

Влияние длительного затопления высокоминерализованными поверхностными водами на групповой и фракционный состав гумуса луговых почв

Л. В. УФИМЦЕВА, А. А. КАЛГАНОВ

Институт агроэкологии – ФГОУ ВПО
“Челябинская государственная агроинженерная академия”
456660, Челябинская обл., Красноармейский район, с. Миасское, ул. Советская, 8
E-mail: insagro@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Выявлены основные направления трансформации гумуса луговых почв под воздействием длительного затопления высокоминерализованными поверхностными водами: смещение сложившегося распределения между различными по формам связи с почвой гумусовыми кислотами, сужение соотношения $C_{ГК}/C_{ФК}$ и уровня гумификации органического вещества.

Ключевые слова: луговые почвы, гумус, гуминовые кислоты, фульвокислоты, степень гумификации.

Функционирование почв в экосистемах является результатом действия сложнейшего комплекса биохимических и биофизических механизмов, обуславливающих геохимические процессы трансформации гумуса. Основными факторами, определяющими содержание, запасы и состав гумуса в почвах, являются количество, состав и характер поступления растительных остатков, гидротермические условия трансформации органических веществ, биологическая активность, физические и физико-химические свойства почв [1–3].

Техногенное затопление и заболачивание луговых почв при добыче угля приводит к нарушению сложившегося равновесия в экосистеме, изменению направленности и интенсивности почвенных процессов, в том числе окислительно-восстановительных условий, что обуславливает трансформацию гумусного состояния почв. Являясь одним из основных по-

казателей плодородия, гумус играет важную роль в формировании агропроизводственных свойств почв. В связи с этим оценка направленности и интенсивности изменения показателей гумусного состояния луговых почв, техногенно затопленных и заболоченных при угледобыче, является актуальной экологической задачей, имеющей практическое значение в данном случае при ликвидации последствий разработки каменного угля на территории Челябинского угольного бассейна.

Цель работы – оценка направления трансформации гумусного состояния осушаемых луговых почв, длительно затопленных высокоминерализованными поверхностными водами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

При добыче угля открытым способом на территории Челябинского угольного бассейна в зоне г. Копейска наибольшую техногенную нагрузку, связанную с длительным за-

Уфимцева Лариса Викторовна
Калганов Антон Александрович

топлением и заболачиванием, испытывают луговые и лугово-черноземные почвы. Особенно актуальной эта проблема стала в связи с ликвидацией шахты “Красная Горнячка” ОАО “Челябинскуголь”, расположенной в северной части Копейского угленосного района Челябинского бурогоугольного бассейна. Отвод воды с затопленных территорий невозможен, так как близкорасположенные озера переполнены, и для предотвращения дальнейшего подтопления с 2006 г. реализуется проект по снижению уровня озер за счет отвода воды в р. Миасс. При этом на осушаемых территориях резкое изменение гидрологического режима влечет за собой трансформацию всего комплекса почвенных свойств, в том числе показателей гумусного состояния луговых почв.

В рамках исследований на прилегающих к оз. Четвертое территориях в 2007 г. выбраны контрольные участки и заложены разрезы. Отбор проб производили из слоев 0–20 и 20–40 см луговых почв через один и три года после проведения осушительных мероприятий. В качестве контроля использовали целинную луговато-черноземную обыкновенную среднетяжелую малогумусную почву с прилегающего незатопляемого участка.

Поверхностные воды оз. Четвертое имеют щелочной характер (рН 7,5), высокую минерализацию (сухой остаток до 20 г/л), что обусловлено высоким содержанием сульфатов (5 ПДК), хлоридов (25 ПДК), ионов натрия (22 ПДК), лития (16 ПДК), кальция и магния (17 ПДК) и вызвано, во-первых, влиянием скапливающихся в понижениях озер шахтных вод, а во-вторых – сбросом использованной хозяйственно-бытовой воды с пос. Вахрушево. Высокая минерализация поверхностных и грунтовых вод оказывает значительное влияние на характер и трансформацию органоминерального почвенного комплекса.

Общее содержание углерода определяли по методу Тюрина в модификации Никитина, групповой и фракционный состав – по методике, предложенной Пономаревой и Плотниковой, общее содержание азота – по методу Кьельдаля [4]. Достоверность полученных результатов оценена с использованием критерия Стьюдента [5].

В ходе разделения получены три фракции гуминовых и четыре – фульвокислот. Первая фракция гуминовых кислот, первая

и “агрессивная” фракция фульвокислот включают в себя свободные и связанные с кальцием и подвижными полуторными оксидами гумусовые кислоты. Вторая фракция гуминовых и фульвокислот содержит связанные с кальцием гумусовые кислоты. Третью фракцию составляют кислоты, связанные с глинистыми минералами и устойчивыми полуторными оксидами железа и алюминия. Количество негидролизуемого остатка рассчитывалось нами по разности между общим содержанием углерода и содержанием гуминовых и фульвокислот [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Целинная луговато-черноземная почва в слое 0–40 см характеризуется низким содержанием органического углерода (табл. 1). Почва, подвергшаяся длительному затоплению, имеет более высокое значение данного показателя, что связано с процессами седиментации и отложения органических остатков в водной среде в виде ила. При резком изменении водно-воздушного режима происходит значительное усиление процессов минерализации органического вещества, приводящее к его существенному снижению за короткий период времени. В течение последующих лет наблюдается достоверное уменьшение содержания органического углерода. В целом содержание гумуса в изучаемых почвах оценено как низкое.

В составе извлекаемых гумусовых веществ преобладает фракция связанных с ионами кальция гуминовых и фульвокислот (см. табл. 1).

В соответствии с классификацией Д. С. Орлова и Л. А. Гришиной [2], содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием, оценено нами как среднее для целинной луговато-черноземной и луговой почвы через три года после осушения и как низкое – для луговой почвы через один год после осушения.

При этом содержание “свободных” гуминовых кислот оценено нами как очень низкое для целинной луговато-черноземной почвы и как низкое для луговых почв после осушения. Содержание фракции гуминовых кислот, прочно связанных с глинистыми минералами, оценено как высокое для целинной

Содержание углерода в различных фракциях гумусовых кислот, % к $C_{\text{общ}}$

Слой, см	$C_{\text{общ}}$, % к почве	Фракция						
		гуминовых кислот			фульвокислот			
		1	2	3	1а	1	2	3
<i>Целина (1)</i>								
0–20	1,90	3,46	9,49	4,51	6,82	0,85	6,70	1,36
20–40	1,28	5,15	14,13	6,71	10,15	1,26	9,98	2,03
<i>Один год после осушения (2)</i>								
0–20	2,25	3,70	4,53	3,28	4,72	1,90	8,54	0,95
20–40	1,83	4,10	3,53	2,28	3,72	2,87	6,81	1,01
<i>Три года после осушения (3)</i>								
0–20	1,05	4,81	9,67	2,04	6,11	0,69	9,97	5,30
20–40	0,78	3,89	6,59	1,82	5,01	1,99	6,16	3,55
<i>Оценка достоверности при сравнении 1-го и 2-го вариантов</i>								
0–20	$t_{0,05} = 2,92$	1,99	24,06	3,76	7,34	6,86	2,96	4,35
20–40		4,11	5,58	21,88	5,08	5,40	12,68	4,15
<i>Оценка достоверности при сравнении 2-го и 3-го вариантов</i>								
0–20	$t_{0,05} = 2,92$	7,55	0,74	7,54	2,95	3,20	13,44	22,24
20–40		5,21	3,95	20,63	4,04	3,02	23,65	6,18
<i>Оценка достоверности при сравнении 1-го и 3-го вариантов</i>								
0–20	$t_{0,05} = 2,92$	6,05	34,58	5,16	4,86	7,94	2,15	23,15
20–40		1,28	15,58	1,70	3,44	3,21	3,11	8,16

почвы через один год после осушения и как среднее через три года после осушения.

Для осушаемых луговых почв воздействие поверхностных вод с высоким уровнем минерализации привело к достоверному повышению доли свободных гуминовых на фоне снижения доли гуминовых кислот, связанных с кальцием (рис. 1). Это обусловлено, на наш взгляд, протекающими реакциями замещения ионов кальция на электроотрицательные ионы натрия в солях гуминовых кислот в соответствии с электрохимическим рядом напряжения металлов. Полученные данные свидетельствуют о тенденции к разрушению агрономически ценных гуминовых кислот и накоплению гуминовых кислот кислой природы. В течение трех лет после осушения наблюдается тенденция к восстановлению соотношения данных фракций, отражающего зональные особенности черноземных почв [6].

Доля “свободных” фульвокислот в составе гумуса осушаемых почв снижается на фоне повышения доли фракций, связанных

с кальцием и глинистыми минералами (рис. 2). Данный факт обусловлен, с одной стороны, высокой растворимостью фульвокислот и их миграцией по почвенному профилю, а также переходом в водную среду, а с другой – с протекающими реакциями взаимодействия с минеральной частью почвы на фоне более высокого содержания илистой фракции в со-

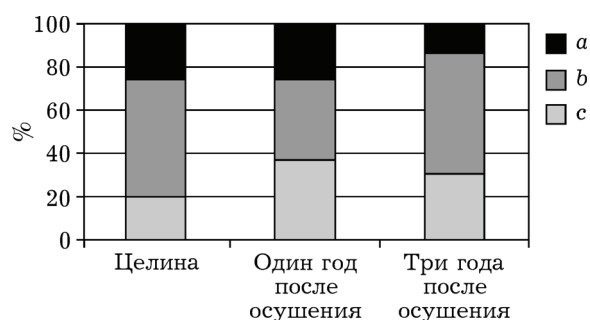


Рис. 1. Распределение гуминовых кислот по формам связи с почвой в слое 0–40 см.

a – связанные с глинистыми минералами, b – связанные с кальцием, c – “свободные”

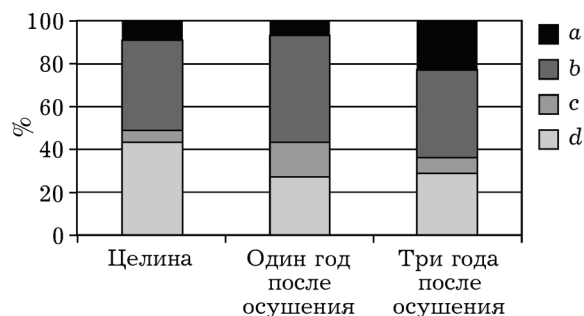


Рис. 2. Распределение фульвокислот по формам связи с почвой в слое 0–40 см.

a – связанные с глинистыми минералами, *b* – связанные с кальцием, *c* – “агрессивные”, *d* – “свободные”

ставе элементарных почвенных частиц осушаемых луговых почв по сравнению с целиной.

Доля извлекаемых гумусовых кислот в слое 0–40 см на целине в среднем составила 41 %, через один год после осушения – 26 и через три года – 34 % соответственно (табл. 2). Таким образом, техногенное затопление луговых почв высокоминерализованными поверхностными водами привело к существенно снижению доли извлекаемых гумусовых веществ преимущественно за счет вымывания в водную среду при взаимодействии с ионами натрия и протекающих процессов минерализации.

В течение трех лет после осушения произошло достоверное повышение доли извлекаемых гумусовых веществ, что является

свидетельством протекающих процессов восстановления гумусного состояния, однако уровень целинной луговато-черноземной почвы не достигнут.

Соотношение $C_{ГК}/C_{ФК}$ характеризует тип гумуса целинной луговато-черноземной почвы как фульватно-гуматный, тогда как для осушаемых почв характерен гуматно-фульватный тип гумуса, причем в течение трех лет существенных изменений не наблюдалось.

Преобладание фульвокислот в составе гумусовых веществ изучаемых почв связано, на наш взгляд, с высокой влажностью, насыщенностью почв микроорганизмами и преобладанием процессов минерализации. Таким образом, следует отметить негативную тенденцию к сужению соотношения $C_{ГК}/C_{ФК}$ вследствие техногенного затопления луговых почв поверхностными водами с высоким уровнем минерализации, что свидетельствует об ухудшении качества гумуса, повышении его лабильности.

Важнейшим показателем, позволяющим оценить качественный состав гумуса, является степень гумификации органического вещества. Для целинной луговато-черноземной почвы в слое 0–40 см степень гумификации в среднем составила 22 % и оценена нами как средняя, для осушаемых луговых почв – 11 и 14 % соответственно через один и три года после осушения и оценена как слабая. Сложившийся уровень гумификации органического вещества свидетельствует о низкой эко-

Т а б л и ц а 2

Групповой состав гумуса луговых почв

Слой, см	Гуминовые кислоты	Фульвокислоты	Негидролизующий остаток	$C_{ГК}/C_{ФК}$
<i>Целина</i>				
0–20	17,45	15,74	66,81	1,11
20–40	25,98	23,42	50,59	1,11
0–40	21,72	19,58	58,70	1,11
<i>Один год после осушения</i>				
0–20	11,51	16,11	72,37	0,71
20–40	9,91	14,41	75,68	0,69
0–40	10,71	15,26	74,03	0,70
<i>Три года после осушения</i>				
0–20	16,52	22,07	61,41	0,75
20–40	12,30	16,71	70,99	0,74
0–40	14,41	19,39	66,20	0,74

логической устойчивости осушаемых почв к биодegradационным процессам.

Характер и направленность процессов трансформации органического вещества при затоплении и последующем осушении в значительной степени определяются окислительно-восстановительным режимом почв. Преобладание восстановительных процессов, наблюдаемых при затоплении почв, приводит к накоплению более грубого гумуса, состоящего из отмерших, частично разложившихся в водной среде растительных и животных остатков в виде ила. Наблюдаемое явление оказывает влияние на количество негидролизующего остатка в комплексе органических веществ почвы. Более высокое значение негидролизующего остатка отмечено в почве первого года осушения (74,03 %). Окислительные условия приводят к усилению процессов минерализации и накоплению в почве более подвижных форм гумусовых веществ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Техногенное затопление луговых почв высокоминерализованными поверхностными водами приводит к смещению сложившегося распределения между различными по формам

связи с почвой гумусовыми кислотами. Наблюдается повышение доли свободных гуминовых на фоне снижения доли гуминовых кислот, связанных с кальцием. Доля “свободных” фульвокислот снижается на фоне повышения доли фракций, связанных с кальцием и глинистыми минералами. Сужение соотношения $C_{ТК}/C_{ФК}$ сдвигает направленность процессов трансформации органического вещества в сторону фульвокислот, свидетельствует об ухудшении качества гумуса, повышении его лабильности. Сложившийся уровень гумификации органического вещества указывает на низкую экологическую устойчивость осушаемых почв к биодegradационным процессам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пономарева В. В., Плотникова Т. А. Гумус и почвообразование. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1980. 221 с.
2. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ, 1990. 332 с.
3. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1980. 286 с.
4. Орлов Д. С., Гришина Л. А. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 272 с.
5. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 350 с.
6. Уфимцева Л. В. Трансформация гумусовых веществ чернозема выщелоченного лесостепи Зауралья: автореф. дис... канд. биол. наук. Тюмень, 2002. 16 с.

Influence of Long-Term Flood with Surface Waters with High Mineralization on Group and Fractional Composition of the Meadow Soils Humus

L. V. UFIMTSEVA, A. A. KALGANOV

*Institute of Agricultural Ecology – FGOU VPO
“Chelyabinsk State Agricultural Engineering Academy”
456660, Chelyabinsk Region, Krasnoarmeiskiy District, Miasskoye, Sovetskaya str.,8
E-mail: insagro@mail.ru*

Basic trends of the transformation of meadow soil humus under the influence of long-term flood with surface waters having high mineralization were analyzed. Displacement of the balance between the forms of humic acids differing in binding with soil, forms the contraction of the ratio C_{HA}/C_{FA} and the level of humification of organic matter are considered.

Key words: meadow soil, humus, humic acids, fulvic acids, level of humification.