

Полякова Н.В., Кулагина Н.А., Полякова А.А., Куприянов М.А.
Влияние условий увлажнения и рельефа центральной поймы р. Кудьма на динамику ОВП,
содержание аморфного железа и подвижного фосфора в аллювиальной болотной осушенной почве

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====
УДК 631.413.5

**Влияние условий увлажнения и рельефа центральной поймы р. Кудьма
на динамику ОВП, содержание аморфного железа и подвижного фосфора
в аллювиальной болотной осушенной почве**

Полякова Н.В., Кулагина Н.А., Полякова А.А., Куприянов М.А.

Нижегородский государственный агротехнологический университет

Аннотация

Установлено влияние условий рельефа и увлажнения на окислительно-восстановительный потенциал, динамику содержания подвижного фосфора и аморфного железа в аллювиальной болотной осушенной почве. В понижениях поймы почвы характеризовались увеличением влажности на 5–10% относительно повышенных элементов рельефа и ОВ-потенциалом на уровне 260–355мВ, в понижениях значения ОВП были в 1,3–1,6 раза ниже (193–232мВ). Содержание аморфного железа в аллювиальной осушенной почве находилось в диапазоне от 5304 до 7159 мг/кг и зависело, главным образом, от влажности почвы и уровня ОВП, в меньшей степени от реакции почвы ($R^2=0,85$). Установлена тесная отрицательная зависимость содержания доступного фосфора с аморфным железом, при этом на повышенных элементах рельефа содержание подвижного фосфора было критически низким во все периоды наблюдений – 3,5–2,3 мг/кг, что в 5–10 раз ниже по сравнению с понижениями поймы. Динамика фосфора по периодам наблюдений определялась преимущественно окислительно-восстановительными условиями и содержанием железа ($R^2=0,80$).

Ключевые слова: АЛЛЮВИАЛЬНАЯ ОСУШЕННАЯ ПОЧВА, ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ (ОВП), ВЛАЖНОСТЬ, ЖЕЛЕЗО, ФОСФОР

Изучение аллювиальных осушенных почв обусловлено их высоким потенциальным плодородием, которое лимитируется проявлением поемного и аллювиального процессов, от которых зависят водные свойства почв, интенсивность окислительно-

Полякова Н.В., Кулагина Н.А., Полякова А.А., Куприянов М.А.
Влияние условий увлажнения и рельефа центральной поймы р. Кудьма на динамику ОВП,
содержание аморфного железа и подвижного фосфора в аллювиальной болотной осушенной почве
.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

восстановительных процессов, баланс питательных элементов, биологические и физические свойства. Одной из главных проблем при использовании аллювиальных осушенных почв в сельскохозяйственном производстве является очень низкое содержание подвижного фосфора, что сопровождается дисбалансом питательных элементов и снижением продуктивности культур.

Целью работы было изучить влияние гидротермических условий аллювиальной осушенной почвы на динамику ОВП, аморфное железо и содержание подвижного фосфора в вегетационные периоды 2019 и 2020 годов.

Объекты и методы

Исследования проводили в полевых условиях на различных элементах рельефа (возвышениях и понижениях) центральной поймы р. Кудьма на территории ОАО «Лакша» Богородского района Нижегородской области, разница в абсолютных высотах составляла около 1,5 метров. На каждом элементе рельефа было выбрано по два однотипных стационарных участка площадью по 12м², на которых из 5 точек отбирали почвенные образцы и проводили замер температуры почвы на глубине пахотного слоя. Измерения окислительно-восстановительного потенциала (Eh) почвы выполняли прибором БПК-термооксиметр «Эксперт-001» в июне, июле и августе 2019 и 2020 годов. Содержание железа определяли в вытяжке Тамма; показатели агрохимических свойств – по общепринятым методикам; углерод гумуса – по методу Тюрина в модификации Никитина. Почва в опыте – аллювиальная болотная иловато-торфяно-глеевая осушенная на песчано-иловатых аллювиальных отложениях, характеризующаяся на начало проведения исследований следующими показателями: рН_{KCl}=5,1ед., ЕКО=30,5ммоль; С_{гум}=4,9%; NO₃=20,4; K₂O=31,1; P₂O₅=19,6 мг/кг соответственно.

Результаты и обсуждение

Водный режим аллювиальных осушенных почв является ключевым фактором динамики ОВП, всех форм железа, обеспеченности питательными элементами. Несмотря на проведение осушительной мелиорации, аллювиальные болотные почвы центральной

Полякова Н.В., Кулагина Н.А., Полякова А.А., Куприянов М.А.
 Влияние условий увлажнения и рельефа центральной поймы р. Кудьма на динамику ОВП,
 содержание аморфного железа и подвижного фосфора в аллювиальной болотной осушенной почве

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

поймы подвергаются кратковременному затоплению во время паводка, а в микропонижениях – дополнительному воздействию грунтовых вод, что отражается на интенсивности почвенных процессов и свойствах, в первую очередь на влажности (табл.1). Немаловажное влияние оказывают погодные условия. Так высокие температуры воздуха усиливают испарение почвенной влаги и создают наибольший контраст влажности (до 9%) между понижениями и повышенными участками. В начале исследований влажность почвы на повышенных элементах рельефа была на уровне 27%, что на 8–10% ниже по сравнению с понижениями. Июль по данным метеонаблюдений характеризовался большим количеством атмосферных осадков, что отразилось на увеличении влажности почвы практически на 8%.

Таблица 1. Температура, влажность и ОВП аллювиальной осушенной почвы по периодам наблюдений и элементам рельефа

№ участка	22.06.2019 г. t, 27 °С		29.07.2019 г. t, 14 °С		22.08.2019 г. t, 23 °С	
	Влажность почвы, %	ОВП, мВ	Влажность почвы, %	ОВП, мВ	Влажность почвы, %	ОВП, мВ
1. Возвышение поймы	27,1	355	35,2	261	32,0	321
2. Возвышение поймы	26,9	353	35,4	260	32,1	319
Среднее	27,0	354	35,3	261	32,1	320
3. Понижение поймы	36,3	226	40,6	193	37,2	220
4. Понижение поймы	36,1	232	40,2	199	37,3	225
Среднее	36,2	229	40,4	196	37,3	223
<i>НСР₀₅</i>	<i>0,5</i>	<i>30</i>	<i>0,5</i>	<i>23</i>	<i>0,4</i>	<i>16</i>

Изменение влажности почвы в течение летнего периода отразилось на контрастности окислительно-восстановительных условий. В первый срок наблюдений значение ОВП в пониженных элементах рельефа было в диапазоне 226-232мВ, на повышенных участках – на 125мВ выше, что характеризует ОВ-условия как слабо восстановительные. Повышенная влажность и низкая температура в июле обусловила резкое падение ОВ-потенциала в почвах повышенных участков на 93мВ, в понижениях – на 33мВ; в августе значения ОВП вновь повысились, но в меньшем диапазоне (на 59 и 27мВ соответственно). Следует отметить, что высокая контрастность влажности на

Полякова Н.В., Кулагина Н.А., Полякова А.А., Куприянов М.А.
 Влияние условий увлажнения и рельефа центральной поймы р. Кудьма на динамику ОВП,
 содержание аморфного железа и подвижного фосфора в аллювиальной болотной осушенной почве

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

повышенных участках проявилась в виде сильной отрицательной зависимости с показателями ОВП ($r=-0,96$), в понижениях связь была на уровне средних значений ($r=-0,61$).

С окислительно-восстановительными процессами в почве связаны процессы динамики элементов с переменной валентностью, в частности железа [1]. В целом за все периоды исследований содержание аморфного железа варьировало в диапазоне от 5304 до 7159 мг/кг (табл. 2). Самое высокое содержание железа в исследуемой почве было установлено во второй период отбора проб на возвышенности (7072 мг/кг) с наибольшей влажностью почвы. Самое низкое количество железа было зафиксировано в начале исследований в июне 2019 г., когда отмечалась наименьшая влажность почв всех участков из-за засушливых условий. Содержание железа в пониженных элементах рельефа оказалось ниже в среднем на 400 мг/кг в сравнении с почвами, расположенными в повышениях поймы. Как показали полученные данные, это обусловлено усилением восстановительных процессов, вследствие чего часть аморфного железа переходит в подвижное и, наоборот, увеличение окислительно-восстановительного потенциала при снижении влажности почв приводит к переходу железа в малорастворимые формы [2, 3].

Таблица 2. Содержание железа в аллювиальной осушенной почве по периодам наблюдений в зависимости от элементов рельефа

№ участка \ Период	2019 год			2020 год		
	июнь t, 27 °C	июль t, 14 °C	август t, 23 °C	июнь t, 15 °C	июль t, 25 °C	август t, 20 °C
	Fe ₂ O ₃ , мг/кг					
1. Возвышение поймы	5804	6985	6551	6211	6449	6378
2. Возвышение поймы	5784	7159	6627	6273	6467	6402
Среднее	5794	7072	6589	6242	6458	6390
3. Понижение поймы	5325	6349	6483	5520	6105	5987
4. Понижение поймы	5304	6201	6344	5603	6088	5901
Среднее	5315	6275	6414	5562	6097	5944
<i>HCP₀₅</i>	<i>56</i>	<i>110</i>	<i>109</i>	<i>87</i>	<i>96</i>	<i>101</i>

На основании полученных результатов было составлено уравнение множественной регрессии с определением частных β -коэффициентов.

$$(1) Y(\text{Fe}_2\text{O}_3) = -517,87 + 3533,13X_1(\text{pH}_{\text{KCl}}) - 22,52X_2(\text{ОВП}) - 162,76X_3(\text{влажн.})$$

Полякова Н.В., Кулагина Н.А., Полякова А.А., Куприянов М.А.
 Влияние условий увлажнения и рельефа центральной поймы р. Кудьма на динамику ОВП,
 содержание аморфного железа и подвижного фосфора в аллювиальной болотной осушенной почве

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

$$\beta_1 = 1,117 \quad \beta_2 = -2,692 \quad \beta_3 = -1,492$$

$$R^2 = 0,85$$

Из уравнения следует, что наибольшее влияние на содержание железа в почве оказал ОВ-потенциал, в меньшей степени влажность; влияние реакции почвы в данном случае было наименьшим, т.к. различия между участками по этому показателю были незначительными. Прямого воздействия температуры почвы на содержание железа в данных исследованиях установить не удалось, однако ранее в лабораторном опыте [4]. было показано опосредованное влияние температуры на влажность и, соответственно, ОВП, которые являются прямыми факторами динамики аморфного железа в переувлажненной аллювиальной почве.

Ранее нами отмечалась изначально низкая обеспеченность аллювиальных болотных почв доступными для растений элементами минерального питания при достаточно высоких физико-химических показателях, что обусловлено особенностью их генезиса и водного режима [5].

Проведенные исследования показали, что содержание подвижного фосфора в центральной пойме сильно различается в зависимости от геоморфологических условий, характеризующихся слабоволнистым характером рельефа и наличием повышенных и пониженных участков. При этом различия между участками по содержанию фосфора могут достигать 8–10-кратных значений (табл. 3, рис. 1). Это может быть связано с тем, что в повышениях поймы за счет более высокого содержания железа проявляется наиболее активное закрепление фосфора в составе комплексных соединений при одновременном снижении его доступности для растений.

На основании полученных данных установлено, что содержание фосфора постепенно равномерно уменьшалось в течение вегетационного периода от июня к августу на всех участках. Так, в 2019 г. на первом и втором участке оно снизилось на 0,6 мг/кг с 3,3 до 2,4 мг/кг, на третьем и четвертом участках снижение было особенно заметным – в среднем с 36,2 до 11,7 мг/кг, то есть в три раза; аналогичные изменения наблюдались и в 2020 году, что может быть обусловлено как закреплением фосфора железом, так и активным выносом произрастающими на участке многолетними травами.

Полякова Н.В., Кулагина Н.А., Полякова А.А., Куприянов М.А.
 Влияние условий увлажнения и рельефа центральной поймы р. Кудьма на динамику ОВП,
 содержание аморфного железа и подвижного фосфора в аллювиальной болотной осушенной почве

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Таблица 3. Изменение содержания фосфора в аллювиальной осушенной почве по периодам наблюдений

№ участка \ Период	2019 год			2020 год		
	июнь t, 27 °С	июль t, 14 °С	август t, 23 °С	июнь t, 15 °С	июль t, 25 °С	август t, 20 °С
	P ₂ O ₅ , мг/кг					
1. Возвышение поймы	3,0	2,8	2,4	9,1	8,2	7,7
2. Возвышение поймы	3,5	2,5	2,3	8,7	8,0	7,5
Среднее	3,3	2,7	2,4	8,9	8,1	7,6
3. Понижение поймы	36,0	16,0	11,4	25,6	20,5	18,6
4. Понижение поймы	36,4	16,5	12,0	24,9	21,3	19,2
Среднее	36,2	16,3	11,7	25,3	20,9	18,9
<i>HCP₀₅</i>	<i>1,6</i>	<i>0,7</i>	<i>1,1</i>	<i>1,8</i>	<i>1,9</i>	<i>1,4</i>

Данные, представленные на рис. 1, наглядно иллюстрируют влияние аморфных форм железа на содержание и динамику фосфора: при увеличении содержания железа в почве наблюдалось снижение содержания подвижного фосфора. Из литературных источников известно, что фосфор почвы достаточно легко вступает в реакцию с аморфным железом, переходя из подвижного состояния в недоступное, образуя при этом соединения, имеющие прочную устойчивую связь с несиликатными формами железа [6].

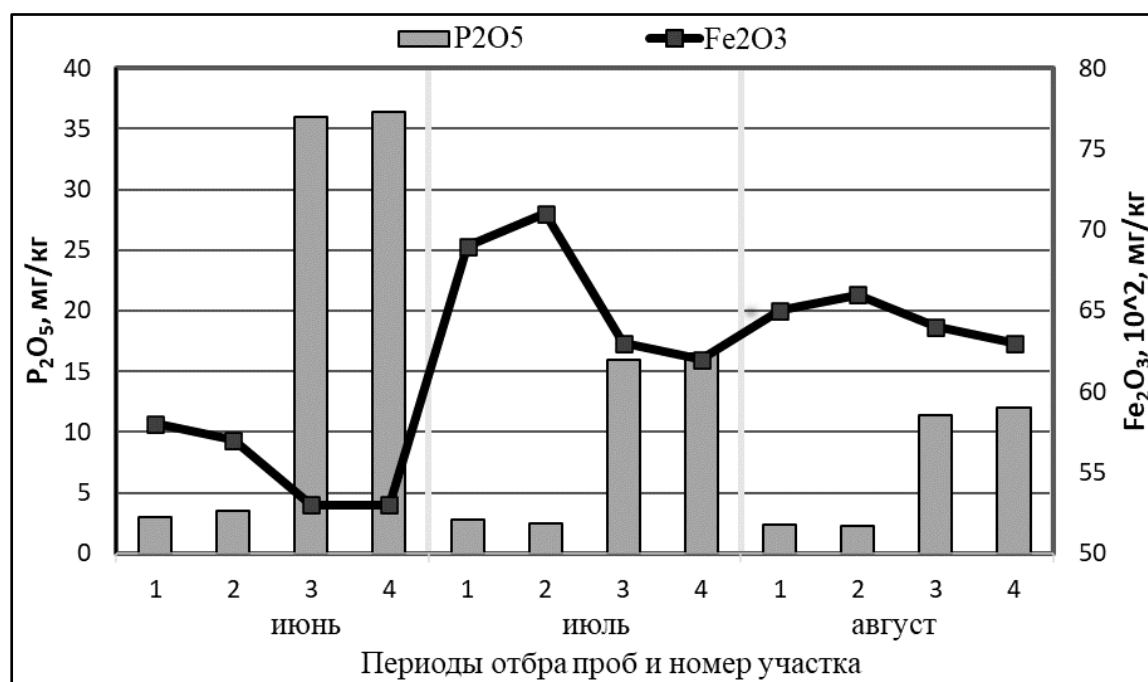


Рис.1. Взаимосвязь железа и фосфора в аллювиальной болотной осушенной почве по периодам наблюдений ($R^2 = 0,85$)

Полякова Н.В., Кулагина Н.А., Полякова А.А., Куприянов М.А.
 Влияние условий увлажнения и рельефа центральной поймы р. Кудьма на динамику ОВП,
 содержание аморфного железа и подвижного фосфора в аллювиальной болотной осушенной почве

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Данная взаимосвязь подтверждается отрицательным коэффициентом корреляции между железом и фосфором. На повышенных элементах рельефа связь между показателями была в диапазоне средних значений ($r=-0,65$), а в условиях повышенной влажности (в понижениях) зависимость между показателями становится более тесной ($r= -0,82$).

На основании уравнения множественной регрессии выявлено, что в числе прочих факторов, влияющих на динамику фосфора, именно ОВП и железо оказали первостепенное влияние на закрепление фосфора ($R^2 = 0,80$), переводя его в неподвижное состояние.

$$(2) Y(P_2O_5) = 177,0698 - 0,0131X_1(Fe_2O_3) - 0,1726X_2(ОВП) - 1,0608X_3(\text{влажн.})$$

$$\beta_1 = -0,602 \quad \beta_2 = -0,949 \quad \beta_3 = -0,447$$

$$R^2 = 0,80$$

Высокое значение коэффициента детерминации подтверждает наличие достаточно сильной, устойчивой зависимости содержания доступного растениям фосфора от изучаемых факторов: ОВП и аморфного железа, которые, в свою очередь, зависят от состояния увлажнения аллювиальной почвы. При этом необходимо иметь в виду, что и влажность в поймах определяется не только поемностью реки и осушительной мелиорацией, но и неоднородностью рельефа.

Заключение

На основании проведенных исследований сделаны следующие выводы.

1. Сложный характер почвообразования в поймах рек, связанный с поемным и аллювиальным процессами, неоднородность рельефа поймы оказывают решающее влияние на динамичность свойств и режимов аллювиальных почв. Установлено, что почвы понижений отличаются от повышенных участков более высокой влажностью (на 5–9%) и более восстановительными условиями, ОВП в понижениях находился по периодам наблюдений в диапазоне от 196 до 229мВ; на повышенных участках – в пределах 261–354мВ.

2. Аллювиальные болотные осушенные почвы характеризуются высоким содержанием аморфного железа – 5315...6414мг/кг в понижениях; 5794 ...7072мг/кг на

Полякова Н.В., Кулагина Н.А., Полякова А.А., Куприянов М.А.
 Влияние условий увлажнения и рельефа центральной поймы р. Кудьма на динамику ОВП,
 содержание аморфного железа и подвижного фосфора в аллювиальной болотной осушенной почве

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

повышенных участках; его динамика в разные периоды определялась значениями ОВП и влажностью, в меньшей степени – реакцией почвы ($R^2 = 0,85$).

3. Высокое содержание железа в аллювиальной почве обусловило снижение доступности фосфора до критических значений (2,4...7,6 мг/кг на повышениях; 11,7...18,9 мг/кг в понижениях), особенно в августе каждого года исследований. При этом более активное закрепление фосфора и перевод его в недоступное состояние проявлялось на возвышениях поймы с более высоким содержанием аморфного железа и большей контрастностью влажности и окислительно-восстановительного потенциала.

Список использованных источников:

1. Кауричев И.С., Орлов Д.С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. – М.: Колос, 1982. – 247 с.
 2. Зонн С.В. Железо в почвах. – М.: Наука, 1982. – 208 с.
 3. Иванищев В. В. Доступность железа в почве и его влияние на рост и развитие растений // Известия ТулГУ. Естественные науки. – 2019. – № 3. – С. 127–138.
 4. Кулагина Н.А., Полякова Н.В. Динамика окислительно–восстановительного потенциала в зависимости от температурного режима и влажности аллювиальной осушенной почвы // Вестник НГСХА. – 2020. – № 12. – С. 5–9.
 5. Полякова Н.В., Лавринова М.Г., Володина Е.Н., Кулагина Н.А. Оценка биологической и ферментативной активности аллювиальных осушенных почв в зависимости от генезиса и вида угодий // Агрехимический вестник. – 2019. – Т. 1. – № 1. – С. 16–19.
 6. Трускавецкий Р.С., Зубковская В.В., Паламарь Н.Ю. Роль соединений железа в изменении фосфатного состояния почв поверхностного гидроморфизма // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 4. – С.18-27.
-

Цитирование:

Полякова Н.В., Кулагина Н.А., Полякова А.А., Куприянов М.А. Влияние условий увлажнения и рельефа центральной поймы р. Кудьма на динамику ОВП, содержание аморфного железа и подвижного фосфора в аллювиальной болотной осушенной почве [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 5. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/5/st_514.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/202135514>.