

ЕМКОСТЬ КАТИОННОГО ОБМЕНА ГУМУСОВОЙ ЧАСТИ ПОЧВ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО ТРАНСЕКТА

Борис Максимович Кленов

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаб. географии и генезиса почв, тел. (383)363-90-30, e-mail: klenov@issa-siberia.ru

Михаил Владимирович Якутин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаб. биогеоценологии, тел. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa-siberia.ru; Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, профессор кафедры экологии и природопользования

В статье анализируется изменение показателя емкости катионного обмена (ЕКО) в гумусе широтного ряда почв Западной Сибири. Показано, что не все гумусовые вещества способны выполнять функцию катионного обмена и участвовать в формировании органической части ЕКО почвы. Показано, что органическое ЕКО в широтном ряду почв Западной Сибири распределяется в соответствии с известной географической закономерностью распределения общего запаса гумуса и основными характеристиками этого запаса. Предложен нетрадиционный оценочный метод определения ЕКО с использованием аналитических данных о содержании кислых функциональных групп в гумусовых кислотах и составе гумусовых веществ, позволяющий раздельно оценить вклад гуминовых и фульвокислот в составе ЕКО почвы.

Ключевые слова: Западная Сибирь, почва, широтный трансект, емкость катионного обмена, гуминовые кислоты, фульвокислоты, экологическая устойчивость

CATION EXCHANGE CAPACITY OF THE HUMUS PART OF THE WEST SIBERIAN TRANSECT SOILS

Boris M. Klenov

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 8/2, Prospect Akademik Lavrentiev St., Novosibirsk, 630090, Russia, D. Sc., Senior Researcher of Geography and Genesis of Soils Laboratory, phone: (383)363-90-30, e-mail: klenov@issa-siberia.ru

Mikhail V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 8/2, Prospect Akademik Lavrentiev St., Novosibirsk, 630090, Russia, D. Sc., Associate Professor, Leading Researcher of Biogeocenology Laboratory, phone: (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa-siberia.ru; Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Professor of Department of Ecology and Environmental Management

The article analyzes the change in the indicator of the cation exchange capacity (CEC) in the humus of the latitudinal series of soils in Western Siberia. It is shown that not all humus substances are able to perform the function of cation exchange and participate in the formation of the organic part of the soil EC. It is shown that the organic matter in the latitudinal range of soils in Western Siberia is distributed in accordance with the known geographical pattern of the distribution of the

total humus stock and the main characteristics of this stock. An unconventional evaluation method for determining the EC is proposed using analytical data on the content of acidic functional groups in humic acids and the composition of humic substances, which allows us to separately assess the contribution of humic and fulvic acids in the composition of the EC of the soil.

Keywords: Western Siberia, soil, latitudinal transect, cation exchange capacity, humic acids, fulvic acids, environmental sustainability

Введение

Ионный обмен является одним из основных процессов, происходящих в органических и минеральных почвенных компонентах. Одной из необходимых характеристик физико-химических свойств почвы, как известно, являются состав и общее содержание обменных катионов. Качественный аспект ионного обмена рассматривается в меньшей степени, то есть роль органического и минерального компонентов почвы в емкости катионного обмена (ЕКО) и вопросы количественного анализа ионообменных процессов практически не освещаются как в составе почвопоглощающего комплекса, так и почвенного раствора. Но в последнее время представляется перспективным направление изучения количественного взаимодействия обменного кальция с гуминовыми кислотами (ГК) [1], а также ионообменного взаимодействия ГК с комплексом катионов, в основе которого лежит построение и расчет термодинамических моделей. В таких моделях гумусовая фаза связана с обменными катионами различных металлов [2].

Целью данной статьи является выявление роли основных компонентов гумуса в формировании органической части ЕКО широтного ряда почв Западной Сибири. Отчасти такие исследования по этому вопросу проводились нами и ранее [3, 4]. Следует отметить, что, несмотря на устойчивый высокий интерес к изучению гумусовых веществ различных почв, более углубленное изучение отдельных компонентов гумуса сдерживается отсутствием удовлетворительных методов, а существующие методы отличаются длительностью и сложностью [5], так как даже для определения общей органической ЕКО требуется удаление из почвы органического вещества влажным или сухим озолением. На сегодняшний день этот классический метод является, пожалуй, единственным удовлетворительным, хотя и трудоемким, но иногда используемым исследователями для получения полной оценки состояния ЕКО в почвах. Однако в тех случаях, когда изучение природы гумусовых веществ входит в цель исследования, помимо многих параметров, изучается состав гумуса и содержание функциональных групп, в частности, карбоксильных групп, характеризующих ЕКО гумусовых кислот. В данной статье результаты фракционно-группового анализа гумуса и содержания кислых функциональных групп в гумусовых кислотах используются для определения органической ЕКО, что исключает необходимость выполнения трудоемкого длительного анализа ЕКО. Взамен предлагается оценочный метод [6]. Суммарная ЕКО почвы может быть определена параллельно одним из классических методов, например, Бобко-Аскинази [7].

Методы и материалы

В работе использованы усредненные данные по функциональным группам гумусовых кислот и составу гумус [8, 9]. Используются методы, широко применяемые в практике исследования гумуса [10]. Результаты состава гумуса (в % к углероду почвенного органического вещества) и содержания кислых функциональных групп ГК и ФК (в мг-экв/100 г ГК или ФК) применялись к расчетам ЕКО по формуле, разработанной ранее [6]. На основании этих данных производятся расчеты ЕКО для количества ГК и ФК, то есть всех гуминовых веществ, кроме гуминов (ГМ).

Изученный широтный ряд автоморфных почв от таежной зоны до зоны сухих степей, представлен всеми основными почвенными типами. Образцы почв были отобраны из гумусового горизонта в среднетаежном подзоле, южной тайге (дерново-подзолистая почва в Томской области), серой лесной почве северной лесостепи, черноземе выщелоченном и обыкновенной центральной лесостепи в Новосибирской области, а также в черноземе южном и темно-каштановой почве степи Алтайского края.

Результаты и обсуждение

Из всех значений гумусовой системы, органическая часть в которой составляет 90–95% от всей органической массы почвы, существуют вещества неспецифической и специфической природы. В углеродном балансе гумуса первые занимают незначительную часть (не более 5%), вторые, наоборот, преобладают. Неспецифическими органическими соединениями являются аминокислоты, белки, сахара, различные органические кислоты, альдегиды и некоторые другие соединения. Значительную часть водорастворимых индивидуальных органических соединений могут составлять низкомолекулярные гуминовые и фульвокислоты, которые, по-видимому, являются биологически активной частью гумуса [11]. Все эти соединения постоянно присутствуют в почве, хотя и в незначительных количествах. Однако незначительное содержание и кратковременность существования этих соединений, связанная с интенсивным использованием их в качестве источника питания и энергии для почвенной микрофлоры, а также сложность изучения, затрудняют установление их участия в ЕКО.

Кроме того, почти до настоящего времени ГМ также считается наиболее стабильным гумусовым компонентом, однако результаты радиоуглеродного датирования не всегда свидетельствуют об этом [12]. В современной литературе было отмечено, что состав гумина не соответствует классическому определению гуминовых веществ [13] и, таким образом, гумин лучше обозначить не как гумусовое вещество, а как влагосодержащий материал, представленный липидами и модифицированным лигнином. Гуминовый компонент Гумина, таким образом, представляет собой постоянно обновляющуюся гетерогенную смесь разновозрастных органических веществ [14].

На рис. 1, 2 и 3 представлены данные по основным характеристикам гумусового состояния исследованных почв.

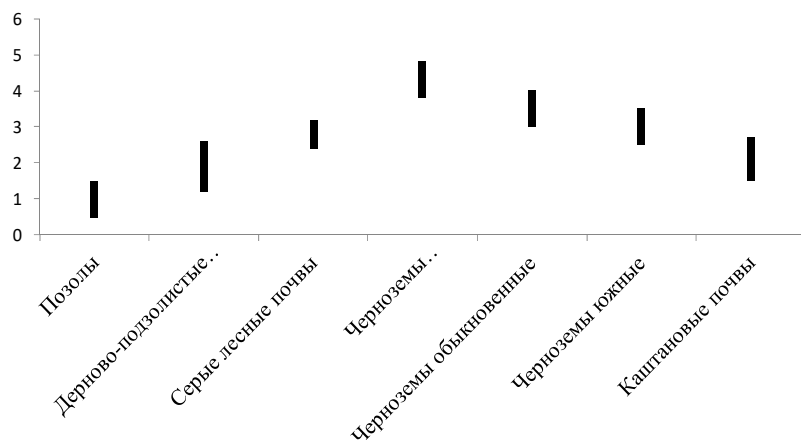


Рис. 1. Концентрация органического углерода в почвах исследованного трансекта, %

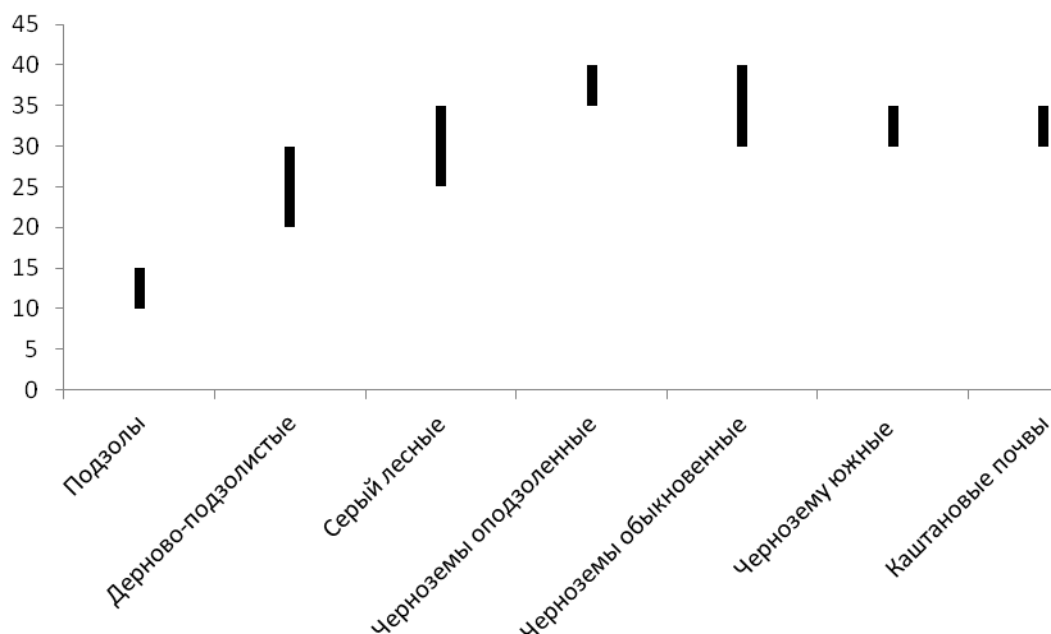


Рис. 2. Содержание гуминовых кислот в почвах исследованного трансекта (доля в $C_{орг}$ почвы), %

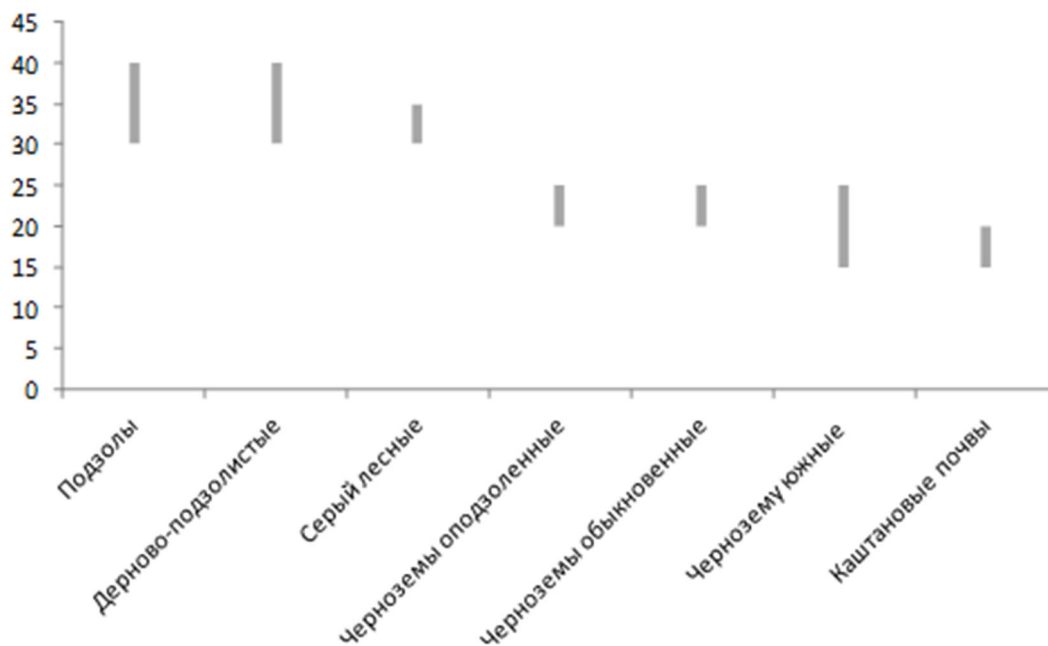


Рис. 3. Содержание фульвокислот в почвах исследованного трансекта (доля в C_{org} почвы), %

Учитывая содержание третьей фракции и гумина в автоморфных почвах Западной Сибири [8, 9], можно заключить, что в формировании органической ЕКО почвы участвует не более 60% гумуса. Эти данные еще раз подтверждают ранее полученный вывод о доминирующей роли органического вещества в составе ЕКО во всех почвах широтного ряда, за исключением почв подзолистого типа [4]. Такой же вывод можно сделать и по данным, приведенным на рис. 4 и 5. В расчетах использована разработанная ранее формула [6].

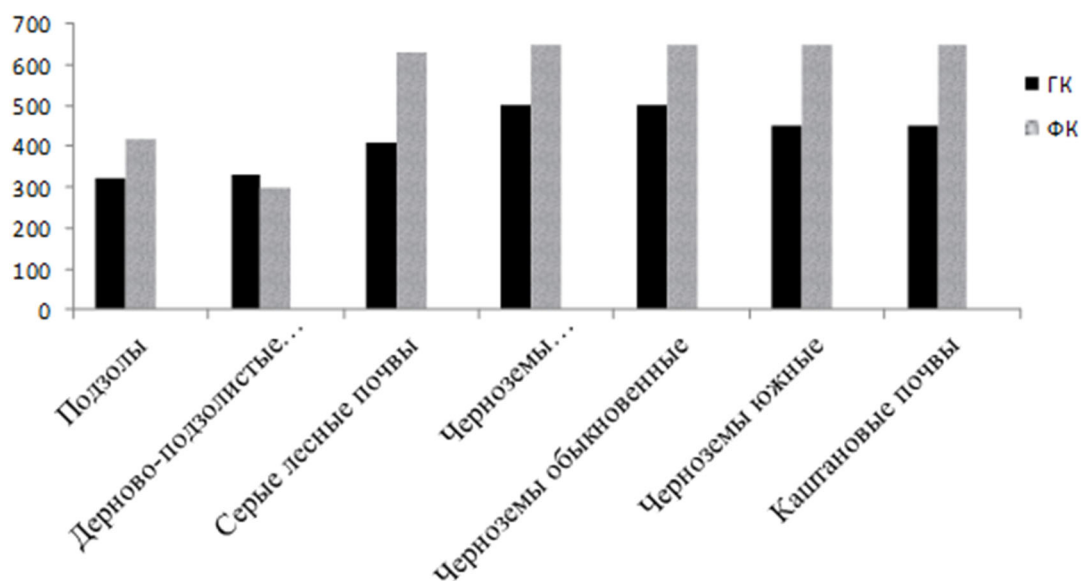


Рис. 4. Емкость катионного обмена в почвах исследованного трансекта, мг-экв/100 г сухого вещества

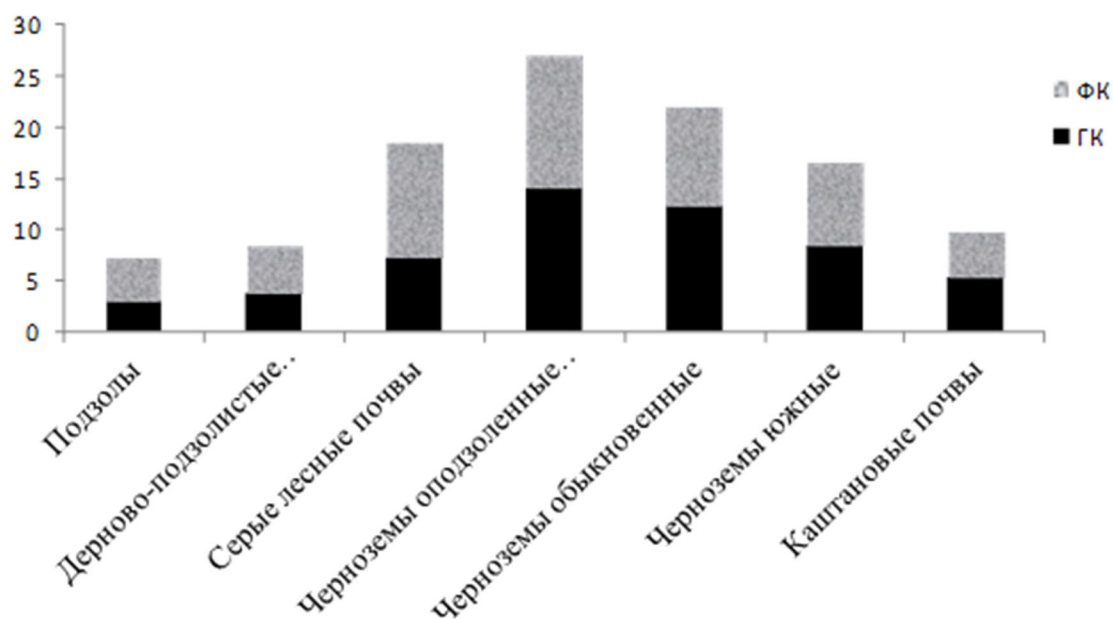


Рис. 5. Емкость катионного обмена гуминовых веществ в почвах исследованного трансекта, мг-экв/100 г почвы

В расчетах использовались усредненные данные по предельным значениям содержания органического углерода почвы и углерода гуминовых и фульвокислот от массы почвы. Полученные данные ЕКО для ГК и ФК наглядно показывают изменение показателя ЕКО с севера на юг, что соответствует географической закономерности распределения запаса гумуса и всех его основных характеристик. Полученные результаты показывают, что ЕКО как для ГК, так и для ФК распределяется с той же географической закономерностью, что и все показатели гумусового состояния. Максимум отмечается в черноземах и далее изученный показатель постепенно снижается к северу и югу от этих почв. Установлено, что содержание органических веществ за счет ГК во всех почвах ниже, чем за счет ФК, за исключением чернозема, хотя фульвокислоты и не являются в них преобладающим компонентом гумуса, что определяется особенностью фульвокислот: ФК в природе во всех почвах имеют значительно большее содержание функциональных групп, чем ГК. Кроме того, известно, что ФК преобладает в гумусе почв, расположенных севернее и южнее черноземов. И это проявляется в фульвокислотном характере ЕКО черноземных почв.

Заключение

Для того, чтобы иметь более полное и четкое представление о процессе использования растениями обменных катионов, а также питательных элементов почвы и минеральных удобрений, необходимо знание о отдельных частях ЕКО почвы. В данной работе показано, что не более 60% от всей системы гумусовых соединений могут выполнять катионообменную функцию и участво-

вать в формировании органической ЕКО почвы. В почвах черноземного типа органический комплекс ЕКО занимает наибольшую долю, а в подзолистых и каштановых почвах – наименьшую. Это находится в полном соответствии с общей географической закономерностью распространения гумуса почв и его основных характеристик. В предыдущих работах показано, что только гумусовые вещества, которые удаляются из почвы слабыми растворами щелочей после декальцинации, пригодны для изучения органической ЕКО. Предложен нетрадиционный метод расчета определения ЕКО с использованием аналитических данных о содержании кислых функциональных групп в гумусовых кислотах и составе гумуса. Такой подход позволяет оценить вклад ГК и ФК в состав ЕКО отдельно и более наглядно представить процесс использования обменных катионов, питательных элементов почвы и минеральных удобрений растениями.

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН. Финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бакина Л. Г., Дричко В. Ф. Взаимодействие разных фракций гуминовых кислот дерново-подзолистой глинистой почвы с кальцием // Почвоведение. – 2011. – № 12. – С. 1454–1464.
2. Шоба В. Н., Чудненко К. В. Физико-химическое моделирование ионного обмена гумусовых кислот с катионами разной валентности // Почвоведение. – 2012. – № 12. – С. 1287–1296.
3. Кленов Б. М., Якутин М. В. Емкость катионного обмена и органическая составляющая выщелоченных черноземов Приобья // Интерэкспо Гео-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.). – Новосибирск: СГУГиТ, 2017. Т. 2. – С. 166–170.
4. Кленов Б. М., Якутин М. В. Емкость катионного обмена гумусового комплекса почв широтного трансекта Западной Сибири // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.) – Новосибирск: СГУГиТ, 2018. Т. 2. – С. 218–223.
5. Винокуров М. А. Емкость обмена минерального и органического комплексов // Почвоведение. – 1941. – № 5. – С. 32–44
6. Кленов Б. М. Нетрадиционный подход к определению емкости катионного обмена гумусовых кислот Почвы в биосфере. Сб. материалов Всероссийской научн. конф. с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН. – Новосибирск-Томск: Издательский дом ТГУ, 2018. – Ч. 2. – С. 385–389.
7. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 488 с.
8. Кленов Б. М. Гумус почв Западной Сибири. – М.: Наука, 1981. – 144 с.
9. Кленов Б. М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2000. – 176 с.
10. Орлов Д. С., Гришина Л. А. Практикум по химии гумуса. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 272 с.

11. Кленов Б. М. Гумусовые кислоты как резерв водорастворимых органических веществ в орошаемых черноземах Приобья // Мелиорация и водное хозяйство. – 2019. – № 1. – С. 28–32.
12. Pessenda L. C. R., Goveia S. E. M., Aravena R. Radiocarbon dating of total soil organic matter and humin fraction and its comparison with ^{14}C ages of fossil charcoal // Radiocarbon. – 2001. – Vol. 43. – No. 2B. – P. 595–601.
13. Семенов В. М., Когут Б. М. Почвенное органическое вещество. – М.: Геос, 2015. – 233 с.
14. Орлов Д. С. Почвенные фульвокислоты: история их изучения, значение и реальность // Почвоведение. – 1999. – № 9. – С. 1165–1171.

© Б. М. Кленов, М. В. Якутин, 2021