

УДК 631.42

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-45-58

СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ПОЧВАХ ДОЛИНЫ «БЕЗЫМЯННОГО» РУЧЬЯ, ПРЕДГОРНЫЙ КРЫМ

*Дубас В. В.^{1,2,3}, Алексаикин И. В.^{2,3}, Калягина В. О.^{2,3}, Андреев Т. И.¹,
Хижняк Ю. С.²*

¹*Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь,
Российская Федерация*

²*Карадагская научная станция имени Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН,
Феодосия, Российская Федерация*

³*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь,
Российская Федерация
E-mail: victoriadubas.VD@gmail.com*

В малотрансформированных почвах долины «безымянного» ручья (Предгорный Крым) с использованием метода элементного CHNS-анализа определено содержание общего углерода и азота, рассчитаны значения показателя молярного отношения углерод/азот (далее – C/N), характеризующего уровень обеспеченности почв данными химическими элементами. Определены основные типы почв, характерные для района исследования, произведен отбор почвенного материала и его анализ. Величина C/N варьирует в зависимости от горизонта в среднем достигая 12,7 моль, при этом максимальное значение фиксируется в 16,9 моль, а минимальное равно 6,75 моль. Наибольшие значения для углерода фиксируются в горизонте C_{sa}, а наименьшие в верхних гумусовых горизонтах. Для азота складывается полностью противоположная ситуация: наименьшие значения фиксируются в подстиляющих почвы горизонтах, а наибольшие в гумусовых горизонтах. Определено, что такое распределение элементов помимо природных процессов разложения органических веществ, может быть связано с миграционными процессами азота с близлежащих сельхозугодий, подвергавшихся внесению органических удобрений и повышенной карбонатностью почв в отношении углерода.

Ключевые слова: органическое вещество, азот, углерод, почвы, соотношение C/N.

ВВЕДЕНИЕ

Плодородие почв, как известно, является ее важнейшим свойством. Оно во многом определяется запасами органического вещества, представляющего собой материальное выражение понятия биокосность почвы, выведенного в начале XX века В. И. Вернадским. Глобальный цикл углерода [1] при этом зависит от плодородия почв, их буферности, эрозионной устойчивости и ряда других параметров. Как установлено, в результате глобального круговорота углерода почва способна как терять, так и накапливать органическое вещество. Потерю органического углерода часто связывают с деградацией структуры гумусовых горизонтов, в первую очередь с разрушением макроагрегатов [2], а его накопление напротив связывают с процессами восстановления структуры, например, для

агроземов при смене технологии обработки или типа землепользования на более щадящие [3]. Для оценки скорости накопления органического вещества достаточно часто используют данные о содержании двух наиболее важных элементов – углерода и азота. А одним из показателей, отражающих специфику органического вещества почв, является молярное отношение C/N.

Значительно возросшая антропогенная нагрузка на педосферу неуклонно приводит к нарушению основной функции почв – плодородия. Территория долины «безымянного» ручья Предгорья Крыма активно эксплуатируется в сельском хозяйстве. Около 90 % площади распаханно и используется в полевых севооборотах, а наименее развитые, значительно щебнисто-каменистые почвы заняты под многолетними посадками лаванды узколистной (*Lavandula angustifolia*). Рельеф рассматриваемой территории сильно волнисто-холмистый с общим уклоном на северо-восток. Перепады высот находятся в пределах от 95 м до 415 м над уровнем моря.

Цель работы – установление закономерностей распределения содержания общего углерода и азота в почвах долины «безымянного» ручья, берущего свое начало в пределах северного Предгорья Крыма и теряющегося в степном Крыму.

В последние годы активно проводятся исследования циклов углерода и азота в почвах, характерных для экосистем Крайнего севера России [4–7], множество работ посвящено Арктической части Евразии [8–13]. Все чаще появляются работы по аналогичным исследованиям почв Сибири [14, 15], Поволжья [16], Центрального Черноземья [3], Центрального Предкавказья [17]. Сведения об исследованиях содержания углерода и азота в почвах Крыма представлены в [18–21] и др.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Территория исследования располагается в пределах двух природных зон Крымского полуострова: предгорной на юге, плавно переходящей в степную на севере. Рассматриваемая местность сильно волнисто-холмистая, пересеченная с общим уклоном на северо-восток. Поверхность изрезана балками, самая крупная из которых является долиной «безымянного» ручья. Для нее характерна значительная ширина на юге, создающая вид лощины и сужение на севере. Протяженность долины по прямой составляет более 15 км. На западе и востоке долину закрывают каменистые гряды с крутыми склонами южного направления. Абсолютные высоты колеблются в пределах от 95 м над уровнем моря на севере долины до 415 м над уровнем моря в южной ее части (Высшая точка г. Орта-Тау) (рис. 1).

В климатическом отношении этот район очень теплый, с мягкой зимой, менее засушливый, чем степной. Самые теплые месяцы июль–август со средним диапазоном температур 20,6–21,4 °С, а самые холодные месяцы январь–февраль с температурой воздуха -0,8–(-1,4) °С. Почва промерзает на глубину не более 40 см, а в отдельные наиболее холодные годы до 60 см.

Выходы на поверхность грунтовых вод отмечаются в районе заложения почвенных разрезов 3 и 4 (рис. 1). Максимальная протяженность «безымянного» ручья достигает 3 км в весенний период и может полностью пересыхать в остальные сезоны.

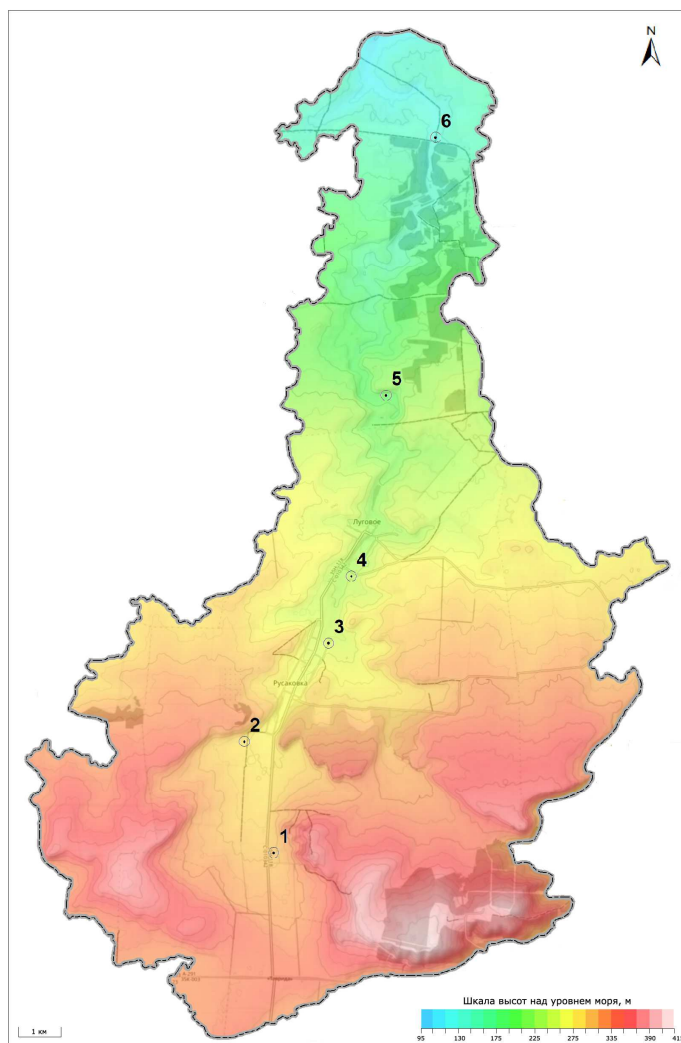


Рис. 1. Схема рельефа долины «безымянного» ручья (Предгорный Крым) с указанием мест заложения почвенных профилей.

На естественных выгонах наиболее часто отмечаются около 20 видов растений из 7 семейств, доминирующую позицию при этом занимают злаковые, зонтичные и сложноцветные. В каждом из семейств можно выделить таких представителей как шалфей луговой (*Salvia pratensis*), шандра ранняя (*Marrubium praecox*), зопник колючий (*Phlomis tuberosa*), полынь австрийская (*Artemisia austriaca*), цмин песчаный (*Helichrysum arenarium*), тысячелистник щетинистый (*Achillea setacea*), лапчатка неблестящая (*Potentilla impolita*), житняк гребневидный (*Agropyron cristatum*), ежа сборная (*Dáctylis glomeráta*), коровяк обыкновенный (*Verbáscum thápsus*), молочай лозный (*Euphórbia virgáta*) и другие. Исследуемая территория входит в ареал распространения редких растений, включенных в Красную Книгу

Крыма [22]. К таким растениям можно отнести ковыль волосатик (*Stipa capillata*), солодку гладкую (*Glycyrrhiza glabra*), горицвет весенний (*Adonis vernālis*), пион тонколистный (*Paeonia tenuifolia*) и другие.

Диагностика и классификация почв проводились согласно сложившимся к настоящему времени представлениям [23, 24].

Отбор проб почвенного материала производился из каждого выделенного горизонта, посредством образования смешанной пробы в пределах каждого горизонта общей массой 100 г. Пробоподготовка образцов включала в себя высушивание почвенного материала в атмосфере воздуха при комнатной температуре в течении 7 дней и дальнейшее его измельчение путем перетирания в агатовой ступке.

Содержание углерода и азота в образцах почв устанавливали с помощью элементного CHNS-анализатора Vector EuroEA-3000. Диапазон определения массовой доли элемента составляет 0,001–100 %, а относительная ошибка находится в пределах 0,1 %. Молярное отношение C/N рассчитывали по данным элементного анализа для входящих в состав образцов углерода и азота.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам полевого обследования, выделены следующие разновидности почв:

– 1 – Чернозем миграционно-мицелярный тяжелосуглинистый слабощебнисто-каменистый остаточно-карбонатный на древнем глинистом делювии. Формула: AUlc-BCAmc-Cca. Название почвы соответствует разрезу 1;

– 2 – Чернозем текстурно-карбонатный легкоглинистый с пятнами слабосмытых слабощебнисто-каменистых разновидностей остаточно-карбонатный на древнем глинисто-щебнистом делювии, подстилаемом плотным известняком с глубины 50–100 см. Формула: AU-CAT-Cca-R. Название почвы соответствует разрезу 2 и 3;

– 3 – Черноземовидная глеевая почва на иловатой глине. Формула: AUhi- V -G-CG. Название почвы соответствует разрезу 4;

– 4 – Абраземы аккумулятивно-карбонатные щебнисто-каменистые средне- и сильносмытые (с выходами пород до 50 %) на элювии известняка, подстилаемом плотным известняком с глубины 40 см. Формула: BSA-Cca-R. Название почвы соответствует разрезу 5 и 6.

Все почвы высококарбонатные, от 10 % HCl наблюдается вскипание с поверхности. Продукты выветривания осадочных пород (самые молодые по геологическому возрасту в Предгорном Крыму являются глины, песчаники, известняки) выступают в качестве почвообразующих пород, на которых и сформировались почвы долины «безымянного» ручья. На плотных породах почвообразовательный процесс протекает слабо и проникает не глубоко, поэтому почвы на таких породах с укороченным профилем (разрезы 5 и 6).

Количественное распределение углерода и азота в рассматриваемых почвах приведено в табл. 1. Самые высокие показатели фиксируются в разрезах 2, 3 и 5, 6 под черноземными и абраземными почвами соответственно. Количество гумуса в

СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ПОЧВАХ ДОЛИНЫ...

гумусовых горизонтах варьирует в пределах от 2,7 % до 7,9 %. На глубине более 50–60 см его содержание резко падает и находится в пределах от 1,1 % до 2,4 %.

Таблица 1
Количественные показатели содержания углерода и азота в почвах долины
«безымянного» ручья (Предгорный Крым)

Номер разреза	Горизонт	Глубина, см	рН	Массовая доля ω , масс. %		С/N, Моль
				Собщ.	Нобщ.	
Чернозем миграционно-мицелярный тяжелосуглинистый слабощебнисто-каменистый остаточно-карбонатный на древнем глинистом делювии						
1	AUlc	0-50	7,6	6,62	0,64	12,1
	BCAmc	50-75	7,6	6,4	0,58	12,9
	Cca	75>	8,1	5,68	0,53	12,5
Чернозем текстурно-карбонатный легкоглинистый с пятнами слабосмытых слабощебнисто-каменистых разновидностей остаточно-карбонатный на древнем глинисто-щебнистом делювии, подстилаемом плотным известняком с глубины 50-100 см						
2	AU	0-52	7,8	6,9	0,84	9,6
	CAT	52-78	7,6	6,91	0,76	10,6
	Cca	78>	8,0	6,28	0,49	14,9
3	AU	0-48	7,6	4,4	0,76	6,7
	CAT	48-76	7,8	6,1	0,64	11,1
	Cca	76>	8,1	8,76	0,64	16,0
Черноземовидная глеевая почва на иловатой глине						
4	AUhi	0-52	7,7	6,2	0,51	14,2
	V	52-74	7,6	4,6	0,5	10,7
	G	74-110	7,4	7,31	0,68	12,5
	CG	110>	7,9	11,56	0,92	14,7
Абраземы аккумулятивно-карбонатные щебнисто-каменистые средне- и сильносмытые (с выходами пород до 50 %) на элювии известняка, подстилаемом плотным известняком с глубины 40 см						
5	BCA	0-40	8,1	13,2	0,91	16,9
	Cca	40>	8,5	9,6	0,76	14,7
6	BCA	0-42	7,9	8,4	0,81	12,1
	Cca	42>	8,3	6,76	0,68	11,6

Среднее содержание углерода в черноземе миграционно-мицелярном тяжелосуглинистый слабощебнисто-каменистый остаточно-карбонатный на древнем глинистом делювии (разрез 1) составляет 0,51 моль, при этом максимальное значение 0,55 моль отмечается в горизонте AU, а минимальное значение 0,47 моль характерно для горизонта Cca. Среднее содержание азота в

данной почве составляет 0,04 моль, при этом максимальное значение 0,05 моль отмечается в горизонте AU, а минимальное значение 0,04 моль характерно для горизонта Cca. Значение отношения C/N находится в пределах 12,0–13,0 моль. Характеристика распределения углерода и азота визуально имеет следующий вид: рис. 2.

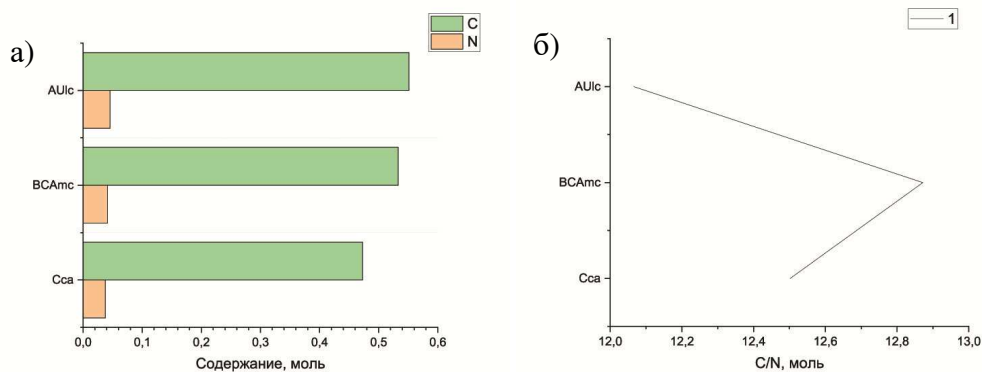


Рис. 2. Содержание углерода и азота (а) и отношения C/N (б) в черноземе миграционно-мицелярном тяжелосуглинистый слабощебнисто-каменистый остаточно-карбонатный на древнем глинистом делювии

Характеристика чернозема текстурно-карбонатного легкоглинистого с пятнами слабосмытых слабощебнисто-каменистых разновидностей остаточно-карбонатного на древнем глинисто-щебнистом делювии, подстилаемом плотным известняком с глубины 50–100 см в зависимости от рассматриваемого разреза, имеет отличия по содержанию углерода, в то время как содержание азота практически аналогичное. Среднее содержание углерода (разрез 2) составляет 0,56 моль, при этом максимальное значение 0,58 моль отмечается в горизонте CAT, а минимальное значение 0,52 моль характерно для горизонта Cca. Среднее содержание азота в пределах данного разреза составляет 0,05 моль, при этом максимальное значение 0,06 моль отмечается в горизонте AU, а минимальное значение 0,03 моль характерно для горизонта Cca. Значение отношения C/N находится в пределах 9,0–15,0 моль. Для разреза 3, среднее содержание углерода составляет 0,53 моль, при этом в отличие от разреза 2, максимальное значение 0,73 моль отмечается в горизонте Cca, а минимальное значение 0,37 моль характерно для горизонта AU. Среднее содержание азота в пределах данного разреза составляет 0,05 моль, при этом максимальное значение 0,05 моль отмечается в горизонте AU, а одинаково минимальное значение 0,04 моль характерно для горизонтов CAT и Cca. Значение отношения C/N находится в пределах 6,0–15,0 моль. Характеристика распределения углерода и азота визуально имеет следующий вид: рис. 3.

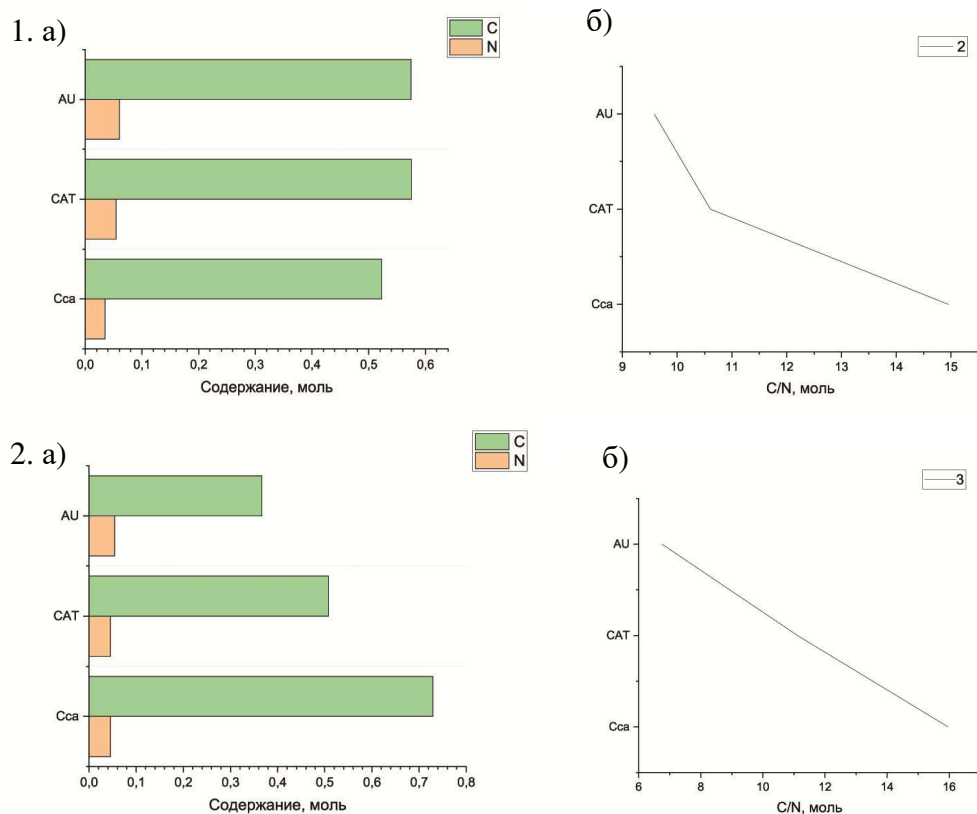


Рис. 3. Содержание углерода и азота (а) и отношения C/N (б) в черноземе текстурно-карбонатном легкоглинистом с пятнами слабосмытых слабощебнисто-каменистых разновидностей остаточно-карбонатном на древнем глинисто-щебнистом делювии, подстилаемом плотным известняком с глубины 50–100 см: (1) – разрез 2, (2) – разрез 3

В черноземовидной глееватой почве на иловатой глине (разрез 4) среднее содержание углерода составляет 0,62 моль, при этом максимальное значение 0,96 моль отмечается в горизонте Csa, а минимальное значение 0,38 моль характерно для горизонта V. Среднее содержание азота в пределах данного разреза составляет 0,05 моль, при этом максимальное значение 0,07 моль также отмечается в горизонте Csa, а минимальное значение 0,03 моль характерно для горизонта V. Значение отношения C/N находится в пределах 10,0–15,0 моль. Характеристика распределения углерода и азота визуально имеет следующий вид: рис. 4.

Как можно заметить, распределение полученных значений содержания углерода и азота является противоположным по отношению к характеристикам, отмеченным ранее для чернозема миграционно-мицелярного тяжелосуглинистого слабощебнисто-каменистого остаточно-карбонатного на древнем глинистом делювии.

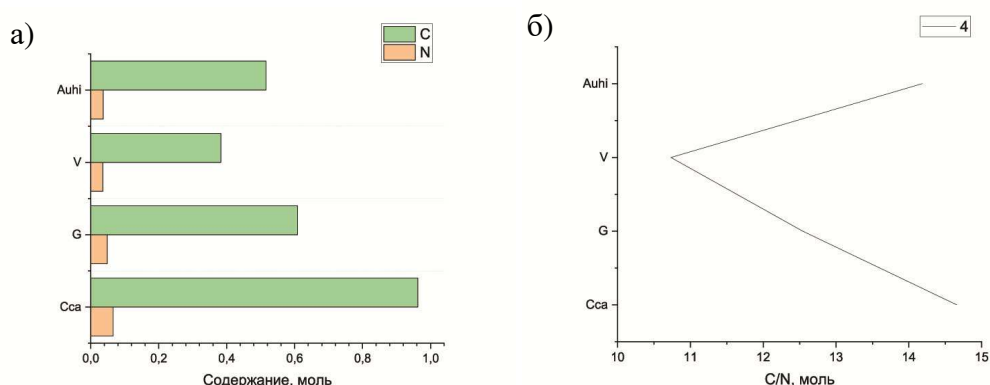


Рис. 4. Содержание углерода и азота (а) и отношения C/N (б) в черноземовидной глееватой почве на иловатой глине

Характеристика абраземов аккумулятивно-карбонатных щебнисто-каменистых средне- и сильносмытых (с выходами пород до 50 %) на элювии известняка, подстилаемом плотным известняком с глубины 40 см в зависимости от рассматриваемого разреза, практически аналогичное друг другу. Среднее содержание углерода (разрез 5) составляет 0,95 моль, при этом максимальное значение 1,1 моль отмечается в горизонте ВСА, а минимальное значение 0,8 моль характерно для горизонта Сса. Среднее содержание азота в пределах данного разреза составляет 0,06 моль, при этом максимальное значение 0,06 моль отмечается в горизонте ВСА, а минимальное значение 0,05 моль характерно для горизонта Сса. Значение отношения C/N находится в пределах 14,0–16,0 моль и визуально имеет монотонно убывающую с глубиной кривую. В отличие от разреза 5 для разреза 6, характерны несколько меньшие значения. Так, среднее содержание углерода составляет 0,63 моль, при этом максимальное значение 0,7 моль отмечается в горизонте ВСА, а минимальное значение 0,6 моль характерно для горизонта Сса. Среднее содержание азота в пределах данного разреза составляет 0,05 моль, при этом максимальное значение 0,06 моль отмечается в горизонте ВСА, а минимальное значение 0,05 моль характерно для горизонта Сса. Значение отношения C/N находится в пределах 11,0–12,5 моль. Характеристика распределения углерода и азота визуально имеет следующий вид: рис. 5. Как можно заметить, оба разреза имеют тенденцию к общему снижению показателей в зависимости от глубины.

В работах, посвященных изучению и анализу почв на предмет содержания углерода и азота [14, 15, 25, 26] установлено, что отношение C/N является показателем в первую очередь, характеризующим обеспеченность почв азотом и доступность органического вещества для растений. При этом, на доступность азота влияет также скорость минерализации азотсодержащего органического вещества почвы и растительных остатков, а форма азота доступного растениям и микроорганизмам может варьироваться от минеральных до различных органических соединений. Как известно, для большинства гумусовых горизонтов почв характерна величина C/N, равная 8–10 [27], что отвечает высокой и средней

СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ПОЧВАХ ДОЛИНЫ...

обеспеченности гумуса азотом. Очень высокое отношение (18–20) свойственно бедным азотом грубогумусным горизонтам почв. Низкое значение C/N (2–3) характерно для очень бедных гумусом горизонтов [27].

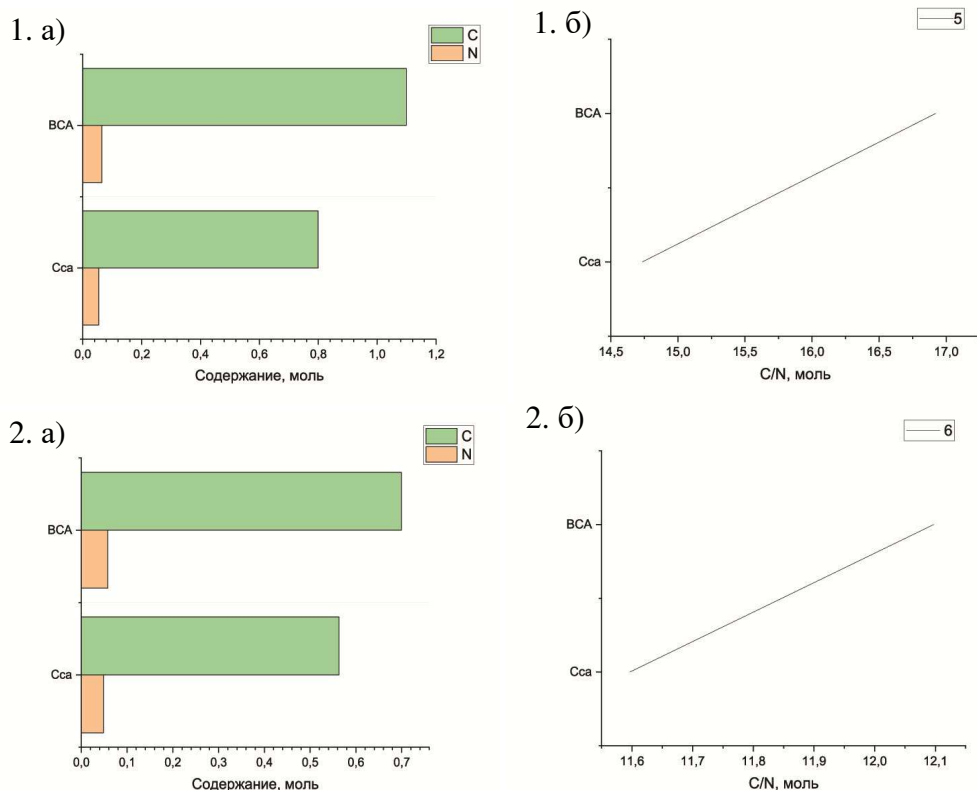


Рис. 5. Содержание углерода и азота (а) и отношения C/N (б) в абраземе аккумулятивно-карбонатном щебнисто-каменистом средне- и сильносмытом (с выходами пород до 50 %) на элювии известняка, подстилаемом плотным известняком с глубины 40 см: (1) – разрез 5, (2) – разрез 6.

Для почв долины «безымянного» ручья Предгорного Крыма характерно содержание в среднем по разрезам 0,63 моль для углерода и 0,05 моля для азота. Среднее значение отношения C/N для рассматриваемых почв составляет 12,7 моль. Для гумусовых горизонтов среднее значение C/N составляет 10,5 моль, что свидетельствует о среднем уровне обеспеченности почв азотом. Очевидно, что среднее содержание углерода и, как следствие среднее значение C/N, в рассматриваемых почвах является результатом не столько интенсивного разложения органики, а скорее результатом высокого содержания карбонатов кальция (практически все рассматриваемые почвы вскипают от 10 % HCl с поверхности увеличивая интенсивность по мере приближения к подстилающей материнской породе – уровень pH от 7,6 до 8,5). Кроме того, разрезы 1, 2 и 4

заложены в значительном приближении к сельскохозяйственным угодьям, подвергавшимся в отдельные годы внесению органических (в т.ч. азотных) удобрений, что может объяснить несколько повышенные на общем фоне остаточные концентрации азота в верхних гумусовых горизонтах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе изучены и определены основные типы почв, распространенные по долине «безымянного» ручья (Предгорный Крым). В ходе полевых исследований определены их основные морфогенетические характеристики по заложенным почвенным разрезам. Содержание углерода и азота для малотрансформированных участков почвенного покрова за последние двадцать лет определялось впервые, а сведения об установлении отношений C/N и вовсе не обнаружены в литературных источниках.

По содержанию углерода и азота, а также их соотношению в почвах «безымянного» ручья определено, что величина C/N варьирует в зависимости от горизонта в среднем достигая 12,7 моль, при этом максимальное значение фиксируется в 16,9 моль, а минимальное равно 6,75 моль. Наибольшие значения для углерода фиксируются в горизонте C_{ca}, а наименьшие в верхних гумусовых горизонтах. Для азота наибольшие показатели, наоборот, характерны для верхних гумусовых горизонтов, в то время как наименьшие значения фиксируются в материнской и подстилающей породе.

Несколько повышенные уровни содержания азота в верхних горизонтах отдельных почв могут объясняться остаточными концентрациями внесенных органических удобрений в близлежащие сельхозугодья. Увеличение концентраций углерода с глубиной объясняется повышенной карбонатностью почв.

Работа выполнена в рамках темы № 1023110900165-3-1.5.10;1.6.19; 1.6.23 «Мониторинг климатически активных веществ в наземных экосистемах Республики Крым в условиях изменения климата и антропогенного воздействия с применением дистанционных методов исследований».

Список литературы

1. Jobaggy E. G. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation / Jobaggy E. G., Jackson R. B. // Ecol. Appl. – 2000. – № 10. – P. 423–436.
2. Bailey V. L. What do we know about soil carbon destabilization? / Bailey V. L., Pries C. H., Lajtha K. // Environ. Res. Lett. – 2019. – V. 14(8). – P. 083004.
3. Холодов В. А. Содержание органического углерода и азота в размерных фракциях агрегатов типичных черноземов / В. А. Холодов, Н. В. Ярославцева, М. А. Яшин [и др.] // Почвоведение. – 2021. – № 3. – С. 320–326.
4. Kuhry P. Fossil carbon/nitrogen ratios as a measure of peat decomposition / Kuhry P., Vitt D. H. // Ecology. – 1996. – V. 77, № 1. – P. 271–275.
5. Andersson R. A. Elemental and isotopic carbon and nitrogen records of organic matter accumulation in a Holocene permafrost peat sequence in the East European Russian Arctic / Andersson R. A., Meyers P., Hornibrook E., Kuhry P., Mörth C.-M. // J. Quaternary Science. – 2012. – V. 27, № 6. – P. 545–552.

6. Каверин Д. А. Строение и свойства почв многолетнемерзлых торфяников юго-востока Большеземельской тундры / Д. А. Каверин, А. В. Пастухов, Е. М. Лаптева, [и др.] // Почвоведение. – 2016. – № 5. – С. 542–556.
7. Пастухов А. В. Маркеры трансформации органического вещества в мерзлотных бугристых болотах на европейском Северо-Востоке / А. В. Пастухов, К. Кноблаух, Е. В. Яковлева, Д. А. Каверин // Почвоведение. – 2018. – № 1. – С. 49–62.
8. Kokfelt U. Wetland development, permafrost history and nutrient cycling inferred from late Holocene peat and lake sediment records in subarctic Sweden / U. Kokfelt, N. Reuss, E. Struyf, M. Sonesson, M. Rundgren, G. Skog, P. Rosen, D. Hammarlund // J. Paleolimnol. – 2010. – V. 44. – P. 327–342.
9. Hodgkinsa S. B. Changes in Arctic peat chemistry boost CH₄ release / S. B. Hodgkinsa, M. M. Tfaily, C. K. McCalley, T. A. Logan, P. M. Crill, S. R. Saleska, V. I. Rich, J. P. Chanton // Proc. of the National Academy of Sciences. – 2014. – V. 111, № 16. – P. 5819–5824.
10. Szymański W. Chemistry and spectroscopic properties of surface horizons of Arctic soils under different types of tundra vegetation – A case study from the Fuglebergsletta coastal plain (SW Spitsbergen) / Szymański W. // Catena. – 2017. – V. 156. – P. 325–337.
11. Zmudczyńska-Skarbek K. Following the flow of ornithogenic nutrients through the Arctic marine coastal food webs / K. Zmudczyńska-Skarbek, P. Balazy // J. Marine Systems. – 2017. – V. 168. – P. 31–37.
12. Zaborska A. Sedimentary organic matter sources, benthic consumption and burial in west Spitsbergen fjords – Signs of maturing of Arctic fjordic systems? / A. Zaborska, M. Włodarska-Kowalczyk, J. Legeżyńska, E. Jankowska, A. Winogradow, K. Deja // J. Marine Systems. – 2018. – V. 180. – P. 112–123.
13. Шамрикова, Е. В. Распределение углерода и азота в почвенном покрове прибрежной территории Баренцева моря (Хайпудырская губа) / Е. В. Шамрикова, С. В. Денева, О. С. Кубик // Почвоведение. – 2019. – № 5. – С. 558–569.
14. Васильчук А. К. Соотношение содержания углерода и азота в почвах литальза-ландшафтов в долине р. Сенца, Восточный Саян / А. К. Васильчук, Д. Ю. Васильчук, Н. А. Буданцева, Ю. К. Васильчук, Е. В. Терская, П. П. Кречетов, Л. Б. Блудушкина // Арктика и Антарктика. – 2020. – № 1.
15. Васильчук А. К. Соотношение содержания углерода и азота в позднплейстоценовых повторно-жильных льдах и современных почвах в районе Батагайского мегаоврага, север Якутии / А. К. Васильчук, Ю. К. Васильчук, Н. А. Буданцева, Д. Ю. Васильчук, А. П. Гинзбург, Л. Б. Блудушкина, Е. С. Слышкина // Арктика и Антарктика. – 2022. – № 2. – С. 66–81.
16. Сайфуллина Л. Б. Изменение содержания общего углерода и азота в черноземе южном при длительном применении удобрений в Поволжье / Л. Б. Сайфуллина, М. П. Чуб, В. В. Пронько, Т. М. Ярошенко, Н. Ф. Климова, Д. Ю. Журавлев // Плодородие. – 2016. – № 4 (91). – С. 19–23.
17. Шаповалова Н. Н. Изменение общих запасов углерода и азота в черноземе обыкновенном под влиянием длительного применения и последствия минеральных удобрений / Н. Н. Шаповалова, Е. И. Годунова // Плодородие. – 2020. – № 5 (116). – С. 29–33.
18. Костенко И. В. Характеристика гуминовых кислот горно-луговых и буроземных почв Крыма методом ¹³C-ЯМР / И. В. Костенко, Е. В. Абакумов // Почвоведение. – 2018. – № 12. – С. 1446–1454.
19. Кольцов С. А. Трансформация плодородия солонцовых почв крымского Присивашья под влиянием рисосеяния и оптимизация его параметров: Монография / С. А. Кольцов, А. А. Титков. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2019. – 420 с.
20. Клименко О. Е. Влияние интродуцированных древесных растений на свойства черноземов сегрегационных Крыма / О. Е. Клименко, Н. И. Клименко, Ю. В. Плугатарь // Лесоведение. – 2022. – № 4. – С. 381–394.
21. Славинская А. В. Сезонная динамика выделения углекислого газа («дыхание почв») в Предгорной зоне Крыма / А. В. Славинская, В. Г. Кобечинская, А. В. Ивашов, М. В. Гритчин // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2022. – Т. 8, № 1. – С. 177–187.
22. Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / Отв. ред. д. б. н., проф. А. В. Ена и к. б. н. А. В. Фатерыга. – Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. – 480 с.
23. Полевой определитель почв России. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. – 182 с.

24. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография / под. ред. А.Л. Иванова, С.А. Шоба. – М.: Почвенный ин-т им В. В. Докучаева, 2014. – 768 с.
25. Wieder R. K. Primary Production in Boreal Peatlands // In: Wieder R. K., Vitt D. H. (eds) Boreal Peatland Ecosystems. Ecological Studies. – vol 188. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.
26. Chapin F. S. Carbon Inputs to Ecosystems In: Principles of Terrestrial Ecosystem / F. S. Chapin III, P. A. Matson, P. M. Vitousek // Ecology. – 2011.
27. Орлов Д. С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов / Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова, М. С. Розанова // Почвоведение. – № 8. – 2004. – С. 918–926.

CARBON AND NITROGEN CONTENT IN SOILS OF THE “NAMELESS” STREAM VALLEY, PIDMOUNTARY CRIMEA

Dubas V. V.^{1,2,3}, Aleksashkin I. V.^{2,3}, Kalyagina V. O.^{2,3}, Andreenko T. I.¹, Khizhnyak Yu. S.²

¹*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol', Russian Federation
E-mail: victoriadubas.VD@gmail.com*

²*T. I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of RAS – Branch of A. O. Kovalevsky
Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Feodosia, Russian Federation*

³*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation
E-mail: aligor@rambler.ru*

In the slightly transformed soils of the valley of the “nameless” stream (Piedmont Crimea), using the CHNS elemental analysis method, the content of total carbon and nitrogen was determined, and the values of the molar C/N ratio, which characterizes the level of soil supply with these chemical elements, were calculated. Four main soil types for the study area have been identified. That’s migratory-mycelial, heavy loamy, weakly rubbly-stony, residual-carbonate chernozem on ancient clayey colluvium (Formula: AUlc-BCAmc-Cca), Textured carbonate light clayey chernozem with spots of slightly washed away slightly rubbly-stony varieties, residual carbonate on ancient clay-crushed colluvium, underlain by dense limestone from a depth of 50–100 cm (Formula: AU-CAT-Cca-R), chernozem-like gley soil on silty clay (Formula: AUhi-V-G-CG) and accumulative-carbonate abrazems, rubble-stony, medium and heavily washed away (with rock outcrops up to 50 %) on limestone eluvium, underlain by dense limestone from a depth of 40 cm (Formula: BCA-Cca-R). From six established soil sections, soil material was selected and analyzed. The C/N value varies depending on the horizon, reaching an average of 12.7 mol, with the maximum value being 16.9 mol and the minimum being 6.75 mol. The highest values for carbon are recorded in the Cca horizon, and the lowest in the upper humus horizons. For nitrogen, the situation is completely opposite: the lowest values are recorded in the underlying soil horizons, and the highest in humus horizons. It has been determined that this distribution of elements, in addition to the natural processes of decomposition of organic matter, may be associated with migration processes of nitrogen from nearby farmlands that were subjected to the application of organic fertilizers and increased soil carbonate in relation to carbon.

Keywords: organic matter, nitrogen, carbon, soils, C/N ratio.

References

1. Jobaggy E. G., Jackson R. B. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecol. Appl.* **10**, 423 (2000).
2. Bailey V.L., Pries C.H., Lajtha K. What do we know about soil carbon destabilization? *Environ. Res.Lett.* **14(8)**, 083004. (2019).
3. Kholodov V. A., Yaroslavtseva N. V., Yashin M.A. [et al.]. Content of organic carbon and nitrogen in size fractions of aggregates of typical chernozems. *Soil Science.* **3**, 320 (2021).
4. Kuhry P., Vitt D. H. Fossil carbon/nitrogen ratios as a measure of peat decomposition. *Ecology.* **77 (1)**, 271 (1996).
5. Andersson R. A., Meyers P., Hornibrook E., Kuhry P., Mörth C.-M. Elemental and isotopic carbon and nitrogen records of organic matter accumulation in a Holocene permafrost peat sequence in the East European Russian Arctic. *J. Quaternary Science.* **27(6)**, 545 (2012).
6. Kaverin D. A., Pastukhov A. V., Lapteva E. M., [et al.] Structure and properties of soils in permafrost peatlands in the southeast of the Bolshezemelskaya tundra. *Soil Science.* **5**, 542 (2016).
7. Pastukhov A. V., Knoblauch K., Yakovleva E. V., Kaverin D. A. Markers of transformation of organic matter in frozen hummocky bogs in the European Northeast. *Soil science.* **1**, 49 (2018).
8. Kokfelt U., Reuss N., Struyf E., Sonesson M., Rundgren M., Skog G., Rosen P., Hammarlund D. Wetland development, permafrost history and nutrient cycling inferred from late Holocene peat and lake sediment records in subarctic Sweden. *J. Paleolimnol.* **44**, 327 (2004).
9. Hodgkinsa S. B., Tfaily M. M., McCalley C. K., Logan T. A., Crill P. M., Saleska S. R., Rich V. I., Chanton J. P. Changes in Arctic peat chemistry boost CH₄ release. *Proc. of the National Academy of Sciences.* **111(16)**, 5819 (2011).
10. Szymański W. Chemistry and spectroscopic properties of surface horizons of Arctic soils under different types of tundra vegetation – A case study from the Fuglebergsletta coastal plain (SW Spitsbergen). *Catena.* **156**, 325 (2017).
11. Zmudczyńska-Skarbek K., Balazy P. Following the flow of ornithogenic nutrients through the Arctic marine coastal food webs. *J. Marine Systems.* **168**, 31 (2017).
12. Zaborska A., Włodarska-Kowalczyk M., Legeżyńska J., Jankowska E., Winogradow A., Deja K. Sedimentary organic matter sources, benthic consumption and burial in west Spitsbergen fjords – Signs of maturing of Arctic fjordic systems? *J. Marine Systems.* **180**, 112 (2018).
13. Shamrikova E. V., Deneva S. V., Kubik O. S. Distribution of carbon and nitrogen in the soil cover of the coastal territory of the Barents Sea (Khaipudyr Bay). *Soil Science.* **5**, 558 (2019).
14. Vasilchuk A. K., Vasilchuk D. Yu., Budantseva N. A., Vasilchuk Yu. K., Terskaya E. V., Krechetov P. P., Bludushkina L. B. The ratio of carbon and nitrogen content in soils of lithalsa landscapes in the valley of the river. Senza, Eastern Sayan. *Arctic and Antarctic.* **1**. (2020).
15. Vasilchuk A. K., Vasilchuk Yu. K., Budantseva N. A., Vasilchuk D. Yu., Ginzburg A. P., Bludushkina L. B., Slyshkina E. S. The ratio of carbon and nitrogen content in late Pleistocene ice wedges and modern soils in the area of the Batagai megaravine, northern Yakutia. *Arctic and Antarctic.* **2**, 66 (2022).
16. Saifullina L. B., Chub M. P., Pronko V. V., Yaroshenko T. M., Klimova N. F., Zhuravlev D. Yu. Changes in the content of total carbon and nitrogen in southern chernozem with long-term use of fertilizers in the Volga region. *Fertility.* **4 (91)**, 19 (2016).
17. Shapovalova N. N., Godunova E. I. Changes in the total reserves of carbon and nitrogen in ordinary chernozem under the influence of long-term use and the aftereffect of mineral fertilizers. *Fertility.* **5 (116)**, 29 (2020).
18. Kostenko I. V., Abakumov E. V. Characteristics of humic acids in mountain meadow and brown earth soils of Crimea using the ¹³C-NMR method. *Soil Science.* **12**, 1446 (2018).
19. Koltsov S. A., Titkov A. A. *Transformation of the fertility of solonetz soils of the Crimean Sivash region under the influence of rice sowing and optimization of its parameters: Monograph.* p. 420 (Limited Liability Company "Publishing House Typography "Arial", Simferopol, 2019).
20. Klimenko O. E., Klimenko N. I., Plugatar Yu. V. Influence of introduced woody plants on the properties of segregated chernozems of Crimea. *Forestry.* **4**, 381 (2022).

21. Slavinskaya A. V., Kobechinskaya V. G., Ivashov A. V., Gritchkin M. V. Seasonal dynamics of carbon dioxide release ("soil respiration") in the Foothill zone of Crimea. *V.I. Vernadsky Scientific notes of the Crimean Federal University. Biology. Chemistry.* **8 (1)**, 177 (2022).
22. *Red Book of the Republic of Crimea. Plants, algae and fungi.* p.480 (IT ARIAL LLC, Simferopol, 2015).
23. *Field determinant of Russian soils.* p. 182 (V.V. Dokuchaev Soil Inst., M., 2008)
24. *Unified State Register of Soil Resources of Russia. Version 1.0.* p. 768 (V. V. Dokuchaev Soil Inst., M., 2014)
25. Wieder R. K. *Primary Production in Boreal Peatlands.* In: Wieder, R.K., Vitt, D.H. (eds) *Boreal Peatland Ecosystems. Ecological Studies*, **188**. (Springer, Berlin, Heidelberg, 2006).
26. Chapin F. S., Matson P. A., Vitousek P. M. Carbon Inputs to Ecosystems In: *Principles of Terrestrial Ecosystem. Ecology.* (2011).
27. Orlov D. S., Biryukova O. N., Rozanova M. S. Additional indicators of the humus status of soils and their genetic horizons. *Soil science.* **8**, 918 (2004).