

УДК 631.4:631.811.944

ЖЕЛЕЗО В ГРУНТОВЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ

© *В.В. Полякова, асп.*

С.-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, пер. Институтский, 5, г. С.-Петербург, Россия, 194021; e-mail: v.v.p.i53@bk.ru

Железо относится к микроэлементам, участвующим в процессе фотосинтеза. Его недостаток или избыток в почве и грунтовой воде негативно влияет на условия роста и развития растений. Высокое содержание двухвалентного (закисного) железа в грунтовой воде может вызвать закупоривание дрен на осушаемых территориях железистым осадком, что отрицательно сказывается на гидрологических условиях роста и развития растений. В открытых каналах парка С.-Петербургского государственного лесотехнического университета наблюдается обильный рыжий осадок, свидетельствующий о большом количестве железа в грунтовой воде. Результаты исследований показали более высокое содержание общего и двухвалентного железа в грунтовой воде по сравнению с водой прудов. Поток грунтовых вод проходит через железосодержащие минералы и породы, которые приносят железо в воду, а вода прудов представлена преимущественно атмосферными осадками. Установлено, что в грунтовой воде, расположенной близко к поверхности земли, двухвалентного железа больше, чем в воде более низких горизонтов, частично за счет массы органического вещества в верхних слоях почвы и низкой кислотности. Наблюдаются различия количества двухвалентного железа в грунтовой воде в зависимости от сезона. В грунтовой воде на уровне корнеобитаемого слоя концентрация подвижного железа находится в допустимых для нормального роста растений пределах. К концу периода вегетации отмечено заиливание дренажных труб железистым осадком, составляющее до 40 % от общей площади выходного отверстия. Это снижает пропускную способность труб и ухудшает гидрологические условия роста растений.

Ключевые слова: общее железо, двухвалентное (закисное) железо, грунтовая вода, парк С.-Петербургского государственного лесотехнического университета.

Железо – микроэлемент, оказывающий разностороннее влияние на жизнь растений. Оно поступает в растение из почвы и грунтовой воды и участвует в процессе фотосинтеза. Его недостаток или избыток в почве и грунтовой воде негативно сказывается на росте, развитии и состоянии растений. Высокое содержание растворимого железа в гидроморфных почвах может также приводить к нарушениям в работе дренажных систем за счет заиливания труб железистым осадком, выпадающим в процессе окисления закисного железа до окисного [2, 4, 10, 12]. В результате подъема грунтовых вод происходит подтопление корней, которое в свою очередь ведет к гибели растений.

Исследования были проведены в 2013 г. в парке С.-Петербургского государственного лесотехнического университета (СПбГЛТУ), где было выявлено, что в большинстве открытых каналов осушения присутствует обильный рыжий осадок, свидетельствующий о высоком содержании железа в воде.

Целью исследований являлась оценка динамики общего (сумма двухвалентных и трехвалентных ионов) и двухвалентного (закисного) железа в грунтовых водах из скважин и воде открытых водоемов (прудов).

Методикой исследований было предусмотрено изучение содержания железа в грунтовой воде на разной глубине. Для этого были заложены две скважины (1 и 2) глубиной 5 м, расположенные в верхней части парка, и четыре скважины (3 и 4, 5 и 6) глубиной 1 м, расположенные в нижней части парка, в нижнем дендросаду. Установлено, что в глубоких скважинах уровень грунтовых вод постоянно наблюдается на глубине 2,5...3,5 м. В скважинах нижней части парка уровень грунтовых вод более динамичен, находится под влиянием выпадающих атмосферных осадков и колеблется от 15 до 50 см. Также определялось железо в воде прудов, уровень которых поддерживается атмосферными и частично выходящими на поверхность грунтовыми водами [15].

В целях определения общего железа в осенний период было отобрано 10 проб воды (конец периода вегетации), в целях определения двухвалентного железа – 12 проб (6 – летом (середина периода вегетации), 6 – осенью (конец периода вегетации)). Пробы отбирали в стеклянные бутылки с притертыми стеклянными пробками и анализировали в течение 1 ч для снижения потери двухвалентных соединений за счет окисления на воздухе.

Общее железо в воде фиксировали визуально-колориметрическим методом (по ГОСТ 4011–72, МВИ-01-190-09, ПНД Ф 14.1:2.4.259–2010) с использованием тест-комплекта ЗАО «Крисмас+» [14], двухвалентное железо – методом объемного определения ионов закисного железа, описанным А.А. Резниковым и Е.П. Муликовской [1].

В таблице приведены результаты определения общего и двухвалентного (закисного) железа в пробах воды из скважин и прудов.

Большое количество железа в грунтовой воде на глубине 2,5...3,5 м, можно объяснить ожелезнением грунтовых потоков в истоках и на пути продвижения в почвенной толще за счет внесения соединений железа из минералов и горных пород. В грунтовой воде с близким залеганием к поверхности много железа за счет разложения большого количества железосодержащих металлических примесей в этом слое почвы [5]. Например, в 30-сантиметровом слое почвы на участке площадью 1 м² по средним статистическим данным находится до 15 г железосодержащих примесей, что в пересчете на общую площадь парка составляет до 9,5 т.

Вода прудов парка представлена преимущественно водой атмосферных осадков. Имеющееся количество железа могло быть привнесено частично выходящими на поверхность грунтовыми потоками с высоким содержанием железа.

Анализ данных таблицы показал, что как и общего, так и закисного железа больше в грунтовой воде, чем в воде прудов.

Содержание общего и закисного железа в воде парка СПбГЛТУ

Показатель	Значение показателя в различных частях парка									
	Верхняя часть						Нижняя часть			
	Скважина 1	Скважина 2	Длинный пруд	Скважина 3	Скважина 4	Скважина 5	Скважина 6	Пруд в нижнем дендросаду	Цветочный пруд	Иорданский пруд
Уровень грунтовых вод, м	3,50	2,50	–	0,15	0,50	0,15	0,30	–	–	–
Содержание железа, мг/л:										
общего (Fe ²⁺ + Fe ³⁺)	3,00	3,00	0,15	4,50	2,80	3,00	1,50	1,00	0,15	0,20
двухвалентного (Fe ²⁺)	<u>0,95</u>	<u>0,67</u>	<u>0,28</u>	<u>4,46</u>	...	...	<u>8,37</u>	...	...	<u>0,28</u>
	0,06	0,06	0,11	0,17	...	...	0,22	...	...	0,11

Примечания. 1. Прочерк – отсутствие уровня грунтовых вод, три точки – отсутствие данных. 2. В числителе приведены данные, полученные в летний период, в знаменателе – в осенний.

Установлено, что грунтовая вода горизонтов, расположенных близко к поверхности, содержит больше железа Fe⁺², чем вода более глубокого залегания. Это можно объяснить тем, что в верхних слоях почвы находится большое количество органического вещества, которое способствует повышению растворимости соединений железа [2, 3, 5–7]. Исследование агрохимических показателей почвы парка в 2013 г. показало, что в нижней его части содержится до 18 % органики, кислотность солевой вытяжки почвы составляет 5,1. Ближе к поверхности в почве отмечается большое количество железосодержащих примесей.

Наблюдается тенденция снижения содержания железа к концу периода вегетации, что характеризует сезонность изменения концентрации растворимого железа [6, 8, 11].

Г.Я. Ринькис [13] в качестве оптимальной концентрации растворимого железа в почве, необходимой для нормального функционирования растений, принимал 5,00 мг/л. Отклонение от данного значения в сторону недостатка или избытка отрицательно влияет на рост и развитие растений, вызывает хлороз листьев [6, 9].

Анализ грунтовой воды, отобранной с глубины 30 см, показал, что в середине периода вегетации содержание растворимого железа в воде на этой глубине почти в 2 раза больше оптимального значения (8,37 мг/л), т. е. возможен риск нарушения в росте и развитии растений. В грунтовой воде на глубине 15 см этот показатель близок к оптимальному (4,46 мг/л). К концу периода вегетации отмечено снижение концентрации железа.

В парке в начале периода вегетации видимых признаков заиливания дренажных отверстий не наблюдалось, к середине периода вегетации закупоривание дренажных отверстий составило 5 % от общей площади выходного отверстия, осенью некоторые дренажные трубы были закупорены железистым осадком почти на 40 %.

Таким образом, в парке СПбГЛТУ в грунтовой воде содержание общего и закисного железа выше, чем в воде открытых водоемов.

Грунтовая вода, залегающая близко к поверхности, содержит закисного железа больше, чем вода на большей глубине, однако концентрация его находится в допустимых для нормального питания растений пределах. К концу периода вегетации концентрация закисного железа снижается.

В конце периода вегетации наблюдается некоторое ухудшение в работе дренажных систем за счет заиливания железистым осадком.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ минерального сырья / Под общ. ред. Ю.Н. Книповича, Ю.В. Морачевского. 2-е изд. Л.: Ленгосхимиздат, 1956. 1056 с.
2. *Водяницкий Ю.Н.* Химия и минералогия почвенного железа. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2002. 236 с.
3. *Возбуцкая А.Е.* Химия почвы. 3-е изд., испр. и доп. М.: Высш. шк., 1968. 428 с.
4. *Добрынин Ю.А.* Вероятностные модели процессов заиливания осушительных каналов гидромелиоративных систем // Изв. СПбЛТА. 2007. Вып. 180. С. 103–110.
5. *Зонн С.В.* Железо в почвах (генетические и географические аспекты). М.: Наука, 1982. 208 с.
6. *Илялетдинов А.Н.* Биологическая мобилизация минеральных соединений. Алма-Ата: Наука, 1966. 332 с.
7. *Китаева Л.И.* Связь между содержанием железа, цинка, марганца, количеством гумуса и кислотностью в почвах Пензенской области // Почвоведение. М.: Наука, 1990. Вып. 9. С. 132–135.
8. *Куликова В.К.* Сезонные изменения химических свойств подзолистых песчаных почв // Почвы сосновых лесов Карелии. Петрозаводск, 1978. С. 71–85.
9. *Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г.-Н.* Физиология древесных растений. М.: Лесн. пром-сть, 1974. 424 с.
10. *Матинян Н.Н., Мышкина И.В., Немчинова И.А.* Экологические условия заохривания дренажных систем Неманской низменности // Эколого-генетические исследования почв в гумидных ландшафтах: сб. ст. СПб.: СПбУ, 1996. С. 3–18.
11. *Морозова Р.М.* Почвообразование на песчаных отложениях Карелии // Почвы сосновых лесов Карелии. Петрозаводск, 1978. С. 4–43.
12. *Мотузова Г.В., Дегтярева А.К.* Формы соединений железа в почвенных растворах и дренажных водах на примере Яхромской поймы // Почвоведение. 1993. Вып. 1. С. 110–114.
13. *Ринькис Г.Я.* Значение взаимовлияния элементов в оптимизации минерального питания растений // Микроэлементы в комплексе минерального питания растений. Рига: Зинанте, 1975. С. 16–28.

14. Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки. Изд. 2-е, перераб. СПб.: «Крисмас+», 2012. 264 с.

15. Яковлев С.А. Геологическое строение местности парка Лесного института / Изв. Ленингр. лесн. ин-та. Л.1: ЛЛИ, 1929. Вып. 37. С. 219–235.

Поступила 07.04.14

UDC 631.4:631.811.944

Iron in the Surface and Ground Waters

V.V. Polyakova, Postgraduate Student

Saint Petersburg State Forest Technical University named under S.M. Kirov, Institutskiy per., 5, Saint-Petersburg, 19402, Russia; e-mail: v.v.p.i53@bk.ru

Iron is an microelement, involved in the process of photosynthesis. Its scarcity or excess affects negatively on plants growth. High content of bivalent ferrous oxide in ground water can exert the clogging of drain lines on drain territories by ferrous precipitation, that negatively affect on hydrologic conditions of plants growth. There is observed abundant red ferruginous sediment in open channels in the park of the Forestry University. In groundwater general and bivalent iron more than in pond water. Ground stream get through mineral and species, contained iron, that import iron in water, and pond water is with an atmospheric condensation. In groundwater, located close to the surface of the earth, bivalent iron is more, than in water at a greater depth. There is seasonal dynamics of bivalent iron in groundwater. The concentration of bivalent iron in groundwater is optimal for normal growth and development of plants. By the end of vegetation period occurred silting of drainage pipes by 40 %. This violates the hydrological conditions of growth and development of plants.

Keywords: general iron, bivalent iron, underground water, park of Forestry University.

REFERENCES

1. Knipovich Yu.N., Morachevskii Yu.V. *Analiz mineral'nogo syr'ya* [Analysis of Mineral Raw Material]. Leningrad, 1956. 1056 p.
2. Vodyanitskiy Yu.N. *Khimiya i minerologiya pochvennogo zheleza* [Chemistry and Mineralogy of the Soil Iron]. Moscow, 2002. 236 p.
3. Vozbutskaya A. E. *Khimiya pochvy* [The Chemistry of the Soil]. Moscow, 1968. 428 p.
4. Dobrynin Yu.A. Veroyatnostnye modeli protsessov zaileniya osushitel'nykh kanalov gidromeliorativnykh sistem [Probabilistic Models of Silting Processes of Drainage Channels of Reclamation Systems]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii*, Saint-Petersburg, 2007, no. 180, pp. 103–110.
5. Zonn S.V. *Zhelezo v pochvakh (geneticheskie i geograficheskie aspekty)* [Iron in Soils (Genetic and Geographical Aspects)]. Moscow, 1982, no. 9. 208 p.
6. Ilyaletdinov A.N. *Biologicheskaya mobilizatsiya mineral'nykh soedineniy* [Biological Mobilization of Mineral Compounds]. Alma-Ata, 1966. 332 p.

7. Kitaeva L.I. Svyaz' mezhdu sodержaniem zheleza, tsinka, margantsa, kolichestvom gumusa i kislotnost'yu v pochvakh Penzenskoy oblasti [The Relationship Between the Concentrations of Iron, Zinc, Manganese, Quantity of Humus and Acidity in the Soil of the Penza region]. *Pochvovedenie*, Moscow, 1990, pp. 132–135.

8. Kulikova V.K. Sezonnnye izmeneniya khimicheskikh svoystv podzolistykh peschanykh pochv [Seasonal Changes of the Chemical Properties of Podzolic Soils]. *Pochvy sosnovykh lesov Karelii* [Soils of Pine Forests in Karelia]. Petrozavodsk, 1978, pp. 71–85.

9. Lir Kh., Pol'ster G., Fidler G.N. *Fiziologiya drevesnykh rasteniy* [Physiology of Woody Plants]. Moscow, 1974. 424 p.

10. Matinyan N.N., Myshkina I.V., Nemchinova I.A. Ekologicheskie usloviya zaokhrivaniya drenazhnykh system Nemanskoj nizmennosti [Ecological Conditions of Drainage Systems Soiling in the Neman Lowland]. *Ekologo-geneticheskie issledovaniya pochv v gumidnykh landshaftakh* [Ecological and Genetic Researches of Soils in Humid Landscapes: Collected Papers]. Saint-Petersburg, 1996, pp. 3–18.

11. Morozova R.M. Pochvoobrazovanie na peschanykh otlozheniyakh Karelii [Soil Formation on Sandy Sediments of Karelia]. *Pochvy sosnovykh lesov Karelii* [Soils of Pine Forests in Karelia]. Petrozavodsk, 1978, pp. 4–43.

12. Motuzova G.V., Degtyareva A.K. Formy soedineniy zheleza v pochvennykh rastvorakh i drenazhnykh vodakh na primere Yakhromskoy poymy [Forms of Iron Compounds in the Soil Solutions and Drainage Waters on the Example of Yakhroma Floodplain]. *Pochvovedenie*, Moscow, 1993, no.1, pp. 110–114.

13. Rin'kis G.Ya. Znachenie vzaimovliyaniya elementov v optimizatsii mineral'nogo pitaniya rasteniy [The Value of the Interaction of Elements in the Optimization of the Mineral Nutrition of Plants]. *Mikroelementy v komplekse mineral'nogo pitaniya rasteniy* [Microelements in the Complex of Mineral Nutrition of Plants]. Riga, 1975, pp. 16–28.

14. *Rukovodstvo po analizu vody. Pit'evaya i prirodnyaya voda, pochvennye vytyazhki* [Manual on Analysis of Water. Drinking and Natural Water, Soil Extraction]. Saint-Petersburg, 2012. 264 p.

15. Yakovlev S.A. Geologicheskoe stroenie mestnosti parka Lesnogo Instituta [Geology of the Area of the Park Forest Institute]. *Izvestiya Leningradskogo Lesnogo Instituta*, Leningrad, 1929, no. 37, pp. 219–235.

Received on April 07, 2014