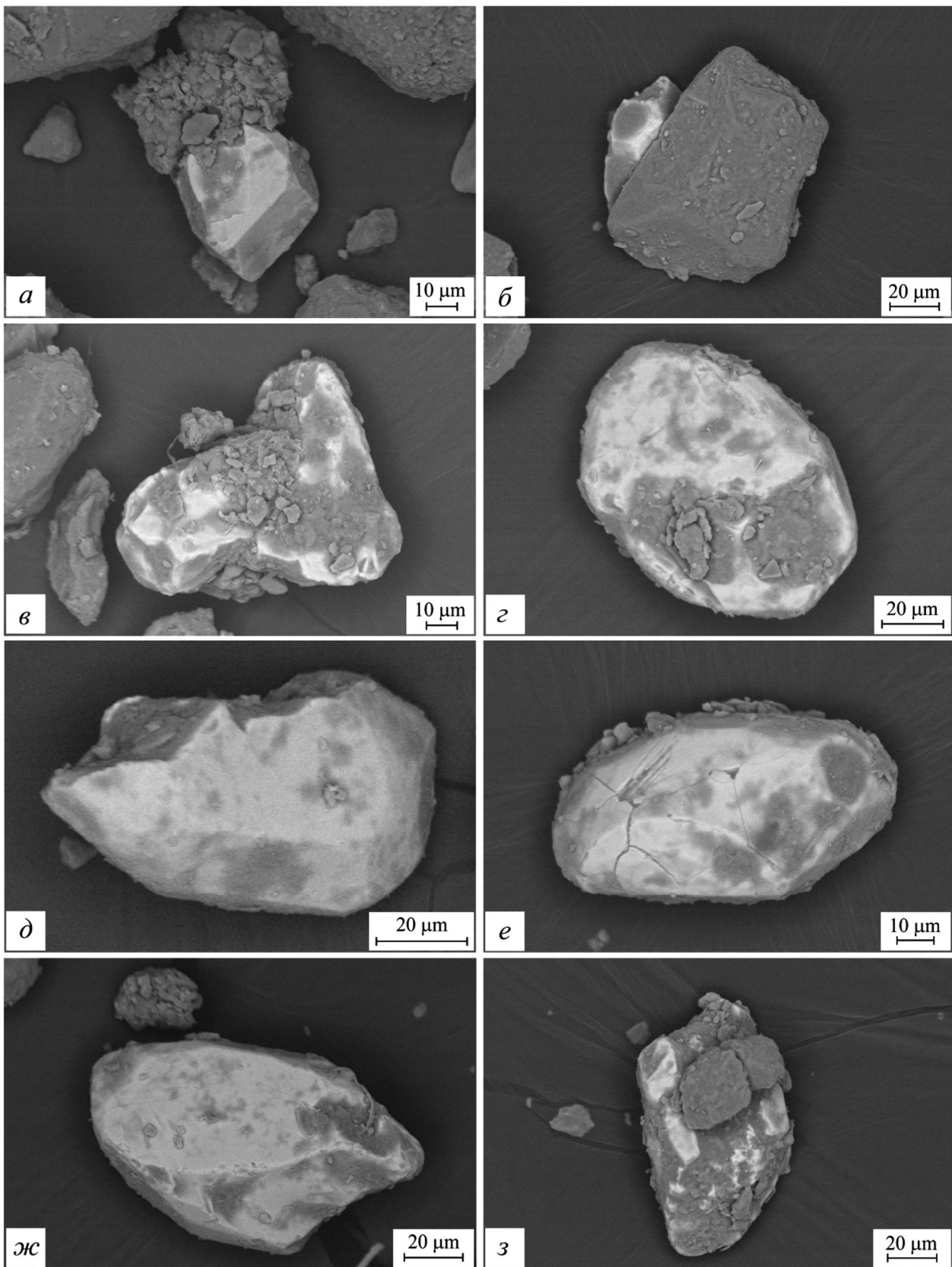


Рис. 4. Микрофотографии зерен циркона, остальные пояснения в тексте (РЭМ).

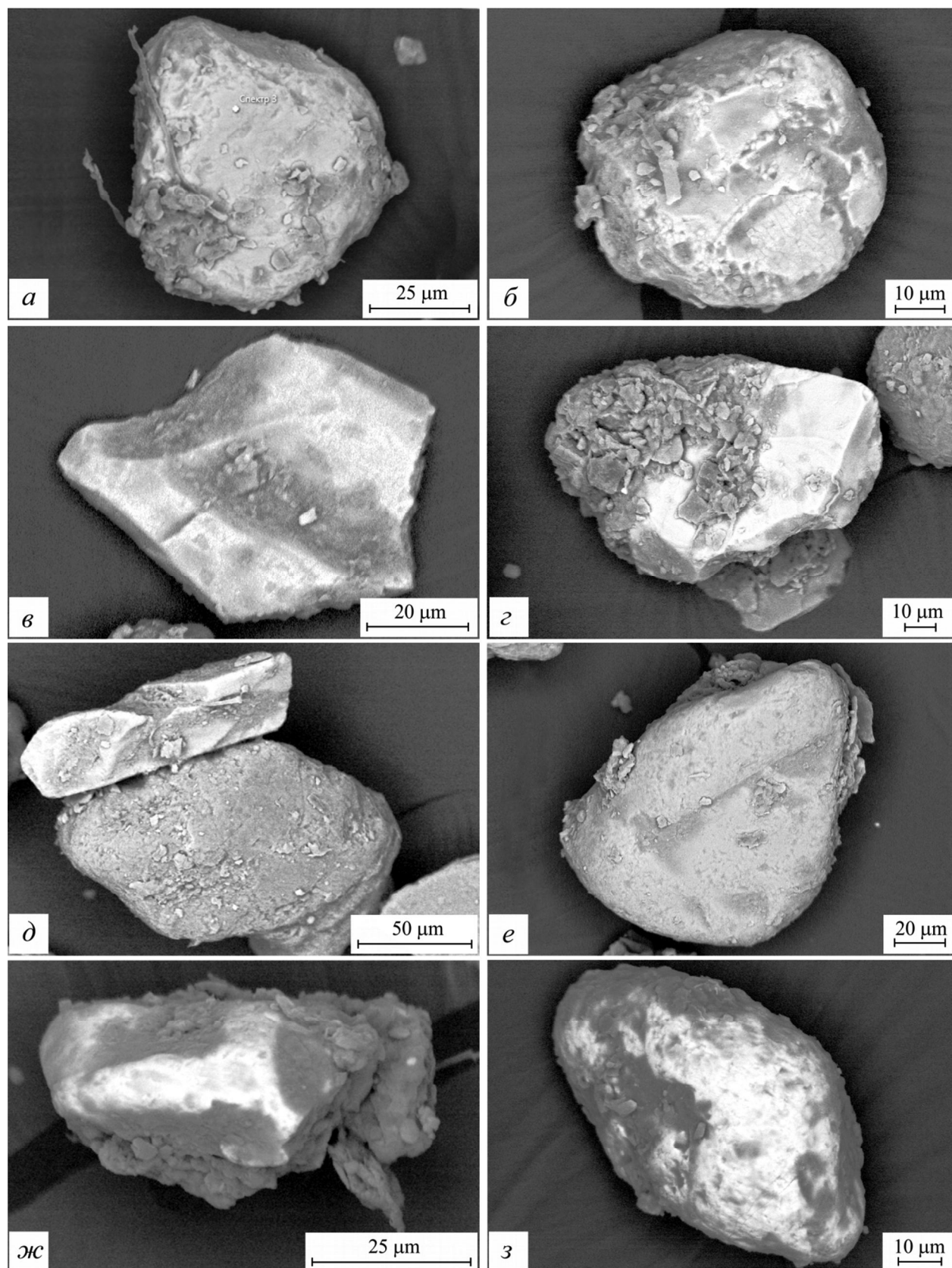


Рис. 5. Микрофотографии зерен ильменита (а – г), сфена (д, е) и смешанного фосфата Се, La, Nd (ж, з) (РЭМ).

ской глины структура микроагрегатов упрощается (рис. 6 а), как уменьшается и их число. В почвах бугра с низким содержанием физической глины по всему профилю (разр. 4 и 4.2) преобладают несколько более крупные (180–250 мкм) грубосвязные микроагрегаты, основу которых составляют кварцевые и полевошпатовые зерна размером до 100 мкм (рис. 6 г, д). Для кварцевых зерен характерно также образование кутан (рис. 6 е) и присыпки (рис. 6 ж, з).

Оценить минералогический состав кутан и присыпки (по соотношению элементов) на поверхности минеральных зерен как легкой, так и тяжелой матрицы методами РСМА анализа затруднительно в связи с малым размером частиц. Четко определяются лишь их алюмосиликатная основа (соотношение Si и Al составляет 1.5–2.5), зафиксировано также присутствие в составе частиц Na, K, Mg, Fe и Ca. Для частиц размером порядка 5 мкм был установлен их Na-полевошпатовый состав (рис. 6 з).

Что касается содержания солей, методами РСМА были зафиксированы только следы сульфат-ионов в составе микроагрегатов нижней части

профиля разр. 4.4. Следовые количества сульфат- и хлорид-ионов диагностируются и при проведении более точного рентгенфлуоресцентного анализа на приборе ТЕФА-III (табл. 4). Так содержание сульфат-ионов (в пересчете на SO_3) составило 0.1–0.3 %, содержание хлорид-ионов на порядок меньше. Малое количество солей в почвах связано с их легким гранулометрическим составом, поскольку даже при небольшом количестве осадков 90 % их выпадает в теплый период года, соли выносятся в микропонижения – временные озера. В одном из таких озер (оз. Арегинское) для оценки состава солей и минералогического состава были отобраны выцветы солей на берегу и илистые отложения. Как показал анализ, илистые отложения, так же как и материал присыпки, обогащены Na, K, Mg, Ca и Fe при близком почвам бугра минералогическом составе. Следует также отметить повышенные содержания брома и стронция в илистых отложениях, что характерно для почв аридных территорий. Слоистых минералов мало и их содержание соответствует содержанию в почвах бугров. Исключение составляет железистый

Таблица 4. Валовой и минералогический состав озерных отложений, %.

Показатель	Озерные отложения				Бугор Б2, разр. 2, 130–140 см		Бугор Б4, разр. 4.3, 0–10 см
	Илистые		Солевые				
	Размер, мм						
	< 2	> 2	< 2	> 2	< 2	> 2	
Валовой состав							
Na ₂ O	5.98	7.52	13.26	11.04	1.68	1.59	2.63
MgO	4.96	5.39	1.18	1.82	1.15	1.26	0.75
P ₂ O ₅	0.22	0.69	0.10	0.10	0.09	0.13	0.08
SO ₃	0.84	1.72	9.42	6.46	0.13	0.16	0.30
Cl	1.14	2.14	1.34	1.97	0.02	0.02	0.02
K ₂ O	2.32	1.94	2.67	3.93	3.08	3.38	2.65
CaO	6.58	8.49	1.30	1.37	1.19	1.10	1.34
Fe ₂ O ₃	1.82	2.64	0.90	0.97	2.91	2.92	1.42
Br*	66	240	38	38	0	0	0
Sr*	609	851	274	280	251	228	301
Минералогический состав							
Каркасные минералы							
Q	51.8		26.8		46.8		–
Al	18.6		7.1		31.2		–
An	7.3		3.2		0		–
Or	6.7		45.7		5.2		–
S	6.2		12.2		2.1		–
Слоистые минералы							
Ch	1.0		0		1.1		–
I	4.3		1.3		11.6		–
Ml	1.0		0		0		–
K	1.0		0		1.1		–
Соли							
T	1.0		4.0		1.0		–

Примечание. * – мг/кг, T – тенардит.

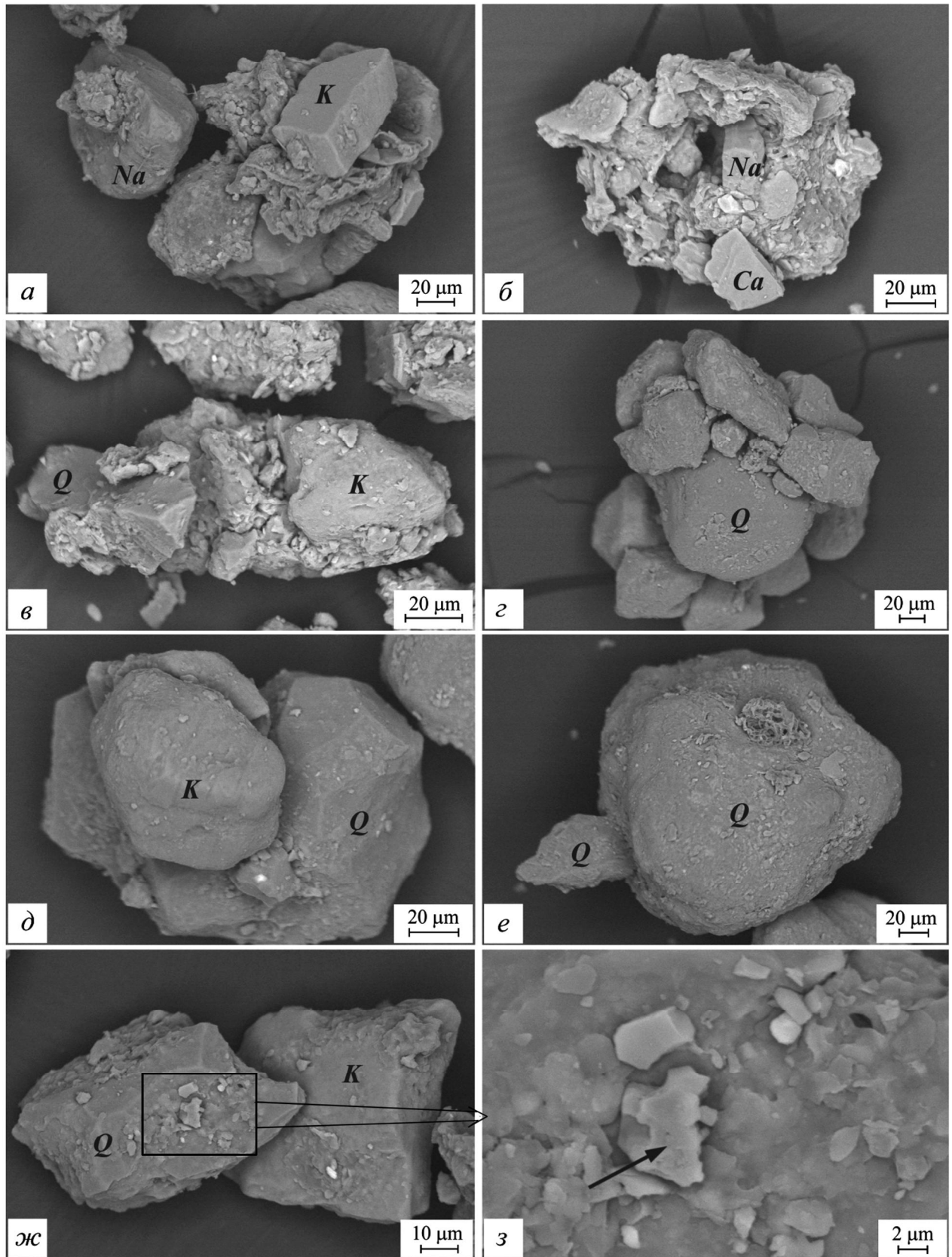


Рис. 6. Микрофотографии микроагрегатов.

Q – кварц; Na, K – Na-, K-полевые шпаты; стрелка – микрочастица Na-полевого шпата на поверхности зерна кварца (ж), остальные пояснения в тексте (РЭМ).

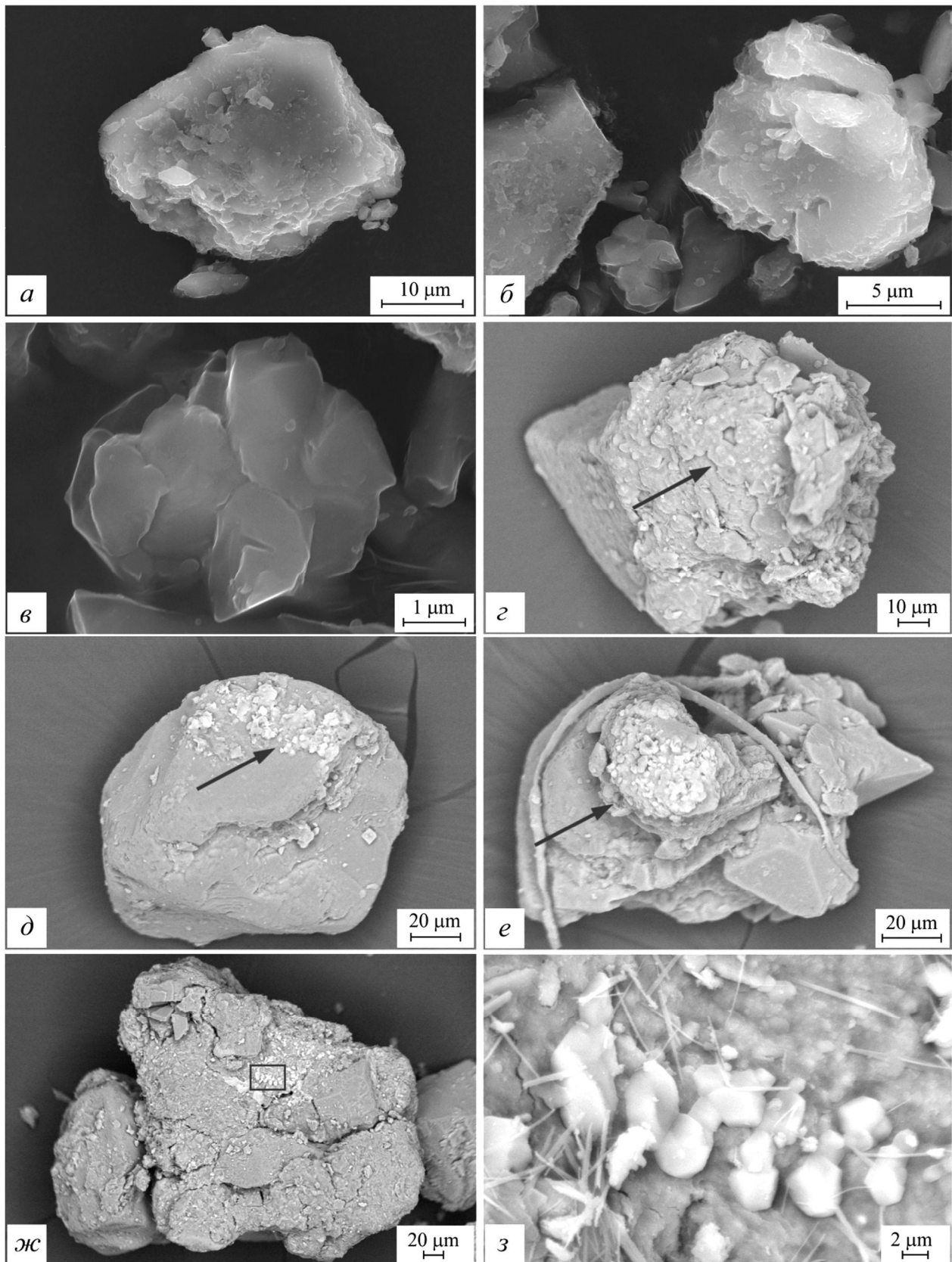


Рис. 7. Микрофотографии озерных солевых выделений (а – е) и илистых отложений (ж, з).

а – кристалл Na_2SO_4 ; б – NaCl ; в – совместные выделения Na_2SO_4 и NaCl ; стрелки – выцветы солей Na_2SO_4 (г) и NaCl (д, е); з – увеличенный фрагмент (ж, рамка) (РЭМ).

прослой из бугра Б2 (разр. 2, 130–140 см), содержание иллита в котором превышает 10 %. Из солей всеми методами (рентгеноструктурный, рентгенфлуоресцентный и РЭМ анализы) четко диагностируется сульфат натрия. Хлорид натрия, содержание которого находится на пределе обнаружения кристаллических фаз рентгеноструктурным методом (около 1%), диагностируется только рентгенфлуоресцентным и РЭМ методами (рис. 7).

Согласно данным РЭМ, в озерных отложениях сульфат и хлорид натрия образуют как мономинеральные кристаллы (рис. 7 а, б), выделения совместной кристаллизации (рис. 7 в), так и выцветы на поверхности минеральных зерен (рис. 7 г–з). Форма выделения солей зависит от минеральной подложки, ее состава и размера частиц. Так в солевых отложениях кристаллы сульфата натрия (тенардит) имеют ромбическую форму и размер до 40 мкм. Хлорид натрия образует кристаллы меньших размеров до 15 мкм и менее правильной формы. В иллитных отложениях хлорид натрия образует ксеноморфные кристаллы размером до 5 мкм. В них были диагностированы и множественные игольчатые кристаллы до 9 мкм в длину и 0.25 мкм в ширину. Их состав в связи с малым размером методами РСМА определить не удалось. Но по результатам рентгенфлуоресцентного анализа (состав и соотношение солей) и форме кристаллов, их можно диагностировать как мелкокристаллические выделения мирабилита $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

Отсутствие существенных признаков засоления, незначительное содержание тонкодисперсных фракций и высокое содержание крупнозема в почвах бугров Бэра Даурии определяет существенно меньшую их микроагрегированность по сравнению с почвами бугров Бэра Прикаспия. Как было показано нами ранее, повышенная микроагрегированность последних связана с образованием глинисто-солевых сложноорганизованных микроагрегатов и кутан на поверхности минеральных зерен [20, 21]. Меньшая микроагрегированность определяет существенно меньшую эрозионную устойчивость почв и бугров Бэра Даурии и, как следствие, образование котловин выдувания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методами рентген-дифрактометрии, растровой электронной микроскопии и энергодисперсионного анализа показано, что основу минералогического состава почв бэровских бугров Даурии (Южное Забайкалье, бассейн р. Амур) составляют каркасные минералы – кварц и полевые шпаты. Полевые шпаты представлены альбитом, анортитом, ортоклазом и санидином.

Слоистых минералов мало до 5 %. До 70 % илистой фракции почв составляет иллит, присутствуют также смешанослойный иллит, хлорит и каолинит. Сметита крайне мало, на пределе обнаружения порядка 1 %. Из солей диагностированы гипс и его безводная модификация (ангидрит). Выделения гипса приурочены к подгумусовым горизонтам почв, ангидрита – к поверхностным горизонтам почв наветренной стороны бугров. По-видимому, дегидратация гипса в поверхностных слоях происходит при высоком солнечном нагреве почвы склона и действии ветра. Сульфаты и хлориды натрия в почвах бугров присутствуют в следовых количествах.

Из акцессорных минералов, содержание которых менее одного процента и соответственно методами рентген-дифрактометрии они обнаружены не были, методами растровой электронной микроскопии и энергодисперсионного анализа были диагностированы циркон ZrSiO_4 , ильменит FeTiO_3 , сфен CaTiSiO_5 и смешанные фосфаты редкоземельных элементов (La, Ce, Nd).

Установлены как сходство, так и различия в составе почв бугров Бэра Даурии и Прикаспия. Почвы характеризуются легким гранулометрическим составом и близким дифференциальным распределением отдельных фракций. Основу минералогического состава почв составляют каркасные минералы – кварц и полевые шпаты. Показано, что почвы бэровских бугров Даурии отличает незначительное содержание тонкодисперсных фракций при высоком содержании крупнозема, отсутствие существенных признаков засоления и меньшая микроагрегированность. Их меньшая микроагрегированность определяет существенно меньшую эрозионную устойчивость почв и бугров и образование котловин выдувания.

Работа выполнена при поддержке ФГБУ Государственный заповедник «Даурский». За консультации и помощь в работе авторы благодарят д. с-х. н. А.Т. Савичева и технического специалиста ООО «TESCAN» И.П. Падерина.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Аристархова Л.Б. Еще раз о происхождении и причинах локализации Бэровских бугров // Известия РАН СССР. Сер. геогр. 1980. № 4. С. 67–73.
3. Бэр К.М. Ученые заметки о Каспийском море и его окрестностях // Зап. Императ. Русс. Геогр. Общ-ва. Кн. XI / Под ред. В.Г. Ерофеева, действ. члена РГО. СПб.: Типография Императ. академии наук. 1856. С. 181–224.
4. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высшая школа, 1973. 399 с.

5. Владыченский А.С., Аветян С.А., Погожев Е.Ю. Характер почвообразования в дельте Волги как отражение его модифицированных природно-антропогенных условий // Проблемы региональной экологии. 2010. № 2. С. 65–72.
6. Волковинцер В.И., Градусов Б.П., Чижикова Н.П. О составе глинистых минералов почв некоторых экстраконтинентальных районов азиатской части СССР // Почвоведение. 1975. № 8. С. 130–138.
7. Гаель А.Г., Смирнова Л.Ф. Пески и песчаные почвы. М.: ГЕОС, 1999. 252 с.
8. Гросвальд М.Г. Евразийские гидросферные катастрофы и оледенение Арктики: Опыт геоморфологического анализа палеогидрологических систем материка. М.: Науч. мир, 1999. 120 с.
9. Гросвальд М.Г. Оледенение Русского Севера и Северо-Востока в эпоху последнего великого похолодания. М.: Наука, 2009. (Материалы гляциологических исследований. Вып. 106. 152 с.)
10. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемия, 2014. 768 с.
11. Засоленные почвы России / Отв. ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. 854 с.
12. Кузнецова Л.Т. Данные минералогического анализа / Геоморфологические исследования / Под ред. С.С. Воскресенского. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1965. С. 189–196.
13. Лозе Ж., Матъе К. Толковый словарь по почвоведению. М.: Мир, 1998. 398 с.
14. Милановский Е.Ю., Хайдапова Д.Д., Поздняков А.И. и др. Практикум по физике твердой фазы почв. М.: Гриф и Ко, 2011. 62 с.
15. Свиточ А.А., Ключевиткина Т.С. Бэровские бугры Нижнего Поволжья. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006. 161 с.
16. Седов С.Н., Шоба С.А. Методы исследования минерального скелета почв: оценка возможностей, применение к решению почвенно-генетических задач // Почвоведение. 1996. № 10. С. 1157–1166.
17. Скляр Е.В., Склярова О.А., Меньшагин Ю.В. и др. Евразийские катастрофические потоки: Цасучейский йокульлауп южного Забайкалья // Докл. РАН. 2007. Т. 415, № 4. С. 544–547.
18. Федорович Б.А. Происхождение “Бэровых бугров” Прикаспия // Изв. АН СССР. Сер. географ. и геофиз. 1941. № 1. С. 95–116.
19. Харитонов Г.В., Чижикова Н.П., Манучаров А.С. и др. Взаимодействие солей с глинистыми минералами // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 31, № 3. С. 81–92.
20. Шеин Е.В., Харитонов Г.В., Милановский Е.Ю. и др. Агрегатообразование в засоленных почвах ландшафтов бугров Бэра // Почвоведение. 2013. № 4. С. 442–453.
21. Шеин Е.В., Харитонов Г.В., Дембовецкий А.В. и др. Состав и строение микроагрегатов почв Бэровских бугров юга Астраханской области // Литология и полезные ископаемые. 2014. № 1. С. 26–32.
22. Development of Pedotransfer Functions in Soil Hydrology / Ed. Ya. Pachepsky, W.Y. Rawls. Amsterdam: Elsevier. 2004. 512 p.
23. Goldich S.S. A study in rock weathering // J. Geol. 1938. V. 46 (1). P. 17–58.
24. Moore D.M., Reynolds R.C., Jr. X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. Oxford, New York: Oxford University Press, 1997. 378 p.
25. Pieri L., Bitteli M., Hiss P.R. Laser diffraction Transmission electron microscopy and Image analysis to evaluate a bimodal Gaussian model for particle size distribution in soils // Geoderma. 2006. V. 135. P. 118–132.
26. Segal E., Shouse P.J., Bradford S.A. et al. Measuring particle size distribution using Laser diffraction: Implications for predicting soil hydraulic properties // Soil Sci. 2009. V. 174. N 12. P. 639–645.
27. Udvardy M.D.F. A classifications of the biogeographical provinces of World // IUCN Occasional Paper. 1975. N 18. P. 5–47.

Рекомендована к печати Б.А. Вороновым

M.V. Shaldybin, O.K. Kirilyuk, A.V. Dembovetsky, Yu.M. Lopushnyak, N.S. Konovalova, E.V. Utkina, G.V. Kharitonova

Mineralogical composition of Daurian Baer mounds soils

The mineralogical composition and particle-size distribution of Daurian Baer mounds soils (South Transbaikal Region, Amur River basin) were studied by the methods of X-ray and laser diffractometry, scanning electron microscopy, and energy-dispersive analysis. Both similarities and differences in the composition of the Baer mounds soils of the Daurian and Caspian regions were recognized. The soils are characterized by coarse texture and close differential distribution of individual fractions. The mineralogical composition of soils is based on such framework minerals as quartz and feldspars. It is shown that the Daurian Baer mounds soils differ from those of the Caspian region in the insignificant content of fine-dispersed fractions, absence of essential features of salinization, and lesser microaggregation. Their lesser microaggregation determines the essentially lesser erosional stability of soils and Daurian Baer mounds, and, consequently, the formation of deflation basins in the mounds.

Key words: X-ray and laser diffractometry, soils, Baer mounds, Amur River basin.