

3. Alishaev, M.G. Isparenie i kondensatsiia vlagi v krovannoii pochve / M.G. Alishaev // *Inzhenerno-fizicheskii zhurnal*. – 2015. – Т. 88. – No. 6. – S. 1321-1327.
4. United Nations. Water. Retrieved from 18 March 2018. – URL: <http://www.un.org/en/sections/issues-depth/water/> (дата обращения: 05.10.2022).
5. du Plessis, A. (2019). Current and Future Water Scarcity and Stress. In: *Water as an Inescapable Risk*. Springer Water. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-03186-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03186-2_2).
6. Mokbul Morshed Ahmad, Muhammad Yaseen, Shahab E. Saqib (2022). Climate change impacts of drought on the livelihood of dryland smallholders: Implications of adaptation challenges. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 80, 103210. doi: 10.1016/j.ijdr.2022.103210.
7. Marzol Jaén M.V. (2002). Fog water collection in a rural park in the Canary Islands (Spain). *Atmospheric Research*, 64, 1-4, 239-250. doi: 10.1016/s0169-8095(02)00095-9.
8. Hussain F., Hussain R., Wu R.-S., Abbas T. (2019). Rainwater Harvesting Potential and Utilization for Artificial Recharge of Groundwater Using Recharge Wells. *Processes*, 7, 9, 623. doi: 10.3390/pr7090623.
9. Patel J., Patel K., Mudgal A., Panchal H. et al. (2020). Experimental investigations of atmospheric water extraction device under different climatic conditions. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 38, 100677. doi: 10.1016/j.seta.2020.100677.
10. Shafeian N., Ranjbar A. A., Gorji T.B. (2022). Progress in atmospheric water generation systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 161, 112325. doi: 10.1016/j.rser.2022.112325.



УДК 633.2.03: 543.632.45(470.67)

DOI: 10.53083/1996-4277-2022-217-11-10-15

**Н.И. Рамазанова, Ш.К. Салихов, К.Б. Гимбатова,  
Ж.О. Кичева, З.Н. Ахмедова**  
**N.I. Ramazanova, Sh.K. Salikhov, K.B. Gimbatova,  
Zh.O. Kicheva, Z.N. Akhmedova**

## ЗАПАСЫ АЗОТА В ЛУГОВЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ ПРЕДГОРНОГО ДАГЕСТАНА

### NITROGEN STORAGE IN MEADOW PHYTOCENOSIS OF FOOTHILL DAGESTAN

**Ключевые слова:** северный склон, южный склон, тип почвы, гидролизуемый азот, общий азот, содержание азота, запасы азота, фитоценоз, продуктивность, зеленая масса, ветошь, степной войлок, корни.

При изучении экосистем важным является определение содержания и запасов питательных элементов – одно из главных условий, определяющих структуру и функционирование растительных сообществ. Исследования проведены в 2012-2021 гг. на постоянных участках площадью 100 м<sup>2</sup> склонов северной и южной экспозиций хребта Чакулабек на высоте 1000 м над ур.м., территория Цудахарской базы Горного ботанического сада ДФИЦ РАН. Почва северного склона – горная лугово-лесная эродированная, южного склона – горная лугово-степная сильно эродированная. Результаты исследования показали, что более плодородной была почва склона северной экспозиции, поскольку в ней

обнаружено больше легкогидролизуемого азота – почти в 2 раза, чем в почве южного склона. Аналогично легкогидролизуемой форме азота валовое количество также преобладало в почве северного склона. Так, содержание общего азота в слое 0-40 см в почве северного склона было 0,186%, в почве южного – меньше на 47,62%. С увеличением глубины почвенного профиля содержание форм азота снижалось. Запасы азота в почвах также различались: в слое 0-40 см меньше запасов на 44,96%, в почве южного склона, общей и легкогидролизуемой форм – на 88,47%. Это связано, по-видимому, с большей крутизной южного склона, смывом азота, соседством с древесно-кустарниковой растительностью. Благоприятные условия, сложившиеся на северном склоне, способствовали более высокой урожайности зеленой массы – 15,32 ц/га, против 13,23 ц/га на южном склоне. Таким образом, исследования показали, что в зависимости от склоновой экспозиции

зиции продуктивность различалась. На склоне северной экспозиции, относительно южной, надземная фитомасса содержала азота больше на 12,53%, в корнях – больше на 11,28%. Соответственно, содержание азота отличалось: запасы – в надземной массе северного склона составили 58,10 кг/га, что выше на 17,47%; в корнях – выше на 41,45%.

**Keywords:** *northern slope, southern slope, soil type, hydrolyzable nitrogen, total nitrogen, nitrogen content, nitrogen storage, phytocenosis, productivity, herbage, litter, sod mat, roots.*

When studying ecosystems, it is important to determine the content and reserves of nutrients that is one of the main conditions determining the structure and functioning of plant communities. The research was carried out from 2012 through 2021 on permanent plots of 100 m<sup>2</sup> on the slopes of the northern and southern expositions of the Chakulabek ridge, at 1000 meters above sea level, on the territory of the Tsudakhar base of the Mountain Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences. The soil of the northern slope is eroded mountain meadow-forest soil; the southern slope - heavily eroded mountain meadow-steppe soil. The research findings showed that the soil of

the slope of the northern exposure was more fertile since more easily hydrolysable nitrogen was found in it - almost 2 times than in the soil of the southern slope. Similarly to easily hydrolysable form of nitrogen, the gross amount also prevailed in the soil of the northern slope. The total nitrogen content in the 0-40 cm soil layer of the northern slope was 0.186%; in the soil of the southern slope - by 47.62% less. With increasing depth of the soil profile, the content of nitrogen forms decreased. Nitrogen storage in soils also differed - in the 0-40 cm layer there were by 44.96% and 88.47% less in the soil of the southern slope of common and easily hydrolysable forms. This was probably due to greater steepness of the southern slope, nitrogen washout and the proximity to woody and shrubby vegetation. Favorable conditions prevailing on the northern slope contributed to higher herbage yield - 1.532 t ha as compared to 1.323 t ha on the southern slope. Thus, the studies showed that productivity varied depending on the slope exposure. On the slope of the northern exposure as opposed to the southern slope, the aboveground phytomass contained by 12.53% more nitrogen. There was by 11.28% more nitrogen in the roots. Accordingly, the nitrogen content also differed in storage - in the aboveground mass of the northern slope it amounted to 58.10 kg ha which was by 17.47% higher; in roots - by 41.45% higher.

**Рамазанова Нуржаган Идрисовна**, науч. сотр., Прикаспийский институт биологических ресурсов, Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН, г. Махачкала, Российская Федерация, e-mail: ramazanova4141@mail.ru.

**Салихов Шамиль Курамагомедович**, науч. сотр., Прикаспийский институт биологических ресурсов, Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН, г. Махачкала, Российская Федерация, e-mail: salichov72@mail.ru.

**Гимбатова Кабират Бадировна**, мл. науч. сотр., Прикаспийский институт биологических ресурсов, Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН, г. Махачкала, Российская Федерация, e-mail: gimbatova1954@mail.ru.

**Кичева Жамилат Омаровна**, мл. науч. сотр., Прикаспийский институт биологических ресурсов, Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН, г. Махачкала, Российская Федерация, e-mail: kicheva\_d@mail.ru.

**Ахмедова Заира Нажмутдиновна**, мл. науч. сотр., Прикаспийский институт биологических ресурсов, Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН, г. Махачкала, Российская Федерация, e-mail: zairaahmedova45@gmail.com.

**Ramazanova Nurzhagan Idrisovna**, Researcher, Pre-Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russian Federation, e-mail: ramazanova4141@mail.ru.

**Salikhov Shamil Kuramagomedovich**, Researcher, Pre-Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russian Federation, e-mail: salichov72@mail.ru.

**Gimbatova Kabirat Badyrovna**, Junior Researcher, Pre-Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russian Federation, e-mail: gimbatova1954@mail.ru.

**Kicheva Zhamilat Omarovna**, Junior Researcher, Pre-Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russian Federation, e-mail: kicheva\_d@mail.ru.

**Akhmedova Zaira Nazhmutdinovna**, Junior Researcher, Pre-Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russian Federation, e-mail: zairaahmedova45@gmail.com.

## Введение

Предгорная провинция Дагестана расположена в пределах гипсометрических отметок 150-1200 м, делится на высотные пояса: степной, лесостепной, лесной, горно-луговой [1].

Ландшафтные отличия делят провинцию на 3 географических района: Юго-восточный, Центральный, Северо-западный [2], отличающиеся высотой над уровнем моря, характером рельефа, почвенно-растительным покровом.

Структура фитоценозов, его продуктивность во многом определяются статусом азота в биогеоценозах.

Территория провинции характеризуется склоновым типом рельефа, с различными экспозициями, для которых характерны свои гидро-термические условия, химический состав почв, продуктивность, флористический состав.

Исследованиями охвачено много вопросов, касающихся характера роста и развития фитоценозов, его видового состава территории горного Дагестана [3-7]. Однако вопрос содержания азота в экосистемах данного региона слабо изучен.

**Цель** исследования – изучение влияния факторов окружающей среды на содержание и запасы азота в почвенном и растительном покрове Предгорной подпровинции Дагестана.

**Объекты и методы исследований**

Работа выполнена в течение десяти лет (2012-2021 гг.) на УНУ «Система экспериментальных баз, расположенных вдоль высотного градиента» ЦЭБ ГорБС ДФИЦ РАН, участках площадью 100 м<sup>2</sup>. Эксперименты были заложены на склонах южной и северной экспозиций хребта Чакулабек, с гипсометрической отметкой около 1000-1200 м над уровнем моря. Почва склона северной экспозиции – горная лугово-лесная эродированная, склона южной экспозиции – горная лугово-степная сильно эродированная. Экспериментальные участки противоположных экспозиций охватывают типичную растительность склоновых земель.

Почвенные и растительные образцы отбирались в трехкратной повторности в течение вегетационного сезона, продолжительностью семь месяцев (апрель-октябрь). Почвенные пробы отобраны в глубинном профиле 0-40 см, растительные пробы при отборе делились на фракции. Формы азота в почвах определялись методом «индофеноловой зелени» (общая форма), методом Тюрина и Кононовой (легкогидролизуемая форма) [8]. Методом мокрого озоления [8] получены показатели азота в растительности. Запасы азота вычислены по методике А.А. Титляновой с соавт. [9].

**Результаты исследований**

Показатели азота в почвах за 10 лет исследований были довольно высокими (табл. 1).

Исследования также указывают на то, что горная лугово-степная сильно эродированная почва содержала почти в 2 раза меньше легкогидролизуемой формы азота, вследствие чего она была менее плодородной относительно горной лугово-лесной эродированной почвы, участка северного склона.

Соответственно легкогидролизуемой форме азота его валовое количество также превалировало в почве, приуроченной к склону северной экспозиции. Так, содержание общего азота в слое 0-40 см составило для горной лугово-лесной эродированной почвы 0,186%, а в горной лугово-степной сильно эродированной – меньше на 47,62%. Вниз по профилю почв содержание азота уменьшалось.

Таблица 1

**Показатели азота в почвах Цудахарской базы ГорБС ДФИЦ РАН (2012-2021 гг.).**

Почва	Горизонт, см	1	2	Запас, кг/га	
				1	2
Северный склон					
Горная лугово-лесная эродированная	0-20	0,231	10,96	4943,4	234,54
	20-40	0,141	4,88	3243,0	112,24
	0-40			8186,4	346,78
Южный склон					
Горная лугово-степная сильно эродированная	0-20	0,150	5,47	3240,0	118,15
	20-40	0,102	2,79	2407,2	65,84
	0-40			5647,2	184,00

Примечание. 1 – общий азот, %; 2 – гидролизуемый азот, мг/100 г.

Почвенные запасы исследуемого питательного элемента также отличались – больше на 44,96% (общая форма) и на 88,47% (легкогидролизуемая форма) аккумулировала горная лугово-лесная эродированная почва. По-видимому, это связано с большей крутизной южного склона и смывом азота. Также большее количество запасов азота в почве северного склона может быть связано с соседством участка с древесно-кустарниковой растительностью.

Климатические условия на исследуемых участках были в целом благоприятными для роста и развития фитоценозов.

Характер динамики запасов азота в фракциях фитомассы фитоценозов определяется сезоном года (гидротермические показатели) и течением продукционно-деструкционных процессов органического вещества (табл. 2).

Статус азота во фракциях фитомассы изменяется по сезонам года [9].

Таблица 2

**Содержание азота во фракциях фитомассы по сезонам**

Склон	Фракция фитомассы	Весна	Лето	Осень
Северный	Зелёная масса	1,26	1,72	1,67
	Ветошь	0,71	0,96	0,89
	Войлок	0,74	1,09	1,13
	Корни	1,55	1,48	1,59
Южный	Зелёная масса	1,18	1,57	1,41
	Ветошь	0,69	0,87	0,84
	Войлок	0,71	0,91	1,02
	Корни	1,37	1,33	1,42

Содержание азота в зелёной массе больше всего в летний период, в ветоши показатели его значительно меньше. Азота в весенней ветоши, оставшейся после зимнего периода, меньше, чем в образующейся осенью. Это связано с вымыванием азота в зимний и весенний период осадками (снег, дождь). За этот период в ветоши остается примерно 60% исследуемого элемента, относительно его зелёной массы. Уменьшение содержания азота в ветоши происходит вследствие использования зелёными растениями.

поступает в почву. Старые корни и войлок при разложении обогащают почву азотом, который используется для роста и развития зеленой массы растений.

Войлок, образующийся из ветоши, содержит больше азота. В свою очередь из войлока азот

Климат и эдафические условия, характерные для исследуемых участков, привели к тому, что в среднем за 10 лет функционирования фитоценозов, произрастающих на склонах хребта Чакулабек в Предгорной провинции Дагестана, продуктивность зеленой массы достигала 13,23 и 15,32 ц/га. Причем выше продуктивность, на 15,8%, была на участке северного склона (табл. 3).

Таблица 3

**Накопление фитомассы, содержание и запасы азота во фракциях фитомассы**

Склон	Фракция фитомассы	Фитомасса, кг/га-год	Содержание азота, %	Запасы азота, кг/га
Северный	Зеленая масса	15,32	1,72	26,35
	Ветошь	18,11	0,96	17,39
	Войлок	13,17	1,09	14,36
	Корни	112,17	1,48	166,01
Южный	Зеленая масса	13,23	1,57	20,77
	Ветошь	21,37	0,87	18,59
	Войлок	11,1	0,91	10,10
	Корни	88,24	1,33	117,36

Как и в нашем случае, многие исследователи [10-13] обнаружили, что урожайность фитоценозов выше на склонах, ориентированных на север, особенно вблизи с лесными участками.

Исследования 2012-2021 гг. показали, что содержание азота в фракциях фитомассы фитоценозов отличалось в зависимости от склоновой экспозиции. На склоне северной экспозиции, относительно южной, надземная фитомасса содержала азота больше на 12,53%. В корнях азота было больше на 11,28%.

Соответственно содержанию азота отличались и запасы: в надземной массе северного склона составили 58,10 кг/га, что выше на 17,47%; в корнях – выше на 41,45%.

### Заключение

Накопление и запасы азота в почвах Предгорья Дагестана в 2012-2021 гг. имели следующие показатели:

1. В зависимости от склоновой экспозиции наблюдается воздействие микроклимата на статус азота в почвах и фракциях фитомассы фитоценозов.

2. Содержание легкогидролизуемого азота в слое 0-40 см было больше почти в 2 раза и общего азота на 48,8% в горной лугово-лесной эродированной почве склона северной экспозиции хребта Чакулабек. Это явилось следствием соседства участка с древесно-кустарниковым массивом и меньшей крутизной склона. С глубиной независимо от склона содержание азота снижалось.

3. На динамику содержания азота во фракциях фитомассы большое влияние оказывают микроклимат ареала биогеоценоза, стадия жизненного цикла растений, составляющих фитоценоз.

4. Содержание азота в надземной фитомассе северного склона было больше на 12,5%, в корнях азота – больше на 11,3%.

5. Запасы в надземной массе фитомассы северного склона были выше на 17,47%; в корнях – на 41,45%, что связано с вымыванием и выносом азота из почвы южного склона хребта, вследствие значительной крутизны.

### Библиографический список

1. Магомедова, А. З. Региональные физико-географические различия предгорного Дагестана / А. З. Магомедова, З. В. Атаев. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2013. – № 5 (52). – С. 212-215.

2. Атаев, З. В. Ландшафтные районы Предгорного Дагестана / З.В. Атаев. – Текст: непосредственный // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2014. – № 2-2. – С. 317-320.

3. Litvinskaya S., Murtazaliev R. (2015). Vegetation Diversity of the Russian Part of the Caucasus in the Era of Climate Change. In: Öztürk, M., Hakeem, K., Faridah-Hanum, I., Efe, R. (eds) *Climate Change Impacts on High-Altitude Ecosystems*. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-12859-7\_20.

4. Gasanov G.N., Salikhov Sh.K. Ramazanova N.I., Asvarova T.A., Gadzhiev K.M., Bashirov R.R., Magomedov N.R. (2017). Floristic composition and productivity of mountain pastures of Dagestan. *Ponte*, 73, 10, 185-198.

5. Гамзатова, Х. М. Разнообразие растительных сообществ на почвах горного Дагестана (на примере Дидойской депрессии) / Х. М. Гамзатова, Р. М. Адамова. – Текст: непосредственный // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 126. – С. 866-878.

6. О динамике травянистых растительных сообществ (Горный Дагестан) / Г. Н. Гасанов, Ш. К. Салихов, Н. И. Рамазанова [и др.]. – Текст: непосредственный // Ботанический журнал. – 2018. – Т. 103, № 9. – С. 1152-1164.

7. Murtazaliev R. (2021). Floristic diversity of Dagestan florocoenotypes. *BIO Web of Conferences*. EDP Sciences, 38, 00083. doi: 10.1051/bioconf/20213800083.

8. Практикум по агрохимии / Б. А. Ягодин, И. П. Дерюгин, Ю. П. Жуков [и др.]. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 512 с. – Текст: непосредственный.

9. Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности / А. А. Титлянова,

Н. И. Базилевич, В. А. Снытко [и др.]. – 2-е издание, исправленное и дополненное. – Новосибирск: ИПА СО РАН, 2018. 110 с. – DOI 10.31251/978-5-600-02350-5.

10. Allison S.D., Czimczik C.I., Treseder K.K. (2008). Microbial activity and soil respiration under nitrogen addition in Alaskan boreal forest. *Global Change Biology*, 14, 1156-1168.

11. de Vries W., Wamelink G.W.W., van Dobben H. et al. (2010). Use of dynamic soil-vegetation models to assess impacts of nitrogen deposition on plant species composition: an overview. *Ecological Applications*, 20, 1, 60-79.

12. Dobben V.H., De Vries W. (2010). Relation between forest vegetation, atmospheric deposition and site conditions at regional and European scale. *Envir. Pollut.*, 158, 921-933.

13. Bobbink R., Hicks K., Galloway J. et al. (2010). Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: A synthesis. *Ecological Applications*, 20, 30-59.

### References

1. Magomedova, A.Z. Regionalnye fiziko-geograficheskie razlichia predgornogo Dagestana / A.Z. Magomedova, Z.V. Ataev // *Molodoi uchenyi*. – 2013. – No. 5 (52). – S. 212-215.

2. Ataev, Z.V. Landshaftnye raiony Predgornogo Dagestana / Z.V. Ataev // *Aktualnye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. – 2014. – No. 2-2. – S. 317-320.

3. Litvinskaya S., Murtazaliev R. (2015). Vegetation Diversity of the Russian Part of the Caucasus in the Era of Climate Change. In: Öztürk, M., Ha-keem, K., Faridah-Hanum, I., Efe, R. (eds) *Climate Change Impacts on High-Altitude Ecosystems*. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-12859-7\_20.

4. Gasanov G.N., Salikhov Sh.K. Ramazanova N.I., Asvarova T.A., Gadzhiev K.M., Bashirov R.R., Magomedov N.R. (2017). Floristic composition and productivity of mountain pastures of Dagestan. *Ponte*, 73, 10, 185-198.

5. Gamzatova, Kh.M. Raznoobrazie rastitelnykh soobshchestv na pochvakh gornogo Dagestana (na primere Didoiskoi depressii) / Kh.M. Gamzatova, R.M. Adamova // *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2017. – No. 126. – S. 866-878.

6. Gasanov, G.N. O dinamike travianistykh rastitelnykh soobshchestv (Gornyi Dagestan) G.N. Gasanov, Sh.K. Salikhov, N.I. Ramazanova, K.M. Gadzhiev, M.M. Mallaliev // *Botanicheskii zhurnal*. – 2018. – T. 103. – No. 9. – S. 1152-1164.

7. Murtazaliev R. (2021). Floristic diversity of Dagestan florocoenotypes. *BIO Web of Conferences. EDP Sciences*, 38, 00083. doi: 10.1051/bioconf/20213800083.

8. Iagodin, B.A. Praktikum po agrokhemii / B.A. Iagodin, I.P. Deriugin, Iu.P. Zhukov i dr. – Moskva: Agropromizdat, 1987. – 512 s.

9. Titlianova, A.A. Biologicheskaya produktivnost travianykh ekosistem. Geograficheskie zakonomernosti i ekologicheskie osobennosti / A.A. Titlianova, N.I. Bazilevich, V.A. Snytko i dr. – 2-е издание, исправленное и дополненное. – Новосибирск: ИПА СО РАН, 2018. 110 с. doi: 10.31251/978-5-600-02350-5.

10. Allison S.D., Czimczik C.I., Treseder K.K. (2008). Microbial activity and soil respiration under nitrogen addition in Alaskan boreal forest. *Global Change Biology*, 14, 1156-1168.

11. de Vries W., Wamelink G.W.W., van Dobben H. et al. (2010). Use of dynamic soil-vegetation models to assess impacts of nitrogen deposition on plant species composition: an overview. *Ecological Applications*, 20, 1, 60-79.

12. Dobben V.H., De Vries W. (2010). Relation between forest vegetation, atmospheric deposition and site conditions at regional and European scale. *Envir. Pollut.*, 158, 921-933.

13. Bobbink R., Hicks K., Galloway J. et al. (2010). Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: A synthesis. *Ecological Applications*, 20, 30-59.

