

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТОМСКОЕ ОБЛАСТНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
АДМИНИСТРАЦИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

**Природопользование и охрана природы:
Охрана памятников природы,
биологического и ландшафтного
разнообразия Томского Приобья
и других регионов России**

**Материалы IX Всероссийской с международным участием
научно-практической конференции**

Томск, 21–23 апреля 2020 г.

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

Почвы являются связующим звеном геосферных и биосферных компонентов Земли, без почвенного покрова невозможно существование современной биосферы [1], что определяет необходимость сохранения почв планеты, особенно целинных, для поддержания круговоротов вещества и энергии в биосфере [2]. На современном этапе развития общества в связи с хозяйственной деятельностью человека в условиях изменяющейся климатической обстановки окружающая среда меняется очень быстро. Для сохранения и улучшения окружающей среды необходима экологическая оценка состояния всех ее компонентов. Природными эталонами последних считаются объекты мониторинговых площадок заповедных территорий, где изучаются климатические показатели и их изменение, растительный и животный мир, почвы и др. К сожалению, почвам уделяется недостаточное внимание, во многих заповедниках и национальных парках [2], отсутствуют почвенные карты, не изучены даже базовые свойства почв, не говоря уже о детальных и глубоких систематических исследованиях, которые, как правило, не проводятся.

Цель настоящей работы заключается в выявлении особенностей основных свойств и фракционно-группового состава гумуса некоторых почв Красноярского государственного заповедника «Столбы», расположенного на северо-западных отрогах Восточного Саяна.

Исследования проводились в Манском лесничестве в районе кордона «Кандалак», находящегося в зоне полной заповедности. Почвы данной территории ранее не изучались.

Объектами исследования явились почвы низкогорного пояса (в пределах 280–450 м над ур. м.), выделенные на уровне следующих типов и подтипов (согласно «Классификации и диагностике почв России» [3]): литозем грубогумусовый типичный, бурозем типичный и темногумусовые (дерновые) типичные. В качестве почвообразующих пород выступают отложения элювиально-делювиального и пролювиально-делювиального генезиса. Территория сложена вулканитами, хлоритовыми и кремнистыми сланцами, а также рифейскими известняками. Почвы сформированы под сосновыми и лиственничными травянистыми лесами с незначительной примесью ели, пихты и лиственных пород (преимущественно березы) в условиях континентального климата и промывного типа водного режима.

Литозем грубогумусовый имеет небольшую мощность профиля (менее полуметра) с аккумуляцией гумуса в 37-см слое. Профиль темноокрашенный (буровато-серый), густо пронизан корнями растений, сильно щебнистый, бескарбонатный.

Бурозем типичный характеризуется большей мощностью профиля (111 см), наличием хорошо сформированного коричневатого-серого гумусо-аккумулятивного горизонта АУ (36 см) и четко выраженного метаморфического горизонта ВМ, отличающегося тяжелым гранулометрическим составом, высокой плотностью, усилением бурой окраски, что обусловлено развитием процесса сиаллитного оглинивания.

Темногумусовые типичные почвы имеют мощные гумусовые горизонты (АУ+АВ до 56–74 см), сформированные в результате активно идущего под влиянием травянистой растительности дернового процесса, сопровождающегося накоплением гумуса, элементов питания, созданием водопрочной комковато-зернистой структуры.

Методы исследования. Использовались общепринятые в почвоведении методы исследования (профильный, морфологический, сравнительно-географический), а также комплекс аналитических методов и методик для определения гранулометрического состава [4] и базовых свойств почв [5]. Фракционно-групповой состав гумуса определялся по методу И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [6].

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ гранулометрического состава почв показал, что литозем и темногумусовые почвы относятся к разновидности легкосуглинистых, а бурозем – среднесуглинистых почв. Преобладающими фракциями являются мелкий песок и

крупная пыль. Доля ила невелика и распределяется по профилям почв, за исключением бурозема, довольно равномерно, составляя 2–5 %. В почве буроземного типа наблюдается иной характер распределения тонкодисперсных частиц, а именно их накопление в метаморфическом горизонте ВМ, в котором количество их в 3–4 раза превышает таковое в выше- и нижележащих горизонтах и достигает 15–20 %, обуславливая тяжелосуглинистый состав. Это связано с процессом сиаллитизации, заключающемся в активном развитии внутрпочвенного выветривания минералов.

Важнейшим компонентом почв, определяющим их плодородие, является гумус. Наибольшим содержанием органического углерода среди исследованных объектов отличается литозем, в верхнем слое которого в большом количестве накапливаются слаборазложенные органические остатки, формируя грубогумусный горизонт. Гумусированность этой почвы достигает 20 %. В темногомусовых почвах уровень аккумуляции органического вещества ниже – 12,8–7,5 % гумуса, содержание его с глубиной закономерно снижается и в переходном горизонте В составляет 4,3–4,9 %. Наименьшей гумусностью отличается бурозем типичный, в горизонте АУ которого содержание гумуса составляет 6,7 %. Распределение его по профилю носит резко убывающий характер (в горизонте ВМ не превышает 2 %).

В связи с высокой гумусированностью литозем и темногомусовые почвы заповедника характеризуются относительно высоким содержанием обменных оснований – 26–34 мг-экв/100 г почвы, доля Ca^{2+} и Mg^{2+} закономерно снижается с глубиной, коррелируя с содержанием органических коллоидов. В буроземе проявляется другая закономерность – количество поглощенных оснований увеличивается с глубиной (от 18 до 22–26 мг-экв/100 г почвы) в связи с возрастанием в этом направлении количества минеральных тонкодисперсных частиц, обладающих поглотительной способностью. В составе ППК устойчиво доминирует кальций, доля его превышает долю магния в 5–10 раз. Содержание Mg^{2+} во всех исследованных почвах близко и изменяется по профилю в узких пределах (3–5 мг-экв/100 г почвы).

Изученные почвы характеризуются слабокислой реакцией почвенного раствора, величина $\text{pH}_{\text{вод}}$ несколько превышает 6 единиц и лишь в гумусово-аккумулятивном горизонте бурозема опускается ниже – до 5,7. Все почвы бескарбонатные, что является типичным для почвообразования в гумидных условиях под пологом хвойных лесов.

Качественный состав гумуса в исследованных почвах различен, что обусловлено особенностями их генезиса. В групповом составе гумуса литозема на долю гуминовых кислот (ГК) приходится 24–35 % от общего органического углерода ($\text{C}_{\text{общ}}$), фульвокислот (ФК) – 34–42 %, гумина – 31–34 % от $\text{C}_{\text{общ}}$. В гидролизуемой части гумуса лишь в верхнем горизонте доли ГК и ФК близки, вследствие чего отношение $\text{C}_{\text{ГК}}:\text{C}_{\text{ФК}}$ составляет единицу. Ниже относительное содержание ГК снижается, а ФК увеличивается, что сопровождается уменьшением величины $\text{C}_{\text{ГК}}:\text{C}_{\text{ФК}}$, тип гумуса из фульватно-гуматного переходит в гуматно-фульватный. Среди ГК доминируют бурые (фракция 1), в гумусовом горизонте на их долю приходится 18 % от $\text{C}_{\text{общ}}$. С глубиной количество их снижается, что является закономерным для распределения новообразованных гумусовых веществ по профилю, так как интенсивность современных гумусообразовательных процессов в нижних горизонтах снижается. На долю гуматов кальция (фракция 2, черные ГК) приходится незначительное количество – 3–7 % от $\text{C}_{\text{общ}}$. Прочносвязанных с минералами ГК третьей фракции образуется больше – 7–12 %. Среди ФК также доминирует фракция 1 (фульваты железа и алюминия, связанные с бурыми ГК), доля этого компонента гумуса возрастает с глубиной от 18 % в грубогумусовом горизонте до 23 % в горизонте АР. Доля свободных, так называемых «агрессивных», ФК фракции 1а невелика – 3 % от $\text{C}_{\text{общ}}$.

Иным фракционным составом гумуса при близких значениях $\text{C}_{\text{ГК}}:\text{C}_{\text{ФК}}$ и характеристике группового состава отличаются темногомусовые почвы. В них закономерности изменения по

профилю содержания основных групп гумуса аналогичны таковым для почвы, описанной выше. Также, как и в литоземе, доля ГК снижается вниз по профилю (от 32 до 28 % от $C_{\text{общ}}$), а ФК увеличивается (от 30 до 43 % от $C_{\text{общ}}$), тип гумуса в верхнем 20-см слое фульватно-гуматный ($C_{\text{ГК}}:C_{\text{ФК}} = 1,06$), ниже – гуматно-фульватный ($C_{\text{ГК}}:C_{\text{ФК}} = 0,64-0,74$). Доля негидролизующихся форм гумусовых веществ составляет 28–37 % от $C_{\text{общ}}$. Однако во фракционном составе гумуса, в отличие от литозема, резко доминирует фракция гуматов кальция (19–21 % от $C_{\text{общ}}$), что, вероятно, связано с характером растительности. Темногумусовые почвы сформированы под пологом соснового леса с хорошо развитым наземным покровом с высоким проективным покрытием (80%), включающем разнотравье, в том числе из семейства бобовых, что обуславливает поступление в почву азота и оснований при разложении растительных остатков. В связи с этим процессы гумусообразования активно протекают в среде, обогащенной биогенным кальцием, связывающим образующиеся гумусовые кислоты в форме гуматов кальция.

Доли бурых и прочносвязанных с минералами гуминовых кислот довольно близки, они в 4 и более раз ниже доли гуматов кальция. В составе фульвокислот доминирует фракция 1 (17–21 % от $C_{\text{общ}}$), значительна доля фракции 2 (10–12 % от $C_{\text{общ}}$). Количество наиболее реакционно способных фульвокислот (фракция ФК-1а) невелико – 2–4 % от $C_{\text{общ}}$, что не способствует процессам разрушения почвенных минералов и оподзоливанию.

Особый интерес представляет качественный состав гумуса буроземов, поскольку для сибирских почв этого типа данный вопрос в научной литературе до настоящего времени практически не обсуждался.

В гидролизующей части гумуса исследованного бурозема по всему профилю преобладают ФК, доля которых увеличивается с глубиной от 29 % от $C_{\text{общ}}$ в гумусовом горизонте до 50 % от $C_{\text{общ}}$ в почвообразующей породе. Доля ГК в суммарном выражении снижается вниз по профилю от 26 до 6 % от $C_{\text{общ}}$. В связи с этим отношение $C_{\text{ГК}}:C_{\text{ФК}}$ меньше единицы. Тип гумуса гуматно-фульватный в первом полуметре и фульватный в горизонте С. Подобный характер распределения ГК и ФК по профилю отмечается В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [7] для буроземов, развитых на территории Западных Карпат.

Во фракционном составе ГК преобладают кислоты, прочносвязанные с почвенными минералами (фракция 3), на их долю приходится 12 % от $C_{\text{общ}}$ в горизонтах АУ и ВМ и 6 % от $C_{\text{общ}}$ в горизонте С. Относительно высокое содержание этой фракции ГК обусловлено, вероятно, накоплением вторичных глинистых минералов, образующихся в процессе сиаллитизации, который является профилеобразующим в почвах этого генезиса. Содержание бурых и черных гуминовых кислот в буроземе ниже, чем прочно связанных с минералами, доли их снижаются по профилю от 9 до 5 % от $C_{\text{общ}}$ и от 5 до 3 % от $C_{\text{общ}}$ соответственно.

По характеристике фракционного состава гуминовых кислот буроземов в литературе встречается немного данных, и они противоречивы. Так, согласно материалам Н.В. Хавкиной [8], в почвах Дальнего Востока, также как и в исследованных нами, доминируют прочносвязанные с минеральной частью почв гуминовые кислоты фракции 3 (6–13 % от $C_{\text{общ}}$). В аналогичных почвах этого же региона, изученных Л.А. Латышевой [9], доминирующей фракцией ГК является первая (бурые ГК), хотя гуматы кальция также присутствуют в составе гумуса. В бурых лесных почвах Карпат, изученных Е.Н. Рудневой [10], в аналогичных почвах Франции [7] в составе гуминовых кислот практически отсутствуют гуматы кальция и резко преобладают бурые фракции. Анализ результатов, полученных при изучении состава гумуса буроземов разных территорий, показывает сложность и факультетную изменчивость этих почв, дискуссионность интерпретации многих их свойств, что обуславливает необходимость их дальнейшего изучения.

Еще одной особенностью изученного бурозема, отличающей его от других объектов данного исследования, является относительно повышенное содержание ФК фракции 1а, доля которой составляет 13 % от $C_{\text{общ}}$ в горизонтах ВМ и С, а сумма фракций ФК1а+ФК1 превышает 50–60 % от содержания фульвокислот в целом. Последнее сближает исследованные почвы с буроземами Дальнего Востока, изученными Л.А. Латышевой [9].

Таким образом, состав гумуса исследованных почв имеет как общие черты, так и существенные различия. К первым относится довольно близкий уровень отношения $C_{\text{ГК}}:C_{\text{ФК}}$, отражающий макроклиматические условия формирования почв, что является закономерным, поскольку почвы развиты на одной территории. В связи с этим тип гумуса почв близкий: фульватно-гуматный (лишь в буроземе гуматно-фульватный, но величина $C_{\text{ГК}}:C_{\text{ФК}}$ здесь очень близка к единице) в верхних частях профиля, сменяющийся на гуматно-фульватный ниже по профилю. Почвы различаются фракционным составом гуминовых кислот, что обусловлено неоднородным растительным покровом и, вероятно, составом почвообразующих пород (анализ которых, к сожалению, не проводился). В наиболее маломощной и относительно молодой почве, представленной литоземом грубогумусовым, доминирующей фракцией является первая, что свидетельствует об активно идущих процессах гумусообразования на современном этапе ее развития. В темногумусовых почвах, формирующихся при участии обогащенной зольными элементами и белковыми компонентами травянистой растительности, доминируют гуматы кальция. В буроземе же заметную роль в составе гуминовых кислот играет фракция ГК-3 (прочные связанные с глинистыми почвенными минералами) и свободные наиболее миграционно способные фульвокислоты, накапливающиеся в нижних горизонтах.

Заключение. В целом, почвенный покров Красноярского заповедника «Столбы» сложный и неоднородный, представлен почвами разного генезиса. Для всех изученных почв характерно наличие четко выраженного темноокрашенного гумусового горизонта, отсутствие морфологически выраженных признаков оподзоливания, укороченность профилей и высокая щебнистость, что специфично для горного почвообразования. Состояние изученных почв оценивается легко- и среднесуглинистым гранулометрическим составом, относительно высоким содержанием гумуса и накоплением поглощенных оснований, что обусловлено активно идущим дерновым процессом, а также слабокислой реакцией почвенного раствора и отсутствием карбонатов. Качественный состав гумуса почв характеризуется близкими величинами $C_{\text{ГК}}:C_{\text{ФК}}$ и содержанием основных компонентов (групп), но различным фракционным составом, что обусловлено спецификой локальных условий гумусообразования и особенностями генезиса.

Литература

1. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Глобальные экологические функции почв // Экология и жизнь. 2002. № 2. С. 9–12.
2. Добровольский Г.В., Чернова О.В., Быкова Е.П., Матенина Н.П. Почвенный покров охраняемых территорий: состояние, степень изученности, организация исследований // Почвоведение. 2003. № 6. С. 645–654.
3. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
4. Качинский Н.А. Физика почвы. М.: Высшая школа, 1965. 321 с.
5. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
6. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных). Л., 1975. 105 с.
7. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения). Л.: Наука, 1980. 222 с.
8. Хавкина Н.В. Содержание и состав гумуса в бурых лесных почвах // Комплексные стационарные исследования лесов Приморья. Владивосток, 1967.
9. Латышева Л.А. Сравнительная оценка качественного состава гумуса буроземов острова Рейнеке и их илистых фракций // Почвы Дальнего Востока России: генезис, география, картография, плодородие, рациональное

использование и экологическое состояние (к 90-летию Г.И. Иванова) : материалы IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Владивосток, 2014. С. 26–29.

10. Руднева Е.Н. Почвенный покров Закарпатской области. М., 1960. 229 с.

DOI: 10.17223/978-5-94621-954-9-2020-41

ПОСТУПЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В АЗОВСКОЕ МОРЕ С АТМОСФЕРНЫМИ ВЫПАДЕНИЯМИ RECEIPT OF BIOGENIC SUBSTANCES IN THE SEA OF AZOV WITH ATMOSPHERIC PRECIPITATION

А.В. Клещенков, Т.Б. Филатова, Е.Г. Алёшина

A.V. Kleschenkov, T.B. Filatova, E.G. Aleshina

*Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук,
г. Ростов-на-Дону
fila5784@mai.ru*

Деятельность человека существенно влияет на содержание веществ в атмосфере, их природные циклы и бюджет. Одной из основных характеристик уровня загрязнения атмосферного воздуха является химический состав атмосферных осадков. Они являются значительным источником поступления различных веществ в морские и континентальные экосистемы, способным изменять их экологическое состояние. Оценено возможное влияние осадков на подстилающую поверхность.

Human activities significantly affect the content of substances in the atmosphere, their natural cycles and budget. One of the main characteristics of the level of air pollution is chemical composition of precipitation. They also serve as a significant source of various substances in marine and continental ecosystems, capable of changing their ecological state. The possible effect of precipitation on the underlying surface is estimated.

Ключевые слова: Азовское море, биогенные вещества, атмосферные выпадения, пробы снега, пробы дождевой воды.

Key words: Sea of Azov, biogenic substances, atmospheric precipitation, snow samples, rain water samples.

Климат Азовского моря относится к континентальному климату умеренных широт. Город Ростов-на-Дону расположен в юго-западной части Ростовской области на Северо-Приазовской равнине, на правом возвышенном берегу р. Дон и его левобережных пойменных и надпойменных террасах, в 33 км от Азовского моря (Таганрогского залива). Для оценки экологического состояния и биологических ресурсов Азовского моря большое значение имеет информация о потоках биогенных веществ, одним из источников поступления которых в поверхностный слой морских акваторий являются атмосферные выпадения. Азот, фосфор и кремний являются важными биогенными элементами, которые чаще всего лимитируют развитие продуктивности водных экосистем, а их соотношение определяет в значительной степени доминирующие формы и условия цветения фитопланктона. Содержание биогенных веществ в атмосферных осадках изменяется в широком диапазоне в зависимости от предшествующей метеорологической ситуации (количества осадков, скорости и направления ветра, относительной влажности воздуха и количества дней без осадков), от происхождения воздушных масс, их переноса и др. [1].

В 2016–2017 гг. нами проведены работы по анализу содержания биогенных элементов в атмосферных осадках (дождевая вода), целью которых было изучение загрязнения дождевой воды на примере неорганических форм азота и фосфора, результаты и выводы нашли отражение в публикациях [2–5]. Затем изучение содержания биогенных веществ (нитритов, нитратов, ионов аммония, азота растворённого, азота валового, фосфатов, фосфора растворённого, фос-