

## ФОРМЫ ОГЛЕЕНИЯ В ПОЧВАХ НА КРАСНОЦВЕТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СРЕДНЕГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Ю.Н. Водяницкий, А.А. Васильев<sup>1</sup>, В.Ю. Гилев<sup>1</sup>, Э.Ф. Сатаев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Пермская сельскохозяйственная академия им. Д.Н. Прянишникова

Оглеение не относится к простым почвенным процессам, что обусловлено сложной химией явления. Существуют два основных подхода в понимании химии оглеения. Один из них восходит к Высоцкому (1962) и получила наиболее крайнее выражение в представлениях Зайдельмана (1991), сводящего любое оглеение к обезжелезнению горизонта. Другой разработан Роде, подчеркивающим важность редуктоморфных процессов. Его точка зрения представлена в статье «Глей» в Толковом словаре по почвоведению (1975) и повторена в современном Словнике (Большаков и др. 2004). Такая же точка зрения принята Международным сообществом почвоведов (World reference base for soil resources, 1999). В WRB идентифицируется глей на основании низкого значения редокс-потенциала ( $rH < 19$ ), рассчитанного для реакции редукции гидроокси  $Fe(OH)_3$  до  $Fe^{2+}$  (Спозито, 1984). Для классификационных целей важно разделять два крайних процесса: для систем функционирующих при слабом водообмене или при сильном водообмене. В первом случае, скорость редукции железа за восстановительный период  $\Delta t_1$  выше, чем скорость его эвакуации из горизонта за период экстракции  $\Delta t_2$ , а во втором – наоборот. Выразим это неравенствами:

застойный режим:  $\Delta Fe^{2+} / \Delta t_1 > \Delta Fe_{экстр} / \Delta t_2$ ,

промывной режим:  $\Delta Fe^{2+} / \Delta t_1 < \Delta Fe_{экстр} / \Delta t_2$ .

Поскольку механизмы и результаты оглеения в обеих системах отличны, то глеевые горизонты, образовавшиеся разными путями следует различать и давать им индивидуальные индексы. Будем называть глей, образовавшийся главным образом за счет редукции  $Fe(III)$  (по Роде и WRB), «глей редуцированный», сохранив только за ним устоявшийся индекс Gr. Другой вид глея образуется за счет несбалансированного обезжелезнения горизонта (по Высоцкому и Зайдельману). Назовем его «глей деферритизированный», обозначив новым индексом Gdef.

К сожалению, разделять эти два подтипа глея в поле «на глаз» невозможно, так как его холодный тон практически не зависит от механизма образования. Но применение аналитических методов позволяет различать Gr и Gdef. Можно использовать как полевые, так и лабораторные методы. В настоящей статье обсуждаются только полевые методы.

В поле определяют величины  $E_H$  и  $pH$  почвенного раствора, что позволяет рассчитать редокс-потенциал  $gH$  и сопоставить его с критическим  $gH_{крит} = 19$ .

Однако на практике возникает вопрос: какое значение  $gH$  в данном горизонте сравнивать с критическим  $gH_{крит}$  в данном горизонте при режимных наблюдениях? В работе мы рассмотрим два варианта выбора критического уровня редокс-потенциала в выборке: средний ( $gH_{ср}$ ) и минимальный ( $gH_{мин}$ ). Среднее во времени значение  $gH_{ср}$  используют для группировки почв по редокс-потенциалу, подразделяя их на почвы с господством окислительных или восстановительных процессов и на различные промежуточные варианты (Кауричев, Орлов, 1972). Минимальные значения  $gH_{мин}$  используют для классификационных целей реже, но есть основания полагать, что для характеристики оглеенных горизонтов они будут эффективнее, чем  $gH_{ср}$ .

При обсуждении этого важного вопроса ограничимся анализом оглеения в лесных и тундровых почвах, исключив, такие редуктоморфные почвы как рисовые, где редокс-режим совершенно особый.

Цель исследований: 1) доказать более высокую эффективность минимальных значений  $gH_{мин}$ , чем средних  $gH_{ср}$  при характеристике глея в почвах Предуралья; 2) различать два вида глея: редуцированный (характерный для горизонта с застойным водным режимом) и деферритизированный (характерный для горизонтов с промывным водным режимом) - по наличию или отсутствию согласия цвета почвы с минимальным значением редокс-потенциала  $gH_{мин}$ .

Изучали 3 катены в Пермской обл. Катена Бекрята в Краснокамском районе представлена 4 разрезами дерново-подзолистых тяжелосуглигистых почв. Среди них три агродерново-подзолистых (неоглеенная, глееватая и глеевая), а также гумусово-глеевая (Водяницкий Ю.Н. с соавт., 2006).

Катена Орлы в Ильинском районе представлена 3 разрезами протяженностью около 800 м и включает агролитозем темногумусовый; агробурозем и темногумусово-глеевую почву.

Катена Соболи в г. Пермь протяженностью 2000 м представлена 5 разрезами и включает разнородные по гранулометрическому составу почвы: агродерново-подзолистую; агродерново-подзолистую глееватую почву; агробурозем; темногумусово-глеевую и перегнойно-гумусово-глеевую.

Цвет почв определяли колориметрически, на приборе «Пульсар». Полученный спектр преобразовывали в оптическую систему  $CIE-L^*a^*b^*$ , определив красноту  $a^*$ , желтизну  $b^*$  и светлоту  $L^*$ . Затем, согласно методике Водяницкого и Шишова (2004) рассчитывали содержание условного красного пигмента Нем усл, величина которого варьирует от 0 до 1.

У сильнооглеенных почв Нем усл = 0, и напротив, содержание условного красного пигмента высоко у автоморфных почв, обогащенных гематитом  $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Редокс-потенциал гН определяли в ходе режимных наблюдений, выполненных в катенах Орлы и Соболи в 2005 г. и в катене Бекрята в 2003г. С апреля по сентябрь примерно раз в декаду определяли величины рН и  $E_H$  почвенного раствора. После этого значения  $E_H$  пересчитывали в ре, и подсчитывали редокс-потенциал по формуле:  $гН = 2 (ре + рН)$  (Кауричев, Орлов, 1982).

1. Связь цвета оглеенных почв с разными значениями редокс-потенциала гН. Примем, что бурые горизонты характеризуются высоким содержанием условного красного пигмента Нем усл > 0.1, а сизые оглеенные – низким < 0.1. Как видно из табл. 1, бурые и сизые горизонты во всех трех катенах при использовании средних гН<sub>ср</sub> различают несущественно, значения *t*-критерия, различия усредненных средних низкие и варьируют от 0.3 до 2.1.

Усредненные средние значения редокс-потенциала оглеенных горизонтов по трем катенам составляют: 30.7 (Бекрята); 31.4 (Орлы) и 29.2 (Соболи). Они значительно выше величины, рассчитанной для редукции Fe(III) (гН<sub>ср</sub> =19).

**Таблица 1.** Величины средних величин редокс-потенциала гН<sub>ср</sub> в горизонтах почв с разным содержанием условного красного пигмента Нем усл

Катена	Бурые горизонты (Нем усл > 0.1)	Среднее	Сизые горизонты (Нем усл < 0.1)	Среднее	<i>t</i> -критерий
Бекрята	PY(31.5) ELBT(32.1)	31.8	PY(31.6) EL(31.4) PY(31.6) Elg(28.9) Aug(30.7) G(30.0)	30.7	2.1
Орлы	PU(30.3) C(31.3) PY(32.7) BM(32.0) Bg(31.8)	31.6	AU(31.8) G(31.0)	31.4	0.3
Соболи	EL(30.8) BELg(31.9) Bg(31.6) PY(32.0) BM(31.8)	31.6	PY(30.0) Pyg(31.6) AU(31.1) G(31.2) H(29.7) AU(23.2) G(27.4)	29.2	2.1

Примечание. Здесь и в табл. 2 горизонты: PY – агросветлогумусовый, PU – агротемногумусовый, AU – темногумусовый, BM – метаморфический, BEL – переходный элювиальный, H – перегнойный, G – глеевый, EL – элювиальный, ELBT – переходный; C – материнская порода.

Достоверность различий повышается при использовании минимальных значений гН<sub>мин</sub> для каждого для генетических горизонтов (табл.2).

Для почв катены Бекрята оно составляет 29.8 в бурых горизонтах и 28.1 – в сизых. Величина  $t$ -критерия (3.8) различия усредненных минимальных значений достоверна при  $P = 0.95$ .

Для почв катены Орлы  $gN_{\text{мин(ср)}} = 28.7$  в бурых горизонтах и  $gN_{\text{мин(ср)}} = 27.0$  в сизых горизонтах. Величина  $t$ -критерия различия усредненных минимальных значений (0.7) стала выше, чем при сравнении средних значений  $gN_{\text{ср}}$ , хотя и не достоверна при  $P = 0.95$ .

Для почв катены Соболи усредненные минимальные значения редокс-потенциала достигают 28.0 для бурых горизонтов. Выборка сизых горизонтов по величине  $gN_{\text{мин}}$  оказалась неоднородной. У большей части оглеенных горизонтов ( $n = 5$ ) величина редокс-потенциала  $gN_{\text{мин}}$  варьирует от 23.5 до 28.8, составляя в среднем 26.1. Величина  $t$ -критерия различия средних бурых и данных сизых горизонтов (1.5) не достоверна при  $P = 0.95$ .

**Таблица 2.** Величины минимальных величин редокс-потенциала  $gN_{\text{мин}}$  в горизонтах почв с разным содержанием условного красного пигмента Нем усл

Катена	Бурые горизонты (Нем усл > 0.1)	Среднее	Сизые горизонты (Нем усл < 0.1)	Среднее	$t$ -критерий	Индекс сизого горизонта
Бекрята	PY(29.6) ELBT(30.0)	29.8	PY(29.1) EL(28.8) PY(28.9) Elg(26.9) Aug(27.9) G(26.7)	28.1	3.8*	def
Орлы	PU(27.1) C(29.6) PY(29.5) BM(29.0) Bg(28.1)	28.7	AU(29.2) G(24.8)	27.0	0.7	def
Соболи	EL(26.9) BELg(27.0) Bg(25.8) PY(30.7) BM(29.4)	28.0	PY(26.7) Pyg(26.3) AU(25.2) G(28.8) H(23.5) AU(10.3) G(16.2)	26.1     13.2	1.5     4.8* 4.2*	def     r

\* Достоверно при  $P 0.95$

Но кроме того выявлена небольшая группа оглеенных горизонтов ( $n = 2$ ), где  $gH_{\text{мин}}$  опускается до 10.3-16.2. Характерно, что эти значения  $gH$  достигают своего минимума не 20 апреля (в начале наблюдений), а 11 мая, когда температура почвенного раствора поднялась с 5 до 13-14°C. Эти два оглеенных горизонта явно отличаются по значению редокс-потенциала  $gH_{\text{мин}}$ , что и подтверждается статистическим расчетом. Величина  $t$ -критерия достигает 4.8 для пары неоглеенные и оглеенные редуцированные горизонты, и составляет 4.2 для пары: оглеенные деферитизированные и оглеенные редуцированные горизонты. В обеих парах различие средних значений достоверно при  $P = 0.95$ .

Таким образом, принятый подход использования при свертке режимной информации средних значений  $gH$  оказывается не эффективным при различении оглеенных и неоглеенных горизонтов. Связано это с тем, что в лесных почвах глей образуется непостоянно, а только в периоды снижения редокс-потенциала, тогда как при небольшом подъеме  $gH$  сохраняет свой оглеенный облик. В то же время, минимальные значения редокс-потенциала  $gH_{\text{мин}}$  лучше различают гидроморфные горизонты от автоморфных.

Эти результаты согласуются с литературными данными, так в лесотундровых почвах Приобья найдены следующие корреляции между степенью оглеения, определенной морфологически, и интервалом  $gH$ . Слабая глееватость почвы фиксируется при  $gH = 26-29$ , средняя при 24-27, сильная при 18-24 и глей редуцированный при 19-23 (Кауричев – Орлов). Таким образом, критическое значение  $gH = 19$ , отвечающее сильному гидроморфизму, больше коррелирует с минимальным значением  $gH$ , чем с серединой интервала его варьирования.

В более южных лесных регионах ситуация еще сложнее. И средние, и минимальные значения  $gH$  в оглеенных горизонтах гораздо выше 19. Таким образом, при характеристике глея в таежных и, особенно, в лесных почвах надо использовать минимальные значения  $gH_{\text{мин}}$ , полученные обычно в период весеннего переувлажнения и прогревания почвы. Именно тогда и формируется глей, сохраняя в той или иной степени свою морфологию в период летнего подъема редокс-потенциала.

*II. Идентификация двух видов глея в почвах Предуралья.* Вначале обратим внимание на несогласие между идентификацией горизонтов, выполненной в поле, и цветом, измельченных образцов, определенном на приборе «Пульсар». Так, в катене Орлы в разр. 73 темногумусовой глеевой почвы в поле иллювиальный горизонт с сизыми пятнами отнесен к глеевому гор. Vg. Но после измельчения, благодаря проявлению бурого пигмента, находившегося внутри, агрегатов, покрытых сизой пленкой, доля бурого пигмента возросла и содержание условного красного пигмента увеличилось до 0.20. Противоположный эффект имеет место в

том же разрезе в гумусовом горизонте АU. После измельчения, благодаря проявлению бурого пигмента, находящегося внутри агрегатов, покрытых сизой пленкой гумуса доля бурого пигмента увеличилась и содержание условного красного пигмента уменьшилось до 0.02. Эти примеры показывают несогласие двух видов цветового анализа. В поле анализируют состояние горизонта без учета состава отдельных педов. В лаборатории после измельчения образцов соотношение между пигментами может измениться (а может и не измениться). Таким образом, лабораторный анализ измельченного образца имеет свое преимущество, так как вскрывает усредненное соотношение между пигментами, иногда закамуфлированное при наружном осмотре разреза.

Обращаясь к табл.2, видим, что в катене Соболи сизые оглеенные горизонты четко разделяются на две группы по критерию  $gN_{крпг} = 19$ . У большинства оглеенных и оторфованных горизонтов величина  $gN_{мин} = 23-29$ , что не согласуется с их сизым цветом. По-видимому, такое несоответствие объясняется деферритизацией горизонтов, что приводит к завышению редокс-потенциала. Дадим этим горизонтам индекс def.

У другой группы оглеенных горизонтов перегнойно-гумусовой глеевой почвы катены Соболи величины  $gN_{мин} < gN_{кр} = 19$ . Конкретно в гор. АU значение редокс-потенциала  $gN_{мин}$  равно 10.3, а в горизонте G значение  $gN_{мин} = 16.2$ . В этих горизонтах сизый цвет согласуется с низким значением редокс-потенциала  $gN_{мин} < gN_{кр} = 19$ . Следовательно, можно отнести к редуцированным и придать индекс «г» АU<sub>г</sub> и G<sub>г</sub>.

Обратившись к литературе можно отметить, что в торфяниках центральной Барабы низкие величины гН (19-20) фиксировались в минеральных глеевых горизонтах под мощным метровым слоем торфа (Козловский, 2003). В Белоруссии в низинных торфяниках, затронутых осушением, верхние горизонты (до 0.4-0.5 м) характеризуются высоким гН (21-23). Вблизи водного уровня и ниже, если при этом торф не содержит наложенной минерализации в виде сидерита и вивианита, величина гН устанавливается на уровне 15-18. Для разрезов верхового торфа характерны значения гН в пределах 15-18, то есть близкие к значениям гН низинных торфов. Максимальная восстановленность свойственна прослоям с вивианит-сидеритовой минерализацией (гН 11-12) и тем участкам разреза, где имеет место сульфат-редукция с выделением H<sub>2</sub>S (гН 10.7) (Ковалев, 1985).

В минеральных почвах лесной зоны истинно редуцированные глеевые горизонты встречаются относительно редко.

## ВЫВОДЫ

1. Редокс-потенциал (гН) полезен как базовый показатель для дифференциации видов глея. В зависимости от гидрологических условий глеевые горизонты в лесных почвах следует различать на два вида: ре-

дуцированный глей (Gr), образующийся в условиях пассивного водообмена при  $gH < 19$  и деферритизированный глей (Gdef), образующийся в условиях активного водообмена при  $gH > 19$ .

2. В качестве полевого теста для определение вида глея следует использовать минимальные значения редокс-потенциала ( $gH_{\text{мин}}$ ), определенные весной или в начале лета в период максимального развития редуционных процессов. На примере почв Предуралья показано, что минимальные значения  $gH_{\text{мин}}$  лучше согласуются с цветом оглеенных горизонтов, чем средние значения  $gH_{\text{ср}}$ .

3. Глей редуцированный Gr в почвах Предуралья имеет низкие значения  $gH_{\text{мин}}$  (10-16), что существенно ниже критического значения ( $gH_{\text{крит}}$  19). Глей деферритизированный, характеризуется высокими значениями  $gH_{\text{мин}}$ , достигающими 23-28, что мало отличимо от автоморфных бурых горизонтов.

В почвах Предуралья глей деферритизированный образуется гораздо чаще, чем глей редуцированный.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Большаков В.Я., Белобров В.П., Шишов Л.Л.* Словник. Термины, их краткое определение, справочные материалы по общей и почвенной экологии, географии и классификации почв. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2004. 138 с.

*Водяницкий Ю.Н., Васильев А.А., Кожева А.В., Сатаев Э.Ф.* Особенности поведения железа в дерново-подзолистых и аллювиальных оглеенных почвах среднего Предуралья // Почвоведение. 2006. № 4.

*Водяницкий Ю.Н., Шишов Л.Л.* Изучение некоторых почвенных процессов по цвету почв. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2004. 85 с.

*Высоцкий Г.Н.* Глей. Избранные сочинения. М.: Изд-во АН СССР, 1962. Т. 2. С. 70-91.

*Зайдельман Ф.Р.* Эколого-мелиоративное почвоведение гумидных ландшафтов. М.: Агропромиздат, 1991. 320 с.

*Кауричев И.С., Орлов Д.С.* Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. М.: Колос, 1982. 246 с.

*Ковалев В.А.* Болотные минералого-геохимические системы. Минск.: Наука и техника, 1985. 326 с.

*Козловский Ф.И.* О формах анаэробных процессов в торфяниках центральной Барабы // Теория и методы изучения почв и почвенного покрова. М.: Геос, 2003. С. 299-314

*Спозито Г.* Термодинамика почвенных растворов. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 240 с.

Толковый словарь по почвоведению / Под ред. А.А. Роде. 1975. 250 с.  
World reference base for soil resources. ISSS/Isric/Fao, Wageningen-Rome. 1999. № 84. 88 p.