

УДК 631.442

**Фосфор коричневых почв горных пастбищ Узбекистана****А. Ахатов, С. С. Буриев, В. Б. Нурматова\*****Научно-исследовательский институт окружающей среды и природоохранных технологий при Государственном комитете по экологии и охране окружающей среды Республики Узбекистан, Ташкент, Республика Узбекистан**

ИНФОРМАЦИЯ	АННОТАЦИЯ
<p>Рукопись получена 15.08.2022 Получена после доработки 12.10.2022 Утверждение в печать 13.10.2022 Доступна онлайн 01.12.2022</p>	<p>Целью настоящей работы является оценка содержания и распределения фосфора в профиле коричневых почв (Cambisols, Kastanozems, Leptosols) горных пастбищ Республики Узбекистан. Почвенные разрезы заложены в 7 сельскохозяйственных районах страны. Полевые исследования, отбор проб и аналитические работы выполнены в 2019–2021 гг. В перечень исследуемых показателей вошли степень эродированности почв, общее содержание гумуса, содержание илистой фракции, общее содержание фосфора и содержание подвижного фосфора в выделенной илистой фракции и в почве. Проведено детальное деление фосфора на резервы и их расчет по методике расчетов резервов элементов питания по Н.И. Горбунову (1978). Изученные горные коричневые почвы характеризуются суглинистым гранулометрическим составом, ореховато-комковатой структурой, слабокислой или слабощелочной реакцией. Общее содержание гумуса в верхнем горизонте варьирует от 1,0 до 6,8 %. Доля илистой фракции — от 2,9 до 18,3 %. Содержание фосфора в илистых фракциях в 2–3 раза выше, чем в почве в целом и максимальное — 0,558 %. Был выделен фосфор резервов — ближнего, непосредственного и потенциального. Выявлены колебания по содержанию фосфора резервов в гумусовом горизонте: ближний — от 7 до 19, непосредственный — от 6 до 26, потенциальный, доминирующий в общем содержании, — от 68 до 80 %. В гумусовом горизонте происходит накопление нерастворимой формы фосфора, что повышает устойчивость почв к водной эрозии благодаря образованию водопрочных структур. Констатирована неравномерность распределения фосфора и его резервов в коричневых почвах на горных пастбищах Узбекистана, как по почвенному профилю, так и по регионам страны, на что влияют рельеф, экспозиция склонов, особенности почвообразующих пород, атмосферные осадки, гидротермические условия, период биологической активности почв. Потери ближнего и непосредственного резервов гумуса приводят к снижению общего содержания фосфора в целом.</p>
<p><i>Ключевые слова:</i> горные пастбища; гумус; иллистая фракция; коричневые почвы; резервы фосфора; фосфор.</p>	

\* E-mail: [nurmatoffkennel@gmail.com](mailto:nurmatoffkennel@gmail.com)

*Форма цитирования:* Ахатов А., Буриев С.С., Нурматова В.Б. Фосфор коричневых почв горных пастбищ Узбекистана. *Агрохимия и почвоведение*. Межведомств. тем. научн. сборник. 2022. Вып. 93. Харьков: ННЦ "ИПА им. А.Н. Соколовского". С. 24–32. <https://doi.org/10.31073/acss93-03>

**1. Введение**

Известно, что фосфор является одним из важных элементов в питании растений. Он участвует в метаболических процессах, таких как фотосинтез, передача энергии, синтез и расщепление углеводов и признан одним из наиболее действенных факторов роста и продуктивности растений в мировом масштабе [1]. Вовлечение земель в сельскохозяйственный оборот и их интенсивное использование обуславливает утрату почвенного плодородия. Нехватка фосфора широко распространена и остается основным ограничением питательных веществ в неорошаемых горных системах земледелия, так как фосфор является одним из важнейших элементов управления и обеспечения устойчивости систем землепользования в горных районах [2, 3, 4].

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства является актуальной проблемой в сфере управления земельными ресурсами, особенно в регионах, где наблюдается дефицит сельскохозяйственных земель по причине неблагоприятных условий климата или рельефа. В экономике Узбекистана сельское хозяйство является одной из ключевых отраслей, в которой последовательно осуществляется стратегия развития, направленная на обеспечение продовольственной безопасности страны. Принятый в 2019 году Закон о пастбищах [5] и Стратегия развития сельского хозяйства Республики Узбекистан на 2020–2030 годы [6] стали толчком к более активному использованию горных территорий в сельском хозяйстве как пастбища, и сенокосы. Чрезмерный выпас, сопровождающийся выбиванием растительного покрова животными, приводит к нарушению стабильности склонов, благоприятствуя эрозии почв, их дегумификации и уменьшению площади полезных земель, восстановление которых в условиях горного рельефа проблематично [7, 8]. Несмотря на большое количество проведенных исследований, посвященных изучению содержания фосфора, его запасов, влияния факторов на их динамику в местных почвах [9–16], эта тематика остается по-

прежнему актуальной, учитывая современный тренд изменения климата в регионе [17]. Особенный интерес вызывает проблема истощения запасов фосфора коричневых почв, которые широко распространены на средне- и низкогорьях и составляют основную часть земельного фонда страны. В связи с этим целью настоящей статьи является представление некоторых результатов исследований по оценке содержания фосфора и его резервов, а также его распределения в профиле коричневых почв горных пастбищ Узбекистана.

## 2. Объекты и методы исследования

### 2.1. Районы и объекты исследования

Профильные исследования содержания фосфора в почвах проведены в 7 сельскохозяйственных районах страны в период 2019–2021 гг. В качестве объекта исследования выбраны коричневые почвы под горными пастбищами [18]. В соответствии с Мировой реферативной базой почвенных ресурсов (WRB) [19], изученные почвы относятся к Cambisols и Kastanozems, наиболее эродированные варианты — Leptosols. Для проведения исследований заложено 7 разрезов на коричневых почвах со сходным гранулометрическим составом на склонах различной экспозиции [16]. Названия и краткое описание почв, а также географическая привязка разрезов представлены в табл. 1.

**Таблица 1**

*Почвы и географическое положение ключевых почвенных разрезов*

№	Координаты		Абсолютная высота, м	Географическая позиция разреза, название почвы
	широта (с. ш.)	долгота (в. д.)		
54	39°52'21"	68°22'24"	924	Туркестанский хребет, северный макросклон, вблизи поселка Зомин, склон западной экспозиции; почва – коричневая, выщелоченная, слабоэродированная, среднегумусированная, среднесуглинистая на лессе
1	37°42'24"	66°44'55"	824	Гиссарский хребет, юго-западные отроги, хребет Кугитангтау, восточный макросклон, вблизи поселка Пашхурт, склон южной экспозиции; почва – коричневая выщелоченная, эродированная, малогумусированная, среднесуглинистая на лессе
40	39°30'38"	66°44'11"	885	Заравшанский хребет, западный отрог, северный макросклон, вблизи поселка Сазагон, склон восточной экспозиции; почва – коричневая выщелоченная, слабоэродированная, среднегумусированная, среднесуглинистая на лессовидном суглинке
28	40°25'47"	66°02'20"	839	Горы Нуратау (Южно-Нуратинский хребет), хребет Актау, северный макросклон, вблизи поселка Чуя, склон северной экспозиции; почва – коричневая выщелоченная, среднеэродированная, среднегумусированная, среднесуглинистая на лессовидном суглинке
66	41°35'29"	70°07'17"	1382	Западный Тянь-Шань, Коксуйский хребет, юго-западный склон, вблизи поселка Бурчмулла, склон южной экспозиции; почва – коричневая выщелоченная, среднеэродированная, среднегумусированная, среднесуглинистая на лессовидном делювии гранитов
13	39°12'54"	67°04'10"	1112	Заравшанский хребет, юго-западный отрог, западный макросклон, вблизи поселка Варганза, склон южной экспозиции; почва – коричневая выщелоченная, среднеэродированная, среднегумусированная, среднесуглинистая на лессовидном суглинке
74	40°57'41"	70°46'05"	1044	Кураминский хребет, южный макросклон, вблизи поселка Чодак, склон западной экспозиции; почва – коричневая типичная, карбонатная, слабоэродированная, среднегумусированная, среднесуглинистая на лессе

Коричневые почвы широко распространены в горах Узбекистана, где занимают склоны различной крутизны и экспозиции на высотах от 800 до 1800 м. Почвообразующими породами выступают делювиальные, лессовидные суглинки и карбонатные породы [18, 20].

Климатические условия характеризуются резкой континентальностью — абсолютный температурный максимум +45 °С, абсолютный минимум -30 °С. Суммарная радиация в горах до 8350 МДж/м<sup>2</sup>. Количество осадков в предгорьях варьирует от 300 до 400 мм, на западных и юго-западных склонах горных хребтов достигает 600–800 мм,

отчетливо выражен весенний максимум выпадения осадков — до 600 мм, на летний период приходится минимум влаги (менее 100 мм). Устойчивый снежный покров в предгорьях (от 300–400 до 600–1000 м н.у.м.) образуется не каждую зиму, а в горной зоне (выше 600–1000 м н.у.м.) начинается с высоты 800–1000 м и местами его максимальная толщина превышает полтора метра [21].

Растительность представлена разнотравно-дернинно-злаковыми степями с участием пырея волосистого (*Agropyrum trichophora* (Link) Nevski), ячменя луковичного (*Hordeum bulbosum* L.), мятлики луковичного (*Poa bulbosa* L.), костра (*Bromus* sp.), прангоса высокого (*Prangos pabularia* Lindl.), ферулы (*Ferula* sp.), ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.), мортука восточного (*Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. & Spach), вьюнка шерстистого (*Convolvulus subhirsutus* Regel & Schmalh.), кузинии теневой (*Cousinia umbrosa* Bunge) и др. На сухих склонах развиты арчово-кустарниковые леса с арчой туркестанской (*Juniperus turkestanica* Kom.), жимолостью (*Lonicera* sp.), шиповником (*Rosa* sp.) [20]. В целом по стране, пустынные пастбища занимают 77 %, предгорные — 16 %, горные — 4 %, высокогорные — 3 %. Естественные предгорные и горные пастбища Узбекистана занимают около 5 млн га, однако урожайность их низка и составляет 3–7 ц/га воздушно-сухой массы, но на некоторых участках и при благоприятных погодных условиях может достигать 12 ц/га [22].

В горах коричневые почвы, как правило, образуют выраженный высотный пояс. В нижней части пояса выделяется подтип коричневых слабо выщелоченных почв, а в верхней — подтип коричневых типичных. Почвы подвержены эрозии, в связи с чем часто встречаются в разной степени эродированные разновидности. Типичный профиль коричневых почв характеризуется большой мощностью, хорошо дифференцирован на гумусо-аккумулятивный, метаморфический (срединный) и карбонатно-иллювиальный горизонты [20]. Гумусо-аккумулятивный горизонт имеет серую или темно-серую окраску с коричневым оттенком, суглинистый и средне-суглинистый состав, комковато-зернистую структуру, насыщен корнями (дернина), карбонатные роды почв вскипают от 10 % соляной кислоты с поверхности. Срединный горизонт отличается коричневой окраской, глинистым гранулометрическим составом, ореховато-комковатой структурой. Иллювиально-карбонатный горизонт хорошо диагностируется по белесой окраске, уплотнен, содержит обильные новообразования вторичных карбонатов (белоглазка, пропитка, псевдомицелий). У сильноэродированных коричневых почв профиль нарушен до карбонатного горизонта, верхняя часть профиля часто отсутствует. У средне- и слабоэродированных почв верхняя часть профиля фрагментарна, дифференциация на горизонты слабо выражена.

## 2.2. Методы исследования

В задачи исследования входило полевое изучение морфологических особенностей профилей коричневых почв, отбор почвенных образцов, лабораторно-аналитические работы. Полевые исследования, отбор образцов и пробоподготовка выполнены в соответствии с общепринятыми методиками [23, 24]. Степень эродированности почв оценивали по С.С. Соболеву [25].

Пробы почвы отобраны в средней части генетических горизонтов. В образцах определяли общее содержание гумуса по методу И.В. Тюрина [26]. Илистые фракции выделяли с помощью центрифугирования по методу М.Ш. Шаймухаметова и К.А. Ворониной [27]. Общее содержание фосфора определяли в одной навеске с последующим колориметрированием по методу И.М. Мальцевой [28]. Содержание подвижного фосфора (непосредственный резерв) в почвах и илистых фракциях определяли в 1 %  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  углеаммонийной вытяжке по методу Б.П. Мачигина [28].

Ключевой задачей настоящего исследования является более детальное деление на так называемые резервы фосфора и расчет их количества, который производили по методике расчета элементов питания Н.И. Горбунова [29]. Суть метода заключается в расчетах, которые показывают потери общего содержания фосфора за счет убывания из почвы резервов. Ближний резерв был определен как фосфор в илистой фракции, с учетом содержания илистой фракции ( $< 0,001$  мм) в почве (%); непосредственный резерв — водорастворимая, подвижная форма; потенциальный резерв вычисляли от общего резерва фосфора. При порядке расчета резервов фосфора исходными величинами были: содержание фосфора в почве в целом и во фракции  $< 0,001$  мм (%), содержание в почве фракции менее 0,001 мм. Расчеты всех видов резервов фосфора пересчитывались в миллиграммах на 100 г. Все виды резервов суммировали и от суммы вычисляли процентное содержание каждого вида резерва. Ближний резерв рассчитан по формуле:

$$\text{БФ} = (\text{Ф}_{\text{ил}} \times \text{ИФ}) / 100 \quad (1),$$

где БФ — ближний резерв фосфора, мг на 100 г почвы;

$\Phi_{\text{ил}}$  — содержание фосфора в илстой фракции, мг на 100 г почвы;  
ИФ — доля илстой гранулометрической фракции, %.

Непосредственный резерв фосфора (НФ) это водорастворимая и подвижная формы, и он равен содержанию фосфора в 1 % углеаммонийном растворе.

Потенциальный резерв фосфора находим как разность между общим и суммой ближнего и непосредственного резервов:

$$ПФ = ОФ - (БФ + НФ) \quad (2),$$

где, ПФ — потенциальный резерв фосфора, мг/100 г;

ОФ — общий резерв фосфора, мг/100 г;

БФ — ближний резерв фосфора, мг/100 г;

НФ — непосредственный резерв фосфора, мг/100 г.

### 3. Результаты исследований

Проведенные исследования показали следующее (Табл. 2). В почвах разрезов 74, 54, 40, рН 6,5 (слабокислая среда), в остальных разрезах — 7,2 (среда слабощелочная, ближе к нейтральной). Общее содержание фосфора в верхнем горизонте изученных коричневых почв варьирует от 0,141 до 0,350 %, содержание подвижного фосфора от 12,50 до 54,00 мг/кг почвы. Доля подвижного фосфора в общем содержании фосфора варьирует от 6,98 до 38,30 %. Заметна тенденция снижения общего содержания и содержания подвижного Р к нижним горизонтам почвенного профиля.

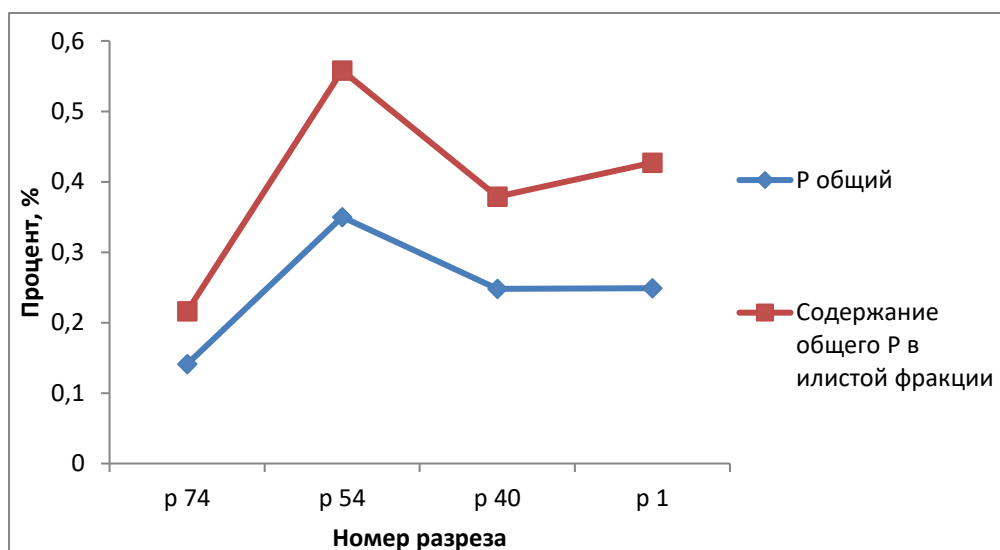
**Таблица 2**

Содержание фосфора и илстой фракции в коричневых почвах Узбекистана

Разрез	Границы горизонта, см	Содержание фосфора в почве			Содержание илстой фракции, %	Общее содержание фосфора в илстой фракции, %
		общее, %	подвижного, мг/кг	доля подвижного в общем, %		
54	0-9	0,350	48,05	13,16	11,1	0,558
	9-31	0,241	20,48	8,50	17,5	0,369
	31-52	0,215	12,14	5,65	18,3	0,329
	52-85	0,200	9,21	4,61	18,3	0,306
	85-126	0,152	8,17	5,40	17,5	0,233
1	0-8	0,279	35,14	12,60	12,6	0,427
	8-38	0,209	25,25	12,08	13,5	0,320
	40-69	0,214	12,46	5,82	14,8	0,322
	69-105	0,145	7,13	4,92	16,3	0,221
40	0-7	0,248	21,17	8,54	12,7	0,379
	7-11	0,145	11,10	7,66	13,5	0,222
	11-27	0,098	13,96	14,24	12,7	0,150
	27-50	0,074	7,84	10,59	11,9	0,113
	50-80	0,065	5,90	9,08	11,1	0,100
80-110	0,065	5,78	8,89	12,7	0,100	
28	0-8	0,179	12,50	6,98	4,80	0,274
	8-25	0,103	8,45	8,20	4,00	0,158
	25-60	0,059	4,31	7,31	3,20	0,090
	60-95	0,052	0,96	1,85	4,00	0,080
66	0-5	0,164	43,20	26,34	5,0	0,251
	5-29	0,157	28,80	18,34	5,2	0,240
	29-63	0,107	16,00	14,95	3,6	0,164
	63-90	0,090	11,20	12,44	4,0	0,138
	90-122	0,037	8,00	21,62	2,9	0,057
13	0-9	0,151	26,23	17,37	6,3	0,234
	9-25	0,143	16,71	11,68	12,2	0,231
	25-65	0,127	9,12	7,18	14,5	0,219
	65-97	0,087	8,11	9,32	11,6	0,041
74	0-7	0,141	54,00	38,30	3,0	0,216
	7-26	0,124	14,09	11,32	8,3	0,189
	26-75	0,128	18,00	14,06	8,6	0,230

Гранулометрический состав изученных почв среднесуглинистый. Доля илстой фракции варьирует от 2,9 до 18,3 % (Табл. 2). Вертикальное распределение относительно

равномерное с неявно выраженным накоплением в средней части профиля, что может быть объяснено иллювиальными процессами (Рис. 1). Из этого можно сделать вывод, что в изученных почвах процесс внутрпочвенного выветривания происходит очень медленно. В илистых фракциях содержание фосфора в 2 – 3 раза больше, чем в почве в целом. В частности, максимум содержания фосфора в выделенных илистых фракциях выявлен в разрезе 54 и составил 0,558 % (Рис.1).



**Рис. 1.** Общее содержание фосфора и содержание в составе илистой фракции в гумусово-аккумулятивном горизонте коричневых почв разной степени эродированности.

Оценка резервов фосфора показала следующее (Табл. 3). Как мы указали, фосфор непосредственного резерва доступен для микроорганизмов, считается, что такой фосфор наиболее активен и в первую очередь удаляется из почвы [30]. Вертикальное распределение фосфора непосредственного резерва зависит от экспозиции склонов и эродированности почвы, так как в слабо щелочной среде он подвижен по почвенному профилю. В изученных почвах доля фосфора непосредственного резерва от общего содержания фосфора варьирует от 1,92 до 38,30 % (Табл. 3).

Фосфор ближнего резерва выделен из илистой фракции < 0,001 мм с учетом ее содержания в почве (%). В целом вертикальное распределение фосфора ближнего резерва однотипное, в диапазоне значений от 65,0 до 2,0 мг/100 г, с равномерным уменьшением содержания вниз по профилю. В процентном отношении в верхнем горизонте почв содержится от 7,26 до 19,86 % всего фосфора. Максимальное накопление ближнего резерва в гумусовом (верхнем) горизонте коричневых почв в разрезе № 54 составляет 62,0 мг/100 г, минимальное в разрезе № 66 — 12,60 мг/100 г. На склонах южной и восточной экспозиций (разрезы 40, 13, 1) распределение ближнего резерва по профилю неоднородное, так как именно южные и восточные склоны получают меньшее количество осадков.

В изученных коричневых почвах потенциальный резерв фосфора является доминирующим в общем содержании фосфора и колеблется по профилю от 65,86 до 92,31 % (Табл. 3), его вертикальное распределение неоднородное. Наблюдается резкое снижение содержания фосфора потенциального резерва в подгумусовой части профиля. Максимальный потенциальный резерв фосфора в гумусовом горизонте коричневых почв зафиксирован в разрезе № 54 — 255 мг/100 г (до 70 % от общего количества фосфора), минимальный — в разрезе № 74 — 59 мг/100 г (до 82,1 % от общего количества фосфора) (Табл. 3).

Дефицит Р в почве может быть вызван низким фосфорным статусом исходного материала, выветриванием и реакцией почвы, долгосрочным антропогенным неправильным управлением из-за дисбаланса между поступлением питательных веществ и экспортом, а также потерями Р в результате эрозии и поверхностного стока [4] и, что наиболее важно, с высокой степенью фиксации Р.

**Таблиця 3**  
Фосфор резервов в коричневых почвах Узбекистана

Раз-рез	Границы горизонта, см	Гумус, %	Фосфор резерва, мг/100 г почвы			Фосфор резерва, % от общего содержания		
			непосредственного	ближнего	потенциального	непосредственного	ближнего	потенциального
54	0-9	4,24	48,05	62,00	255,00	13,15	16,99	69,86
	9-31	2,74	20,48	65,00	154,00	8,75	27,08	64,17
	31-52	2,43	12,14	60,00	143,00	5,58	27,91	66,51
	52-85	0,92	9,21	56,00	135,00	4,40	28,00	67,50
	85-126	0,85	8,17	41,00	103,00	5,30	26,97	67,76
1	0-8	1,19	35,14	53,00	191,00	12,55	18,99	68,46
	8-40	1,02	25,25	43,00	141,00	11,96	20,57	67,46
	40-70	1,00	12,46	48,00	154,00	5,61	27,43	71,96
	79-105	0,92	7,13	36,00	102,00	4,83	24,84	70,34
40	0-7	3,68	21,17	48,00	179,00	8,47	19,35	72,18
	7-11	1,50	11,10	30,00	104,00	7,59	20,69	71,72
	11-27	1,27	13,96	19,00	65,00	14,29	19,39	66,33
	27-50	1,03	7,84	13,00	53,00	10,81	17,57	71,62
	50-80	1,03	5,90	11,00	48,00	9,23	16,92	73,85
	80-160	0,95	5,78	13,00	46,00	9,23	20,00	73,85
28	0-8	2,69	12,50	13,00	153,00	7,26	7,26	85,47
	8-53	2,00	8,45	6,00	88,00	8,74	5,83	85,44
	53-98	1,28	4,31	3,00	52,00	6,78	5,08	88,14
	98-136	0,65	0,96	3,70	48,00	1,92	6,15	92,31
66	0-5	2,76	43,20	12,60	108,00	26,2	7,68	65,86
	5-29	1,30	28,80	12,50	115,00	18,47	7,96	73,25
	29-63	1,05	16,00	5,90	85,00	14,95	5,51	79,44
	63-90	0,81	11,20	5,50	73,00	12,72	6,11	81,11
	90-136	0,33	–	–	–	–	–	–
13	0-9	2,60	26,23	14,74	127,00	5,96	9,76	84,11
	9-45	1,32	16,71	28,00	97,00	17,22	18,54	64,24
	45-85	1,14	9,12	32,00	94,00	11,89	22,38	65,73
	85-130	0,84	8,11	5,00	13,00	33,33	18,58	48,15
74	0-7	6,58	54,00	28,00	59,00	38,30	19,86	82,14
	7-26	2,79	14,09	16,00	94,00	11,29	17,90	75,81
	26-75	2,38	18,00	2,00	9,00	14,06	15,62	70,31

В отличие от дефицита, ограниченная доступность почвенного Р для растений может быть объяснена присущим почве низким содержанием Р и, что наиболее важно, высокой степенью Р-фиксации. Значительная фиксация Р и его осаждение в виде фосфата кальция отмечено в известково-щелочных (с высоким рН — 7,0-7,5) почвах [2, 3, 4, 31].

Содержание фосфора, который вносится с удобрениями и освобождается при выветривании фосфорсодержащих первичных минералов, в илистой фракции всегда выше, чем в более крупных фракциях. При равенстве других условий в суглинистых и глинистых почвах фосфора содержится больше, чем в почвах легкого гранулометрического состава, также его количество в гумусовом и подгумусовом горизонтах, в 1,5–2,0 раза больше, чем в других горизонтах почвы [32, 9]. Фосфорные частицы претерпевают некоторые изменения под влиянием длительности орошения и повышения уровня обработки почвы [33, 34]. В регионах с жарким и сухим климатом, применяемые фосфорные удобрения постоянно выпадают в осадок в виде нерастворимых форм в результате их химической поглотительной способности. Увеличение количества фульвокислот в составе гумуса ускоряет растворение фосфорного осадка  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  и приводит к снижению химического поглощения фосфора. Например, для получения более высоких урожаев, годовая норма вносимых фосфорных удобрений в светло-сероземную почву под хлопчатник составляет 180 кг на гектар, из них около 30 % усваивается растениями, 30–35 % осаждаются в виде нерастворимых форм, 30 % вымывается.

#### 4. Обсуждение

Таким образом, различия по параметрам фосфора в изученных коричневых почвах разных районов Узбекистана главным образом объясняются тем, что они распространены по склонам различной экспозиции, крутизны и формы. Также расположение горных хребтов, экспозиция склонов и высотное положение местности оказывают большое влияние на увлажнение. Особенно сильно увлажнены и имеют более густое растительное

покрытие, западные и северные склоны, обращенные в сторону влажных ветров, приносящих осадки. Общее содержание фосфора в верхнем горизонте изученных коричневых почв варьирует от 0,151 % на южных склонах и до 0,350 % на западных, также для всех обследованных профилей характерно резкое вертикальное снижение общего содержания гумуса, что свидетельствует о его глубоком проникновении. Вертикальное распределение фосфора в изученных почвах относится к регрессивно-аккумулятивному типу. Гранулометрический состав изученных почв среднесуглинистый. Доля илистой фракции в гумусовом горизонте варьирует от 3,0 в разрезе № 74, до 12,70 в разрезе № 40, вертикальное распределение относительно равномерное с неясно выраженным накоплением в средней части профиля практически во всех разрезах, что может быть объяснено иллювиальными и биоклиматическими процессами. Вертикальное распределение фосфора непосредственного резерва от общего содержания составило от 2 до 38 %. Вертикальное распределение гумуса ближнего резерва однородное от 6 до 20 %, с равномерным увеличением содержания вниз по профилю. Потенциальный резерв гумуса является доминирующим в общем содержании гумуса и колеблется по профилю от 48,15 до 85,47 %, его вертикальное распределение неоднородно, что указывает на его слабую подвижность. В целом, в изученных коричневых почвах не наблюдается дефицита фосфора и необходимости в фосфорных удобрениях.

## 5. Выводы

Исследования показали, что распределение и качество фосфора в коричневых почвах на горных пастбищах Узбекистана неравномерно, как по почвенному профилю, так и по регионам страны, на что влияют рельеф, экспозиция склонов, особенности почвообразующих пород, атмосферные осадки, гидротермические условия, период биологической активности почв. В целом, горные коричневые почвы содержат достаточное количество фосфора — от 0,141 до 0,350 %. Фосфор ближнего и непосредственного резервов под влиянием атмосферных осадков вымывается, что в результате приводит к уменьшению общего содержания фосфора. Для уменьшения химической поглотительной способности, возникающей в почве, необходимо поддерживать постоянное растительное покрытие пастбищ. Дальнейшее изучение особенностей фосфора, его накопления и восстановления в горных коричневых почвах имеет важное значение для разработки рекомендаций по рациональному использованию, противозерозной защите и увеличению продуктивности горных пастбищ на коричневых почвах Узбекистана.

**Финансирование работы.** Исследования проведены при частичной финансовой поддержке Научно-исследовательского института окружающей среды и технологий охраны окружающей среды при Государственном комитете Республики Узбекистан по экологии и охране окружающей среды.

## Список цитируемых источников

1. World Bank. Role of phosphorus in agriculture. In: *Feasibility of phosphate rock as a capital investment in sub-Saharan Africa: issues and opportunities*. P. 9-37. World Bank/IFA/MIGA, 1994.
2. Sánchez P.A., Salinas J.G. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in tropical America. *Advances in agronomy*. 1981. 34. P. 279-406. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60889-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60889-5)
3. Buresh R.J. Phosphorus management in tropical agroforestry: current knowledge and research challenges. *Agroforestry forum*. 1999. 9(4). P. 61-65.
4. Fairhurst T., Lefroy R., Mutert E., Batjes N. The importance, distribution and causes of phosphorus deficiency as a constraint to crop production in the tropics. *Agroforestry forum*. 1999. 9(4). P. 2-8. URL: <https://www.researchgate.net/profile/Niels-Batjes/publication/228068243>
5. Указ Президента Республики Узбекистан, от 23.10.2019 г. № УП-5853. Стратегия развития сельского хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы. URL: <https://lex.uz/docs/4567337?ONDATE=12.02.2022&action=compare>
6. Закон Республики Узбекистан, № ЗРУ-538, 20.05.2019 г. «О пастбищах». URL: <https://lex.uz/ru/docs/4344718?ONDATE=17.08.2021>
7. Risk assessment of soil erosion in Central Asia under global warming / X. Dou, X. Ma, C. Zhao [et al.]. *Catena*. 2022. 212. P. 106056. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106056>
8. Disentangling the relative impacts of climate change and human activities on arid and semiarid grasslands in Central Asia during 1982–2015 / T. Chen, A. Bao, G. Jiapaer [et al.]. *Science of the Total Environment*. 2019. 653. P. 1311-1325. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.058>
9. Ахатов А., Муродова Д. Қашқадарё ҳавзаси чўл минтақаси суғориладиган тупроқларнинг фосфорли ҳолати ва уларни резерв шакллари. *Ўзбекистон замини*. 2020. No 2. Б. С. 48-52. <https://uzzamin.uz/ru/magazines/2-2020/qashqadaryo-havzasi-cho-l-mintaqasi-sug-oriladigan-tuproqlarning-fosforli-holati-va-ulami-rezerv-shakllari-uzzamin.pdf> [in Uzbek].



10. Akhatov A., Gafurov B., Jakhonov A., Khalimbetov A. Distribution of the forms of reserves of humus in typical serozems formed in geomorphological areas Tashkent-Keles. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. 869(4). 042018. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/869/4/042018>
11. Ахатов А. Гумус ва унинг резерв шакллари. Тошкент: Наврўз, 2021. 118 с.
12. Ахатов А, Буриев С.С., Ходжиев А.К., & Нурматова В.Б. Распределение кальция и его резервных форм в орошаемых луговых и сероземно-луговых почвах. *Плодородие*. 2022. 1(124). С. 24-28. <https://doi.org/10.25680/S19948603/2022/124/07>
13. Ахатов А., Буриев С.С., Нурматова В.Б., Жураев Г.А. Гумус коричневых почв горных пастбищ Узбекистана. *Почвы и окружающая среда*. 2022. 5(3), е174. <https://doi.org/10.31251/pos.v5i3.174>
14. Кадырова Д.А., Забиоров Ф.М., Ананова К.К. Морфогенезис почв среднегорий южных отрогов Гиссарского хребта и влияние на них эрозионных процессов. *Science Review*. 2018. Vol. 3(10). P. 17-20. URL: <https://www.academia.edu/36403019>
15. Почвенно-климатические условия Сурхандарии / О.У. Нормуратов, Х.Х. Закиров, Ш.К. Чориева [и др.]. *Universum: химия и биология*. 2018. № 6(48). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/5948>
16. Раупова Н.Б. Групповой и фракционный состав гумуса горно-коричневых выщелоченных почв. *Вестник аграрной науки Узбекистана*. 2018. No. 1(71), P. 117-120 URL: <http://agriculture.uz/filesarchive/AgrarJournal12018.pdf#page=117>
17. Li J., Chen H., Zhang C. Impacts of climate change on key soil ecosystem services and interactions in Central Asia. *Ecological Indicators*. 2020. Vol. 116. P. 106490. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106490>
18. Генусов А.З., Горбунов Б.В., Кимберг Н.В. Классификация и диагностика почв Узбекистана, В кн.: *Генезис, география и мелиорация почв Узбекистана*. Ташкент, 1972, с. 3-49.
19. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports*. № 106. FAO, Rome, 2014, update 2015. 181 p.
20. Почвы Узбекистана / Б.В. Горбунов, А.З. Генусов, Н.В. Кимберг [и др.] Ташкент: ФАН, 1975. 222 с.
21. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. Ташкент: НИГМИ, 2007. 132 с. [http://www.cawater-info.net/6wwf/conference\\_tashkent2011/files/uzhymet.pdf](http://www.cawater-info.net/6wwf/conference_tashkent2011/files/uzhymet.pdf)
22. Юсупов С., Мукумов Т., Хамраев А. Стратегия управления пастбищным животноводством Узбекистана. Сборник материалов «Проблемы и пути решения устойчивого использования пастбищных ресурсов». Казахстан, Астана. 2010. С. 106-113.
23. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Москва: МГУ, 1970. 487 с.
24. Розанов Б.Г. Морфология почв. Москва: МГУ, 1983. 320 с.
25. Соболев С.С. Защита почв от эрозии и повышение их плодородия. Москва: Сельхозиздат, 1961.
26. Тюрин И.В. Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии: учение о почвенном гумусе. Москва: Сельхозгиз, 1937. 289 с.
27. Шаймухамедов М.Ш., Воронина К.А. (1972) Методика фракционирования органо-глинных комплексов почв с помощью лабораторных центрифуг. *Почвоведение*. № 8. С. 134-138.
28. Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в полевых хлопковых районах. Ташкент: СоюзНИХИ, 1963. 440 с.
29. Горбунов Н.И. *Минералогия и физическая химия почв*. Москва: Наука, 1978. 292 с.
30. Иванов И.В., Кудряков В.Н. (Ред.). Эволюция почв и почвенного покрова. Москва: Геос, 2015. 928 с
31. Wakene N., Gebrekidan H. Forms of phosphorus and status of available micronutrients under different land-use systems of Alfisols in Bako area of Ethiopia. *Ethiopian Journal of Natural Resources*. 2003. 5(1). 17-37. URL: <https://www.researchgate.net/publication/286209270>
32. Рыжов С.Н., Ташкузиев М.М. *Состав и миграционный ряд основных химических элементов типичного серозема*. Ташкент: ФАН, 1976. 108 с.
33. Рыжов С.Н., Саакянц К.Б. Формы соединений фосфорной кислоты в орошаемых почвах Средней Азии. *Агрохимия*. 1966. №5. С. 59-63.
34. Тохри Б.А., Асланов Н.Н., Ташкузиев М.М. Содержание и формы фосфатов в некоторых сероземах и такырских почвах. В сб.: *Химия и технология минеральных удобрений*. Ташкент: Фан, 1971.

UDC 631.442

## Phosphorus in brown soils of mountain pastures in Uzbekistan

A. Akhatov, S. S. Buriev, V. B. Nurmatova\*

Research Institute of Environment and Environmental Protection Technologies at the State Committee for Ecology and Environment Protection of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan

\*E-mail: [nurmatoffkennel@gmail.com](mailto:nurmatoffkennel@gmail.com)

The aim of this work is to assess the content and distribution of phosphorus in the profile of brown soils (Cambisols, Kastanozems, Leptosols) of the mountain pastures of the Republic of Uzbekistan. Soil incisions laid 7 agricultural areas of the country. Field research, sampling and analytical work were performed in 2019–2021. The list of indicators under study includes the degree of soil erosion, the general content of humus, the content of the clay fraction, the general content of phosphorus and the content of the movable phosphorus in the selected clay fraction and in the soil. A detailed division of phosphorus into reserves and their calculation according to the methodology of calculations of reserves of nutrition elements according to N.I. Gorbunov (1978). The studied mountain brown soils are characterized by a loamy granulometric composition, nutty-cloddy structure, a slightly acidic or slightly alkaline reaction. The total humus content in



the upper horizon varies from 1.0 to 6.8 %. The proportion of the clay fraction is from 2.9 to 18.3 %. The content of phosphorus in the clay fractions is 2–3 times higher than in the soil as a whole and the maximum is 0.558 %. The phosphorus reserves was allocated – close, immediate and potential. Fluctuations in the content of phosphorus reserves in the humus horizon were revealed: immediate from 6 to 26 %, near – from 7 to 19 %, potential, dominant in the total content of 68 to 80 %. In the humus horizon, an insoluble form of phosphorus occurs, which increases the resistance of soils to water erosion due to the formation of water resistance structures. Uneven distribution of phosphorus and its reserves in brown soils on the mountain pastures of Uzbekistan, both in the soil profile and the regions of the country, is stated, which is affected by the relief, exposure of slopes, the features of soil-forming rocks, atmospheric precipitation, hydrothermal conditions, and the period of biological activity of soils. The losses of the near and direct reserves of the humus lead to a decrease in the total content of the phosphorus as a whole.

**Keywords:** brown soils; clay fraction; humus; mountain pastures; phosphorus; phosphorus reserves..

*Citing:* Akhatov, A., Buriev, S. S., & Nurmatova, V. B. (2022). Phosphorus in brown soils of mountain pastures in Uzbekistan. *AgroChemistry and Soil Science*. 93, 24-32. [doi:10.31073/acss93-03](https://doi.org/10.31073/acss93-03) [in Russian].