

DOI 10.31029/vestdnc95/7

УДК 631.43

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ВОДОПРОЧНОСТИ ПОЧВ ВЫСОКОГОРИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ АГРОНОМИЧЕСКИ ЦЕННЫХ АГРЕГАТОВ

**Р. З. Дибирова<sup>1</sup>**, ORCID: 0000-0001-6261-2414

**И. Р. Гаджиев<sup>1</sup>**, ORCID: 0000-0002-2731-737X

**А. Б. Биарсланов<sup>1,2</sup>**, ORCID: 0000-0001-5814-2587

<sup>1</sup>Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского  
федерального исследовательского центра РАН, Махачкала, Россия

<sup>2</sup>Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

## STUDY OF THE STRUCTURE AND WATER RESISTANCE OF HIGHLAND SOILS FOR THE CONTENT OF AGRONOMICALLY VALUABLE AGGREGATES

**R. Z. Dibirova<sup>1</sup>**, ORCID: 0000-0001-6261-2414

**I. R. Gadzhiev<sup>1</sup>**, ORCID: 0000-0002-2731-737X

**A. B. Biarslanov<sup>1,2</sup>**, ORCID: 0000-0001-5814-2587

<sup>1</sup>Precaspian Institute of Biological Resources of the  
Daghestan Federal Research Centre of RAS, Makhachkala, Russia

<sup>2</sup>Daghestan State University, Makhachkala, Russia

---

Аннотация. В статье описаны горные почвы на примере с. Цовкра-2 Кулинского района Дагестана. Изучено структурное состояние и содержание гумуса в почвах на различных высотных отметках и экспозициях склонов. Были исследованы горно-луговые альпийские, горно-луговые субальпийские и бурые лесные почвы. Проведен анализ содержания гумуса и структуры почвы. Проведены расчеты коэффициента структурности, коэффициента водопрочности, структурного состояния.

Abstract. The work describes mountain soils on the example of the village Tsovkra-2, the Kuli district of Daghestan. Structural state and humus content in the soils at various elevations and slope exposures have been studied. As well studied have been the mountain-meadow alpine, mountain-meadow subalpine and brown forest soils. Tests of humus content and soil structure have been carried out. Calculations of the structural coefficient, water strength coefficient, and structural state have also been carried out.

Ключевые слова: коэффициент структурности почвы, критерий водопрочности, агрегаты, высотные отметки, экспозиция, гумус.

Keywords: soil structure coefficient, water resistance criterion, aggregates, elevation marks, exposure, humus.

Изучение современного состояния почвенного покрова горных территорий в условиях высокой антропогенной нагрузки и климатического потепления является основой развития агропромышленного комплекса и обеспечения продовольственной безопасности на региональном и федеральном уровнях.

Горные территории в ходе инженерно-хозяйственного освоения подвергаются мощному антропогенному воздействию, что в свою очередь приводит к развитию таких опасных геологических процессов, как оползни, карст, подтопление, просадки и пр. Наряду с геологическими изменениями происходят деградация почвенного покрова, изменение физико-химических свойств почв и, как следствие, эрозионные процессы [1].

Изучение литературных данных показало, что исследования качественного состава гумуса горных почв различной типовой принадлежности на территории Горного Дагестана проводились в 30–40-е гг. XX в. Более поздние исследования проведены З.Г. Залибековым.

По изучаемой теме, а именно по почвам Горного Дагестана, практически отсутствуют публикации, касающиеся критериев устойчивости горных почв, содержания гумуса, структурного состояния, гранулометрического и минералогического состава, физико-химических свойств. Также отсутствуют информация

о характере трансформации гумусного состояния горных почв и критериях его устойчивости к воздействию антропогенного характера, согласно которым можно объективно оценить их агроэкологическое состояние. Устойчивость почв к внешним воздействиям зависит как от состояния самой почвы, так и от ее динамичных свойств и вещественного состава. Однако основными показателями, определяющими саморегуляцию и устойчивость почв, являются значения соотношения структуры почвы, связь этих фракций с другими важнейшими элементами почвенной системы, в частности с гумусом почвы. Поэтому изучение взаимосвязей гумусного состояния и структуры почвы является актуальным и указывает на необходимость поиска новых методов для оценки степени устойчивости почв [2].

Под структурой понимают совокупность агрегатов, на которые способна распадаться почва. Основным свойством структуры почвы является водопрочность – способность противостоять разрушению ее водой. В образовании структурных агрегатов большую роль играет гумус. Наибольшей водопрочностью обладают агрегаты размером от 0,25 до 10 мм. Такие агрегаты образуют агрономически ценную структуру. Агрономически ценными агрегатами для культурных растений являются мезоагрегаты размером 0,25–10 мм, обладающие механической прочностью, водопрочностью, пористостью более 45%. Агрегаты более 10 мм – это макроагрегаты, менее 0,25 мм – микроагрегаты. Если содержание в почве агрономически ценных агрегатов составляет более 55%, почва считается структурной [3].

К факторам структурообразования относятся: периодическое увлажнение и высыхание почвы, промерзание и оттаивание, расчленяющее действие корневой системы растений, роющих и копающих животных, дождевых червей, обработка почвы при физической спелости.

Знание структурного состава почвы позволяет применять эффективные агротехнические мероприятия для оструктурирования почв в целях предотвращения эрозионных процессов.

#### **Объект и методы исследования**

Исследования проводились в 2023 г. на территории с. Цовкра-2 Кулинского района Республики Дагестан. Кулинский район относится к высокогорью. Климат этого района субтропический континентальный. Период с ноября по март считается самым холодным, температура в горах держится на отметках  $-8^{\circ}\text{C}$  и ниже, в долинах рек достигает  $-4^{\circ}\text{C}$ . Под устойчивым снежным покровом горы находятся 150 дней, но с каждым годом из-за глобального потепления количество снежных дней уменьшается. На предгорных территориях и в долинах снег практически не лежит. В период с апреля по октябрь средняя температура составляет в горах от  $+12$  до  $+16^{\circ}\text{C}$ , в долинах доходит до  $+20^{\circ}\text{C}$ . По последним наблюдениям среднегодовая температура в Кулинском районе составляет  $5,5^{\circ}\text{C}$ . Основная часть осадков выпадает в теплый период, в холодное время их количество достигает 100–150 мм. Средняя годовая скорость ветра в районе не превышает 2 м/с.

Почвенный покров опытных участков представлен горно-луговыми субальпийскими и бурыми лесными почвами. Основным различительным фактором является их экспозиционная направленность.

Почва на ключевых площадках представлена: горно-луговой субальпийской почвой (южный склон 101-Ю, 102-Ю), бурой лесной, переходящей к олуговелым разностям, почвой (северный склон 201-С, 202-С), бурой лесной под березовыми насаждениями почвой (западный склон 301-3), горно-луговой альпийской почвой (восточный склон 401-В).

Отбор образцов и подготовка почвы к анализу проводились по ГОСТ 28168 [4]. Гумус определяли по ГОСТ 26213-91 [5]. Для определения структуры почвы использовался метод Н.И. Саввинова. Для определения водопрочности почвенных агрегатов использовали метод качания сит, разработанный И.М. Бакшеевым [6]. Статистические расчеты проведены в программе Excel.

#### **Результаты и обсуждение**

Почвы ключевых площадок южной экспозиции представлены горно-луговыми почвами на высотных отметках 1950–2050 м с крутизной склона  $25-27^{\circ}$ . Согласно морфологическому описанию цвет почвы темно-бурый с характерным серым оттенком в верхней части профиля и светлее в нижней. Структура в основном непрочно мелкокомковатая, уплотненная, обилие свежих корней. С глубиной увеличивается наличие хряща, гранулометрический состав – среднесуглинистый. Представлены низкотравной альпийской растительностью. Глубина разреза доходит до 50–55 см. Масштаб горизонта А около 6 см, где содержание гумуса достаточно высокое и составляет 8,99–10,42%. Содержание агрономически ценных агрегатов по результатам мокрого просеивания колеблется в пределах от 70,2 до

91,95%. Данные показатели характерны для почв с отличной и избыточно-высокой водопрочностью. При сухом просеивании содержание агрономически ценных агрегатов практически не изменилось и составило 72,45–91,58%, что характеризует структурное состояние исследуемых почв как хорошее и отличное. Коэффициент структурности варьирует от 2,9 до 13,1 и агрегатное состояние оценивается как отличное. Критерий водопрочности АФИ меняется в пределах от 89 до 129, что оценивается как хорошая водопрочность агрегатов (см. таблицу).

**Характеристика структурного состояния почв по всем генетическим горизонтам**

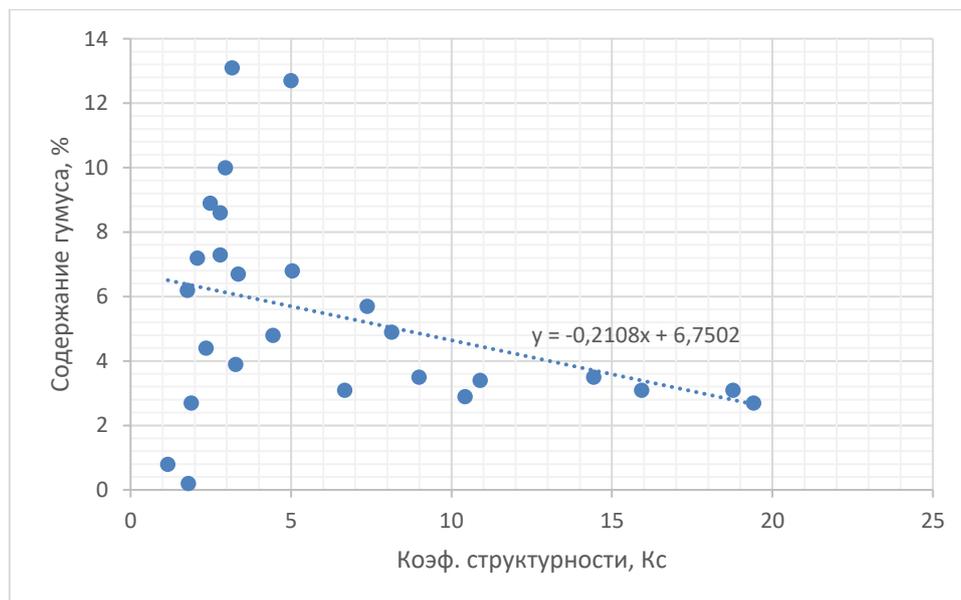
№ разреза	Глубина, см	Содержание агрономически ценных агрегатов 0,25–5 мм, % к массе сухой почвы		Коэффициент структурности, Кс,	Критерий водопрочности, АФИ	Гумус, %
		сухое просеивание	водопрочные агрегаты			
101-Ю	0–6	72,45	70,2	2,9	91	10,42
	6–16	84,58	90,5	6,8	89	5,04
	20–30	87,72	81,8	10	106	2,96
	45–55	87,15	89,55	8,9	118	2,49
102-Ю	0–5	73,27	85,18	3,5	105	8,99
	5–15	91,58	91,95	12,7	99	5,00
	20–30	91,16	89,05	13,1	127	3,17
	40–50	86,1	90,45	8,6	129	2,80
201-С	0–5	74,88	80,68	3,5	87	14,43
	5–15	79,69	89,36	5,7	70	7,38
	20–30	76,47	89,64	6,7	144	3,36
	40–50	61,14	80,18	2,7	208	1,89
	55–65	69,69	73,25	3,9	196	3,28
202-С	0–5	72,24	64,51	3,1	49	18,78
	3–15	71,58	86,59	4,9	100	8,14
	15–25	77,73	84,35	6,2	108	1,77
	30–40	78,83	74,2	4,4	120	2,35
301-З	0–10	72,31	84,59	3,1	79	15,93
	15–25	76,74	78,88	4,8	115	4,44
	30–40	19,01	15,35	0,2	78	1,80
	50–65	44,27	39,5	0,8	86	1,16
401-В	0–5	72,16	71,22	2,7	51	19,42
	5–15	72,91	85,45	3,1	110	6,68
	15–25	74,31	76,45	3,4	84	10,90
	30–40	88,00	76,65	7,3	138	2,80
	50–60	87,82	80,5	7,2	141	2,08

Почвы ключевых площадок северной экспозиции представлены бурными лесными почвами, переходящими к олуговелым разностям, на высотных отметках 1900–2000 м с крутизной склона 25–26°. Слабовыраженная лесная подстилка, которая с высотой выражена более ярко. Почвенный профиль имеет характерную бурю окраску, комковатую структуру, слабо уплотнен. По профилю наблюдается обилие древесных и травяных корней, содержание которых с глубиной уменьшается. Гранулометрический состав среднесуглинистый. Растительный покров представлен зарослями березы, бересклета и жимолости татарской, травяной покров представлен семейством гречишных, шиповником, тысячелистником и др. Глубина разреза достигает 65 см. Достаточно высокое содержание гумуса в горизонте А (0–5 см) – 14,43–18,78%. Содержание агрономически ценных агрегатов на данных участках по результатам мокрого

просеивания колеблется в пределах 73,25–89,64%, что по критериям водопрочности позволяет оценивать ее как отличную и избыточно высокую. Методом сухого просеивания оценивали структурное состояние, которое характеризуется как хорошее (61,14–79,69%). При этом коэффициент структурности варьирует от 2,7 до 6,7, что характерно для отличного агрегатного состояния. Критерий водопрочности изменяется в пределах от 49 до 208, меняя оценку водопрочности агрегатов с неудовлетворительной на хорошую (см. таблицу).

Почвы западной экспозиции представлены бурой лесной почвой под березовыми насаждениями на высотных отметках 2050–2100 м с крутизной склона 24–25°. Имеют бурый оттенок и непрочно-комковатую структуру, уплотненное сложение, с обилием травянистых корней. Гранулометрический состав среднесуглинистый. Растительность представлена низкорослыми березовыми насаждениями с густым растительным покровом, глубина разреза 65 см. Горизонт А (0–10 см) имеет высокое содержание гумуса, которое составляет 15,93%. Содержание агрономически ценных агрегатов колеблется в пределах от 15,35 до 84,59%, по результатам мокрого просеивания установлен переход оценки водопрочности от неудовлетворительной к отличной. Методом сухого просеивания структурное состояние оценивается от бесструктурного (19,01%) до хорошего (76,74%). Коэффициент структурности варьирует от 0,2 до 4,8, оценка агрегатного состояния меняется от неудовлетворительной до отличной. Критерий водопрочности меняется в пределах от 78 до 115, при этом водопрочность агрегатов меняется от удовлетворительной до хорошей (см. таблицу).

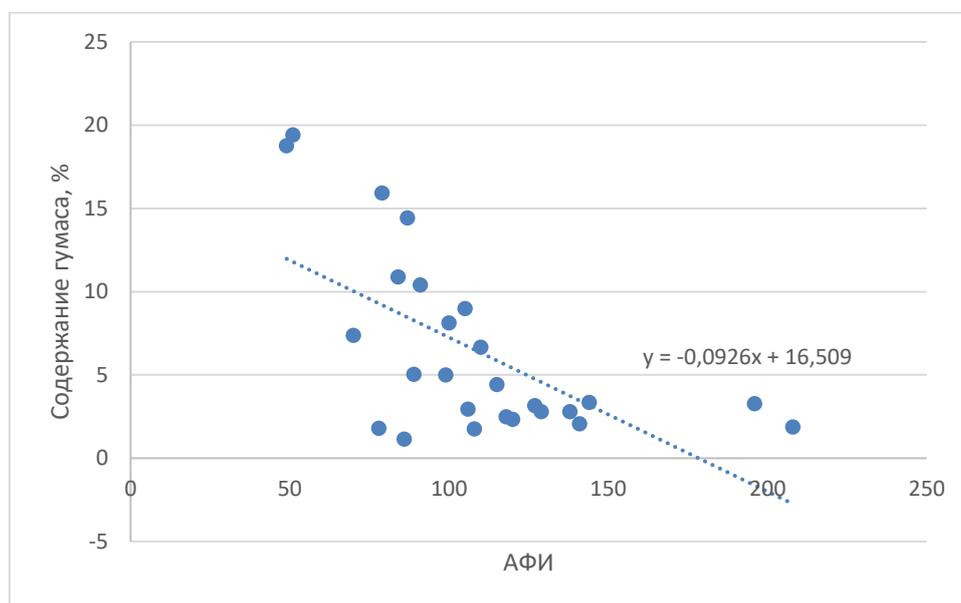
Согласно статистическому анализу установлена корреляционная зависимость характеристик структурного состояния почв, в частности показатели соотношения сухого просеивания и водопрочных агрегатов с гумусом показали достаточно низкую положительную коррелятивную зависимость и составили 0,01 и 0,04 соответственно. Корреляция коэффициента структурности и гумуса показала более высокую отрицательную зависимость и составила –0,35 (рис 1).



**Рис. 1.** Соотношение коэффициента структурности и содержания гумуса почв высокогорий (Цовкра-2)

Почвы восточной экспозиции представлены горно-луговой альпийской почвой на высотных отметках 2050–2150 м с крутизной склона 24–25°. Характерными морфологическими признаками для данных почв является: бурый оттенок, пылеватая структура, уплотненное сложение, обилие корней, среднесуглинистый гранулометрический состав. В растительности преобладают: чабрец, дикий укроп, тысячелистник и др., глубина разреза достигает 60 см. Показатели гумуса имеют достаточно высокие значения и в верхнем горизонте (0–5 см) составляют 19,42%. Содержание агрономически ценных агрегатов колеблется в пределах от 71,22 до 85,45%, и по результатам мокрого просеивания на водопрочность она оценивается как отличная или избыточно высокая. Методом сухого просеивания получены значения 72,16–88%,

структурное состояние оценивается как хорошее и отличное. При этом коэффициент структурности варьирует в пределах 2,7–7,3, оценка агрегатного состояния – отличное. Критерий водопрочности меняется в пределах от 51 до 141, она оценивается как удовлетворительная и хорошая (см. таблицу).



**Рис. 2.** Корреляция критерия водопрочности (АФИ) и гумуса в почвах высокогорий (Цовкра-2)

Самое высокое отрицательное значение корреляции получено при сравнении критериев водопрочности (АФИ) и содержания гумуса в почвах исследуемого региона, оно составило  $-0,6$  (рис 2).

### Заключение

В результате проведенных исследований установлена связь повышения доли агрономически ценных агрегатов со снижением содержания гумуса. Аналогичная зависимость наблюдается по критерию водопрочности и коэффициенту структурности почв. Выявленные закономерности по высотным отметкам и экспозиционной направленности можно расположить в следующем порядке: 202-С < 401-В < 301-3 < 201-С < 101-Ю < 102-Ю.

Рассматриваемый ряд условно можно разделить на две группы: первая группа – ключевые площадки почвы верхней части склона северной экспозиции и ключевые площадки восточной и западной экспозиций (202-С, 401-В, 301-3); вторая группа – ключевые площадки нижней части северной и южной экспозиций (201-С < 101-Ю < 102-Ю). Градация показателей между группами выявлена: в содержании гумуса первой группы 15,93–19,42% против 8,99–14,43% второй группы; в показателях водопрочности первой группы 49–79 и второй группы 87–105; в показателях коэффициента структурности – 2,7–3,1 в первой группе и 2,9–3,5 во второй группе. Несмотря на большую разность и различие показателей структурности почв, их общее состояние, а также состояние верхних горизонтов с высоким содержанием гумуса характеризуется как отличное.

Установлено, что структурное состояние горно-луговой альпийской, горно-луговой субальпийской, бурой лесной почв имеет хорошие признаки противозрозионной устойчивости. По данным критерия водопрочности (АФИ) почвы восточной (51) и верхней части склона северной экспозиции (49) больше подвержены развитию эрозионных процессов.

Максимальная доля агрономически ценных агрегатов отмечена в горно-луговой субальпийской почве, на южной экспозиции в горизонте с глубиной 5–15 см методом сухого просеивания (91,58%) и водопрочных агрегатов (91,95%). Наименьшее содержание агрономически ценных агрегатов (19,01%) и водопрочных агрегатов (15,35%) выявлено на западной экспозиции в бурой лесной почве под березовыми насаждениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курочкина О.Г., Горячева А.Н., Полянскова Е.А., Красная Е.Г. Экология : в 3 ч. Ч. 1: Теоретические основы экологии. Пенза: Пенз. гос. технол. акад., 2012. 92 с.
2. Дыдышко С.В., Азаренюк Т.Н., Шульгина С.В. Взаимосвязь гумуса и гранулометрического состава дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв разной степени агрогенной трансформации // Почвоведение и агрохимия. 2018. № 2(61). С. 20–31.
3. Рябинина О.В., Матвеева Н.В. Химические, физические и биологические методы исследования почв. Иркутск: ИрГАУ им. А.А. Ежевского, 2017. 129 с.
4. ГОСТ 28168–89. Почвы. Отбор почв : утвержден и введен в действие пост. Гос. комитета СССР стандартам от 26.06.1989 № 2004; дата введения: 01.04.1990. М.: Стандартиформ, 2008. 8 с.
5. ГОСТ 26213–91. Почвы. Методы определения органического вещества : утвержден и введен в действие пост. Комитета стандартизации и метрологии СССР от 29.12.1991 № 2389; дата введения: 01.01.1993. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. 8 с.
6. Агрофизические свойства почвы / сост.: А.А. Немькин, Е.Б. Захарова. Благовещенск: ДальГАУ, 2014. 23 с.

Поступила в редакцию 12.11.2024 г.  
Принята к печати 23.12.2024 г.

\* \* \*

**Дибирова Роксана Зилпукаровна**, инженер-исследователь, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН; e-mail: abdullaeva759@outlook.com

**Roksana Z. Dibirowa**, research engineer, Precaspian Institute of Biological Resources of the Daghestan Federal Research Centre of RAS; e-mail: abdullaeva759@outlook.com

**Гаджиев Ислам Русланович**, инженер-исследователь, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН; e-mail: gislam@bk.ru

**Islam R. Gadzhiev**, research engineer, Precaspian Institute of Biological Resources of the Daghestan Federal Research Centre of RAS; e-mail: gislam@bk.ru

**Биарсланов Ахмед Бийсолтанович**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН; доцент, Дагестанский государственный университет; e-mail: ab.biarсланov@mail.ru

**Akhmed B. Biarslanov**, Candidate of Biology, senior researcher, Precaspian Institute of Biological Resources of the Daghestan Federal Research Centre of RAS; assistant professor, Daghestan State University; e-mail: ab.biarсланov@mail.ru