

melioriruemyh zemel. – Mn.: BelNIIMiVH, 1987. – S. 118-127.

6. **Streljbitskaya E.B., Solomina A.P.** Regulirovanie nagruzki osushitelno-uvlazhnitelnyh system na vodnye objekty. // Prirodoobustrojstvo. – 2018. – № 4. – S. 98-104.

7. **Lihatsevich A.P.** Ispolzovanie resursov gidromeliorativnyh system dlya upravleniya vodnym rezhimom pochv. // Melioratsiya. – 2009. – № 1. – S. 26-31.

8. **Ahmedov A.D.** Modelirovanie parametrov vlagoperenosa v zavisimosti ot vlazhnosti pochvy. / Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Teoreticheskie i tehnologicheskie osnovy vosproizvodstva plodorodiya pochv i urozha-jnost selskohozyajstvennyh kultur». – M.: RGAU-MSHA, 2012. – S. 90-97.

9. **Ravovoj P.U.** Organizatsiya ekspluatatsionnyh rabot na meliorativnyh sistemah. – M.: Agropromizdat, 1985. – 110 s.

10. **Volkovsky P.A.** Rekomendatsii po regulirovaniyu vodnogo rezhima na sistemah dvou-

storonnego dejstviya. – M.: Rosselhozizdat, 1972. – 40 s.

The material was received at the editorial office  
07.02.2019 g.

#### Information about the authors

**Naidenov Sergej Vladimirovich**, post graduate student, FGBNU «RosNIIPM»; 346421, Novocherkassk, Rostov area, Baklanovsky pr-t, 190, e-mail: rosniipm@yandex.ru

**Domashenko Yulia Evgenjevna**, candidate of technical sciences, leading researcher of the department of scientific support of creation of reclamation systems FGBNU «RosNIIPM»; 346421, Novocherkassk, Rostov area, Baklanovsky pr-t, 190, e-mail: Domachenko\_u@list.ru

**Vasiljev Sergej Mihailovich**, doctor of technical sciences, associate professor, acting director FGBNU «RosNIIPM»; 346421, Novocherkassk, Rostov area, Baklanovsky pr-t, 190, e-mail: rosniipm@yandex.ru

УДК 502/504:631.4

DOI 10.34677/1997-6011/2019-2-40-47

**Г.Б. ПОДВОЛОЦКАЯ, В.И. САВИЧ, И.И. ТАЗИН**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТАВА ПОЧВЕННЫХ РАСТВОРОВ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

*Химический состав почвенных растворов меняется в зависимости от степени их разбавления, влажности, температуры, газового состава, предыстории развития почв. Так, по полученным данным, величина pH в суспензии и в центрифугате составляла в мерзлотно-таежной почве 4,7 и 6,3; в дерново-подзолистой почве – 4,9 и 5,9; в красноземе – 4,9 и 6,6. В замерзшем и незамерзшем растворе мерзлотно-таежной почвы содержание калия в мг/л, соответственно, составило  $4,7 \pm 2,5$  и  $42,2 \pm 28,5$ ; кальция –  $0,2 \pm 0,1$  и  $3,2 \pm 1,4$ ; железа –  $0,04 \pm 0,01$  и  $0,38 \pm 0,3$ . Это определяет неточность мелиоративных расчетов по составу водной вытяжки. Предлагается оценка почвенных растворов по их свойствам, процессам и режимам. Показана информативность оценки в них активности ионов, содержания положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений, положительно и отрицательно заряженных аэроионов, антиоксидантов с использованием метода газоразрядной визуализации. Подтверждено изменение химического состава растворов от влажности и температуры в соответствии с термодинамическими закономерностями. Предлагается информационная оценка химического состава растворов по математическим взаимосвязям между их компонентами. Приведены экспериментальные данные по изменению химического состава растворов при замерзании, при разной продолжительности анаэробнозиса, на разном удалении от твердой фазы почв и ложа водоема, в сезонной динамике.*

*Почвенный раствор, взаимосвязи, сезонная динамика, свойства, процессы, режимы.*

**Введение.** Состав почвенных растворов и поверхностных вод в значительной степени определяет агроэкологическую оценку почв и ландшафтов. Однако в настоящее время изучают только химические свойства почвенных растворов, но не оценивают протекающие в них процессы и их режимы. Это затрудняет разработку приемов мелиорации поливных вод для разных почвенно-климатических зон.

В работе предлагается уточнение оценки почвенных растворов с учетом испарения из вод положительно и отрицательно заряженных аэроионов, а также с учетом взаимосвязей между химическими свойствами почвенных растворов.

**Материал и методы.** Объектом исследования выбраны дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы Московской области, подзолистые почвы Архангельской области, черноземы обыкновенные и, для сравнения, каштановые почвы и сероземы, мерзлотно-таежные почвы [1, 2, 3, 4, 5, 7].

Методика исследования состояла в оценке химического состава почвенных растворов изучаемых почв по общеизвестным методикам [1, 8, 9], в оценке изменения свойств этих растворов при разном соотношении почва: вода, в зависимости от температуры и времени компостирования почв [3, 5, 7]. Для сравнения оценен состав вод местных рек этих районов. Дополнительно определено содержание в почвенных растворах активности ионов, содержания в испарениях аэроионов, проведена оценка в водах положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений, их энергетических характеристик методом газоразрядной визуализации [3, 4, 10]. С использованием программ математической статистики оценены взаимосвязи между свойствами почвенных растворов (принятый уровень вероятности  $P = 0,95$ ).

**Результаты и обсуждения.** Почвенные растворы характеризуются их свойствами, протекающими в них процессами и режимами (закономерным изменением свойств и процессов во времени и в пространстве). Состав почвенных растворов и поверхностных вод определяется свойствами, процессами и режимами почв и изменяется локально во времени и в пространстве. При этом между всеми компонентами ландшафта существуют прямые и обратные связи. Однако методы изучения почвенных растворов несовершенны, что определяет большую разницу

экспериментально определяемого и теоретически рассчитанного их химического состава.

### **1. Химические свойства почвенных растворов и поверхностных вод**

1.1. Состав растворов характеризуется концентрацией отдельных элементов, их активностью, характером комплексов и ассоциатов. По полученным нами данным комплексобразующая способность почвенных растворов по отношению к меди составляла для лугово-черноземной почвы 2,2 мг на 1 л раствора, 220 мг на 1 г углерода. Для этой же почвы, компостированной при избыточной влажности, соответственно, 7,0 мг на 1 л раствора и 350 мг на 1 г углерода [10].

Рядом авторов разработаны градации оценки плодородия почв по активности ионов [8]. Так, несолонцеватая почва имеет  $pNa > 3; > 2,5$ ; солонец  $pNa < 1,0; < 2,0$ . Низкая обеспеченность калием отмечалась при  $pK > 4,7$ , высокая – при  $pK = 3,8-2,9$ . Несолонцеватые почвы имеют  $pNa$ :  $pCa$  больше 0,9; солонцы – менее 0,5. Величина известкового потенциала ( $pH - 0,5pCa$ ) составляет в дерново-подзолистой почве 3,8; в темно-серой – 4,4. При величине меньше 4, как правило, требуется известкование. Установлены и градации этих показателей для различных сельскохозяйственных культур. Так, оптимальная величина  $pK$  колеблется от 2,5 до 4;  $pCa$  – от 2,2 до 3,4;  $pK - 0,5pCa$  от 1,3 до 2,4 [3, 8].

По полученным нами данным, для дерново-подзолистых почв содержание водорастворимого калия меньше 0,02 мг – экв/л оценивается как низкое; более 0,10 – как высокое.

1.2. При анализе суспензий и отфильтрованных или отцентрифугированных растворов проявляется суспензионный эффект – кислый в кислых почвах и щелочной в нейтральных и щелочных. Однако этот эффект проявляется не только по pH, но и по активности других ионов. Он является характерным для отдельных ионов и дает информацию об агроэкологической оценке растворов [3].

Содержание катионов в почвенной суспензии и в фильтрате из нее существенно изменяется в сезонной динамике. Так, активность калия в мг-экв/100гв суспензии дерново-подзолистой почвы при выращивании викоовсяной смеси составляло в первый срок вегетации – 0,02; во второй – 0,005; в третий – 0,002; в четвертый – 0,003; в пятый – 0,003; кальция, соответственно, 0,03; 0,06; 0,01; 0,004 и 0,01 мг-экв/100 г.

Активность калия и кальция в почвенном растворе коррелировала с содержанием обменного калия. Так, для посевов ячменя на дерново-подзолистой почве коэффициенты корреляции содержания обменного калия и его активности в суспензии почв составляли после посева – 0,91; в фазе кущения – 0,92; выхода в трубку – 0,90; колошения – 0,82; молочной спелости – 0,82; восковой спелости – 0,93.

Величина суспензионного эффекта является характерной величиной для конкретных почв, зависящей от  $pH$ ,  $Eh$ , минералогического и гранулометрического состава, степени и характера гумусированности и т.д. Так, величина  $pH$  в суспензии и в центрифугате, соответственно, составляла в мерзлотно-таежной почве – 4,7 и 6,3; в дерново-подзолистой – 4,9 и 5,9; в красноземе – 4,9 и 6,0; в каштановой почве – 6,6 и 6,8. С изменением температуры и соотношения «почва: раствор» величина суспензионного эффекта меняется. Так, в каштановой почве при температуре 5°C  $\Delta pH$  суспензии и центрифугата составляла 0,3 при 3000 оборотах в минуту и 0,7 при 9000 оборотах. При 20°C эти величины были, соответственно, равны 0,2 и 0,1. В щелочных почвах наблюдался щелочной суспензионный эффект. Например, по полученным данным, в почвах оптимальной влажности величина  $pH$  суспензии и фильтрата была равна 7,8 и 7,7, а в оглеенных почвах – 7,7 и 6,7.

По полученным нами данным, величина суспензионного эффекта отмечалась

и по  $K$ ,  $Ca$ ,  $Mg$ ,  $Na$ ,  $Ca$ ,  $Pb$  и  $Eh$ , то есть по всем катионам, по которым выпускаются ион-селективные электроды.

1.3. С нашей точки зрения, важными показателями, характеризующими почвенные растворы, является содержание в них положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений, антиоксидантов, ассоциатов, содержание в растворах положительно и отрицательно заряженных, легких и тяжелых аэроионов [3, 4, 5].

Ионы в почвенных растворах и в поверхностных водах в определенной степени находятся в виде комплексных положительно и отрицательно заряженных соединений. Так, по полученным нами данным, в почвенном растворе слабокультуренной дерново-подзолистой почвы содержание отрицательно и положительно заряженных соединений  $Ca$  составляло 132 и 181 мг/л;  $Fe$  – 23,7 и 3,4;  $K$  – 14,3 и 15,1. В черноземах  $Ca$ , соответственно, 34 и 448;  $Fe$  – 175,7 и 5,3;  $K$  – 18,6 и 38,4. Комплексы представлены соединениями катионов с органическими лигандами и в виде гидроксидных комплексов. Отрицательный логарифм констант нестойкости комплексов ( $pK_n$ ) колеблется от 2 до 20. Разный заряд имеют находящиеся в растворах ферменты и микроорганизмы.

По полученным нами данным, одним из перспективных параметров характеристики почвенных растворов и поверхностных вод является содержание в испарениях из них аэроионов, что иллюстрируется данными в таблице 1.

Таблица 1

#### Концентрация аэроионов в испарениях из почвенных растворов

Образец	Концентрация аэроионов, ион/см <sup>3</sup> ( $a \cdot 10^3$ )		Коэффициент униполярности
	Положительная полярность	Отрицательная полярность	
Чернозем	0,6-2,7	0,2-1,9	0,3-2,6
Серозем	0,2-1,7	0,1-0,6	2,3-435
Озеро РГАУ-МСХА	0,6-5,2	1,1-4,0	0,6-1,3
Река Москва	0,1-0,7	0,1-1,1	0,1-184

Как видно из представленных данных, в различных почвенных растворах и в водных объектах концентрация положительно и отрицательно заряженных аэроионов, и, особенно, коэффициент униполярности существенно отличается.

1.4. Проведенными исследованиями показана целесообразность информационно-энергетической оценки состава

почвенных растворов и поверхностных вод. Информационная оценка характеризуется взаимосвязями между компонентами растворов, энергетическая – содержанием оксидантов и антиоксидантов, с использованием метода газоразрядной визуализации [3].

Содержание водорастворимых соединений в почвенных растворах и поверхностных водах взаимосвязано друг с другом.

Так, по полученным нами данным, в почвенном растворе дерново-подзолистых почв ( $n = 43-111$ ) при  $pH = 5,7 \pm 0,03$  и  $7,3 \pm 0,02$  содержание водорастворимого железа было, соответственно,  $24,5 \pm 3,9$  и  $7,4 \pm 1,6$ ;  $Zn - 0,12 \pm 0,03$  и  $0,05 \pm 0,01$ ;  $Mn - 3,6 \pm 0,7$  и  $1,0 \pm 0,3$ .

Зависимость в почвенном растворе  $Ca$  и  $Mg$  от  $pH$  и  $Eh$  среды описывалась уравнениями:

$$Ca = -124,6 + 21,5 \text{ } pH - 0,09 \text{ } Eh; r = 0,9$$

$$Mg = -101,5 + 19,9 \text{ } pH - 0,03 \text{ } Eh; r = 0,4.$$

I. Процессы в почвенных растворах и поверхностных водах

Содержание ионов в поверхностных водах зависит от расстояния точки опробования от твердой фазы почв. Так, по полученным нами данным, величины  $Eh$  и  $pNO_3$  в воде и в контакте с почвой составляли в дерново-подзолистой хорошо окультуренной почве, соответственно,  $Eh - 195$  мВ и  $- 23,5$ ;  $pNO_3 - 4,5$  и  $4,0$ ; в черноземах  $Eh - 105$  мВ и  $- 10,5$ ;  $pNO_3 - 3,8$  и  $3,0$ .

На разном расстоянии точки опробования поверхностных вод от поверхности почв химические показатели этих вод меняются. Так, по полученным нами данным, в слое воды на ее поверхности и на глубине 10 см в контакте с почвой показатели  $pH$  составляли, соответственно, в черноземе  $8,2$  и  $8,1$ ; в пойменной почве  $- 8,7$  и  $7,9$ . Величины  $Eh$  в черноземе  $284$  и  $169$  мВ, в пойменной почве  $- 190$  и  $159$  мВ, в каштановой почве  $- 230$  и  $170$  мВ.

При энергетической оценке водных вытяжек из почв методом газоразрядной визуализации средняя интенсивность пика составляла для дерново-подзолистой почвы  $79,67 \pm 3,1$ , для чернозема  $- 85,8 \pm 3,1$ ; длина изолинии была, соответственно, равна  $145,3 \pm 15,2$  и  $165,6 \pm 26,7$ .

II. Режимы почвенных растворов и поверхностных вод

III.1. Состав почвенных растворов и поверхностных вод изменяется в сезонной динамике, что определяется изменением  $pH$ ,  $Eh$ ,  $pCO_2$ , температуры, степени увлажнения и, как следствие, ионной силы раствора [7].

В соответствии с теоретическими закономерностями при увеличении влажности почвы предпочтительнее поглощение почвой ионов с меньшей энергией гидратации и с большей энтропией растворения.

При повышении температуры увеличивается поглощение многовалентных катионов с большей энергией гидратации  $Mg > Ca$ .

В наших опытах с различными почвами при температуре от  $50$  до  $70^\circ C$  из хлористых солей поглотилось калия  $76 \pm 2,3\%$ ; при температуре  $2^\circ C - 140 \pm 9\%$  к поглощению при температуре  $20^\circ C$ . Поглощение  $Ca$  при температуре  $50-70^\circ C$  составило  $204\%$ ;  $Mg - 55\%$ ,  $Na - 81\%$ ,  $Ca + Mg - 57\%$  по сравнению с температурой  $20^\circ C$ .

По полученным нами данным, при увеличении разбавления в растворе уменьшилось содержание  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  и увеличилось содержание  $K^+$ ,  $Na^+$ . Соотношение  $Na/K$  при этом увеличивалось. Однако четкая закономерность наблюдалась для процессов ионного обмена и нарушалась при растворении осадков.

Влияние влажности, температуры,  $pCO_2$  на растворимость разных осадков отличается. При этом изменяется содержание в водах  $O_2$ ,  $H_2$ , метана,  $SiO_2$ . Так, например, содержание  $O_2$  в мг/100 мл в воде при  $0^\circ C$  равно  $4,9$ , а при  $20^\circ C - 3,1$ ; содержание  $H_2$ , соответственно, равно  $2,1$  и  $1,8$ ;  $CO_2 - 171$  и  $87,8$ ; метана  $- 5,6$  и  $3,3$ .

III.2 Состав почвенных растворов меняется при промораживании почв, смене увлажнения и иссушения, в связи с проявлением гистерезиса [7,8].

Увеличение влажности почв, в том числе увеличение содержания воды в почве выше полной влагоемкости, приводит к изменению состава почвенных растворов и поверхностных вод.

Так, по полученным данным, в дерново-подзолистой почве (Ап) при соотношении почва:  $H_2O = 1:1$  и  $1:5$  содержание  $Mg$  в растворе составляло, соответственно,  $15,2$  и  $4,0$ ;  $Ca - 22,6$  и  $6,4$ ;  $K - 32,3$  и  $13,4$  мг/л. В пахотном горизонте чернозема эти показатели были, соответственно, равны:  $Mg - 6,7$  и  $3,8$ ;  $Ca - 30,1$  и  $8,5$ ;  $K - 5,7$  и  $3,3$  мг/л.

Как видно из представленных данных, при увеличении соотношения почва - вода содержание  $Mg$ ,  $Ca$ ,  $K$  в водных растворах закономерно уменьшается. Однако уменьшение концентрации в мг/л не пропорционально степени разбавления; оно значительно меньше в связи с вступлением в реакции новых сорбционных мест. Эти закономерности отличаются по интенсивности проявления для разных типов почв.

По полученным нами данным, в незамерзшем растворе

увеличивается концентрация калия, кальция, железа, марганца, ионная сила раствора. Так, в замерзшем и незамерзшем почвенном растворе мерзлотно-таежных почв содержание  $K$  составило, соответственно,  $4,7 \pm 2,5$  и  $42,2 \pm 28,5$ ;  $Ca - 0,2 \pm 0,1$  и  $3,2 \pm 1,4$ ;  $Fe - 0,04 \pm 0,01$  и  $0,38 \pm 0,3$ ;  $Mn - 1,8 \pm 0,4$  и  $7,1 \pm 1,3$  мг/л. Это же отмечается и при иссушении почв, что приводит к разрушению алюмосиликатов и существенно влияет на трансформацию минералогического состава [4, 7].

Как следствие рассмотренных процессов состав почвенных растворов изменяется в отдельных горизонтах почв, в почвах на разных элементах мезо- и микрорельефа.

III.3. Состав почвенных растворов отличается для восходящих и нисходящих токов вод. Так, в дерново-подзолистой почве в нисходящей миграции с использованием лизиметрических хроматографических колонок содержание  $Fe$  из-под горизонтов  $A_1$ ,  $A_2$  и  $B$  составляло, соответственно,  $0,3$ ;  $0,5$  и  $0,3$  г/м<sup>2</sup> в год;  $Ca - 3,3$ ;  $2,9$  и  $2,5$ .

При восходящей миграции растворов из горизонтов  $A_2$ ,  $B$  и  $BC_k$  передвижение  $Fe$  составляло, соответственно,  $0,4$ ;  $0,5$  и  $0,4$  г/м<sup>2</sup> в год;  $Ca - 0,15$ ;  $0,18$  и  $0,18$  г/м<sup>2</sup> в год.

Отношение  $Cl/SO_4^{2-}$  в горизонтах почв показывает направление движения солей в сезонной динамике. По полученным данным, среднее значение этого отношения в почвах на пониженных участках было в 2,7 раз выше, чем в почвах на микроповышениях, что связано с более интенсивной миграцией хлора. По почвенному профилю величина  $Cl/SO_4^{2-}$  в водной вытяжке на микроповышениях в верхних слоях увеличивалась, что свидетельствует о возможной преимущественной миграции  $Cl$  по сравнению с  $SO_4^{2-}$  к зоне иссушения [6, 7].

III.4. Состав почвенных растворов характеризует генезис и плодородие почв. Изменение состава почвенных растворов при развитии анаэробнобиозиса отличается по интенсивности для разных типов почв. Это иллюстрируется данными таблицы 2.

Таблица 2

**Изменение состава почвенных растворов при избыточном увлажнении разных типов почв ( $t - 20^\circ C$ )**

$Eh$ , мВ по хсэ	$pH_{H_2O}$	$Mn$ (мг/л)	$K$ (мг/л · 10 <sup>-5</sup> )	$Ca$ (мг/л · 10 <sup>-3</sup> )
Дерново-подзолистая слабоокультуренная				
402/235	5,5/6,1	0/12,5	8,9/13,1	3,3/0,9
Дерново-подзолистая хорошо окультуренная				
407/129	7,5/7,7	0,5/25,0	2,0/24,0	1,3/ -
Лугово-черноземная				
230/80	6,6/7,1	1,7/4,4	3,4/25,1	5,5\4,5

\* в числителе – при компостировании 10 дней, в знаменателе – 60 дней

Как видно из представленных данных, при избыточном увлажнении почв в закрытых сосудах величина  $Eh$  уменьшается,  $pH$  – возрастает, в растворах увеличивается содержание водорастворимого  $Mn$ ,  $K$  и уменьшается содержание водорастворимого  $Ca$ . Более интенсивное развитие восстановительных условий отмечается в более гумусированных почвах.

Изменение химического состава почвенных растворов при развитии анаэробнобиозиса зависит от продолжительности компостирования и температуры. Так, по полученным нами данным, при компостировании почв в условиях избыточной влажности в течение 10 и 60 дней при  $20^\circ C$  величина  $pH$  равнялась, соответственно,  $6,5 \pm 0,8$  и  $7,1 \pm 0,5$ ;  $Eh - 316 \pm 91$  и  $110 \pm 58$  мВ.

При компостировании почв при  $40^\circ C$  величина  $pH$  равнялась через 10 дней  $7,0 \pm 0,7$ ;  $Eh - 207 \pm 71$  мВ; через 60 дней –  $pH$  равнялась  $7,4 \pm 0,3$ ;  $Eh - 52 \pm 29$  мВ.

Содержание биофильных элементов в почвенном растворе имеет большое значение для урожая сельскохозяйственных культур. При этом элементы частично связаны в растворах в комплексы и ассоциаты, что существенно изменяет их растворимость и возможность поступления в растения [2, 11].

Согласно обобщению Шильникова И.А. с соавторами, концентрация ионов в лизиметрических водах увеличивалась с повышением степени окультуренности, удобренности, насыщенности основаниями в соответствии со следую-

щими рядами:  $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+ > K^+$ ;  $SO_4^{2-} > NO_3^- > Cl^- > HCO_3^-$ . При этом концентрация веществ изменялась в сезонной динамике по  $Ca$  от 10 до 1000 мг/л; по  $Mg$  от 3 до 120 мг/л [12].

По полученным нами данным, состав верховодки отличается для хорошо и плохо окультуренных дерново-подзолистых почв. Вынос элементов в них соответственно составлял:  $HCO_3^-$  – 99,7 и 93,1 кг/га;  $NO_3^-$  – 19,3 и 8,4 кг/га;  $K_2O$  – 4,7 и 3,5 кг/га;  $Ca$  – 46,9 и 31,8 кг/га;  $Mg$  – 29,1 и 19,2 кг/га;  $Cl^-$  – 55,0 и 22,9 кг/га;  $SO_4^{2-}$  – 80,3 и 71,6 кг/га [1].

### Заключение

Состав почвенных растворов существенно отличается от состава водной вытяжки в связи с влиянием на подвижность ионов в почве влажности, температуры, ионной силы, газового состава. Неточности оценки диагностики химического состава растворов приводят к уменьшению эффективности мероприятий по мелиорации почв.

На основании проведенных исследований предлагается дополнительно учитывать при оценке состава растворов образование комплексов, ассоциатов, содержание оксидантов и антиоксидантов, энергетическую оценку растворов по содержанию в испарениях положительно и отрицательно заряженных аэроионов, с использованием метода газоразрядной визуализации. Для прогноза состава почвенных растворов при изменении влажности и температуры необходимо учитывать теоретические закономерности изменения от этих параметров эффективной растворимости осадков, эффективных констант ионного обмена, эффективных констант нестойкости комплексов, образования ассоциатов.

Более корректным представляется оценивать растворы по их свойствам, процессам и режимам, с учетом информационной и энергетической характеристик.

### Библиографический список

1. Влияние мелиорации поливных вод на свойства почв. / Савич В.И., Дубенок Н.Н., Гукалов В.Н., Подволоцкая Г.Б. // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2014. – № 5. – С. 33-37.
2. Карбонатно-кальциевое равновесие в системе вода – почва. / Минкина Т.М., Ендовицкий А.П., Калиниченко В.П., Федо-

ров Ю.А. – Ростов на Дону: Изд-во Южный Федеральный Университет, 2012. – 376 с.

3. Локальное протекание почвообразовательных процессов как фактор корректировки моделей плодородия почв. / Савич В.И., Наумов В.Д., Котенко М.Е., Гукалов В.В., Седых В.А. // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2017. – № 1. – С. 49-53.

4. Савич В.И., Байбеков Р.Ф., Дубенок Н.Н. Изменение состояния водной среды при внесении больших доз помета в дерново-подзолистые почвы. // Природообустройство. – 2013. – № 5. – с. 21-25.

5. Савич В.И. Физико-химические основы плодородия почв. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2013. – 431 с.

6. Айдаров И.П. Экологические основы мелиорации земель. // Природообустройство. – 2012. – № 3. – С. 10-16.

7. Подволоцкая, Г.Б., Савич В.И. Свойства и процессы поверхностных вод как критерий их использования для орошения почв. / Сб. статей Международной междисциплинарной молодежной научной школы-конференции «Человек и природа: технологии обеспечения продовольственной и экологической безопасности». – М.: ООО «МАКС Пресс», 2016. – С. 68-69.

8. Быстрицкая Т.Л., Волкова В.В., Снакин В.В. Почвенные растворы черноземов и серых лесных почв. – М.: Наука, 1981. – 148 с.

9. Замараев А.Г., Савич В.И. Энергомассообмен в звене полевого севооборота. – М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, – 2005. – 336 с.

10. Свойства, процессы, режимы мерзлотно-таежных почв. / Савич В.И., Худяков О.И., Черников В.А. и др. – М.: РГАУ-МСХА, 2016. – 312 с.

11. Агроэкологическая оценка органоминеральных и комплексных соединений почв. / В.И. Савич, С.П. Торшин, С.Л. Белопухов и др. – Иркутск: ООО «Мегапринт», 2017. – 298 с.

12. Шильников И.А., Сычев В.Г. Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия. – М.: ВНИИА, 2008. – 340 с.

Материал поступил в редакцию 28.11.2018 г.

### Сведения об авторах

**Подволоцкая Гурият Багомедовна**, аспирантка, ассистент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: guri\_89@mail.ru

**Савич Виталий Игоревич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева;

127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: savich.mail@gmail.com

**Тазин Иван Иванович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

**G.B. PODVOLOTSKAYA, V.I. SAVICH, I.I. TAZIN**

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

## AGRO ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE COMPOSITION OF SOIL SOLUTIONS AND SURFACE WATER

*Chemical content of soil solutions changes depending on their dilution rate, humidity, temperature, gas composition, prehistory of soil development. Thus, according to the obtained data, pH value in suspension and in centrifugate was 4.7 and 6.3 in the permafrost-taiga soil, 4.9 and 5.9 – in sod-podzolic soil, 4.9 and 6.6 – in krasnozem (red soil). The content of potassium in the frozen and non-frozen solutions of the permafrost-taiga soil was respectively, mg/l: potassium –  $4.7 \pm 2.5$  and  $42.2 \pm 28.5$ ; calcium  $0.2 \pm 0.1$  and  $3.2 \pm 1.4$ ; iron  $0.04 \pm 0.01$  and  $0.38 \pm 0.3$ . It determines the inaccuracy of reclamation calculations of the composition of aqueous extract. There is proposed an assessment of soil solutions according to their properties, processes and modes. There is shown the information value of assessment of ion activity in them, content of positively and negatively charged complex compounds, positively and negatively charged air ions and antioxidants using the method of gas-discharge visualization. The change in the solutions chemical composition is confirmed depending on humidity and temperature in accordance with thermodynamic laws. There is proposed an informational assessment of the chemical composition of solutions according to the mathematical correlations between their components. The experimental data on the change in the chemical composition of solutions during freezing, under different duration of anaerobiosis, at different moving away from the soil solid phase and reservoir bed in the seasonal dynamics.*

*Soil solution, correlations, seasonal dynamics, properties, processes, modes.*

### References

1. Vliyanie melioratsii polivnyh vod na svoistva pochv. / Savich V.I., Dubenok N.N., Gukalov V.N., Podvolotskaya G.B. // Mezhdunarodny sel'skokozyajstvenny zhurnal. – 2014. – № 5. – S. 33-37.
2. Karbonatno-kal'tsievoye ravnovesie v sisteme voda – pochva. / Minkina T.M., Endovitskij A.P., Kalinichenko V.P., Fedorov Yu.A. / Rostov na Donu.: Izd-vo Yuzhny Federalny Universitet, 2012. – 376 s.
3. Lokalnoye protekanie pochvoobrazovatel'nyh protsessov kak faktor korrektsionnykh modelej plodorodiya pochv. / Savich V.I., Naumov V.D., Kotenko M.E., Gukalov V.V., Sedyh V.A. // Mezhdunarodny sel'skokozyajstvenny zhurnal. – 2017. – № 1. – S. 49-53.
4. Savich V.I., Baibekov R.F., Dubenok N.N. Izmeneniye sostoyaniya vodnoy sredy pri vnesenii bolshih doz pometa v derno-podzolistyye pochvy. // Prirodoobustroystvo. – 2013. – № 5. – S. 21-25.
5. Savich V.I. Fiziko-himicheskiye osnovy plodorodiya pochv. Aidarov I.P. Ekologicheskiye osnovy melioratsii zemel. // Prirodoobustroystvo. – 2012. – № 3. – S. 10-16.
6. Aidarov I.P. Ekologicheskiye osnovy melioratsii zemel. // Prirodoobustroystvo. – 2012. – № 3. – S. 10-16.
7. Podvolotskaya G.B., Savich V.I. Svoistva i protsessy poverhnostnyh vod kak kriterij ih ispolzovaniya dlya orosheniya pochv. / Sb. Statej Mezhdunarodnoj mezhdistsiplinarnoj molodezhnoj nauchnoj shkoly-konferentsii «Chelovek i priroda: tehnologii obespecheniya prodovol'stvennoj i ekologicheskoy bezopasnosti». – M.: OOO «MAKS Press», – 2016. – S. 68-69.
8. Bystritskaya T.L., Volkova V.V., Snakin V.V. Pochvennyye rastvory chernozemov i seryh lesnyh pochv. – M.: Nauka, 1981. – 148 s.
9. Zamaraev A.G., Savich V.I. Energo-massoobmen v zvene polevogo sevooborota. – M.: Izd-vo VNIIA im. D.N. Pryanishnikova, – 2005. – 336 s.
10. Svoistva, protsessy, rezhimy merzlotno-taehnyh pochv. / Savich V.I., Hudyakov O.I.,

Chernikov V.A. i dr. – M.: RGAU-MSHA, 2016. – 312 s.

11. Agroekologicheskaya otsenka organo-mineralnyh i kompleksnyh soedinenij pochv. / V.I. Savich, S.P. Torshin, S.L. Belopukhov i dr. / Irkutsk: OOO «Megaprint», 2017. – 298 s.

12. Shilnikov I.A., Sychev V.G. Izvestkovanie, kak factor urozhainosti i pochvennogo plodorodiya. – M.: VNIIA, 2008. – 340 s.

The material was received at the editorial office  
28.11.2018 g.

#### Information about the authors

**Podvolotskaya Guriyat Bagomedovna**, post graduate student, assistant

of the department of soil science, geology and landscape science RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, d. 49; e-mail: guri\_89@mail.ru

**Savich Vitalij Igorevich**, doctor of agricultural sciences, professor of the department of soil science, geology and landscape science RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, d. 49; e-mail: savich.mail@gmail.com

**Tazin Ivan Ivanovich**, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of decorative horticulture and lawn science RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, d. 49.

УДК 502/504:631.4:631.821

DOI 10.34677/1997-6011/2019-2-47-53

#### Г.К. МУТАЛИБОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Российский государственный аграрный университет РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация

#### З.М. МУТАЛИБОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ),  
г. Москва, Российская Федерация

## МЕЛИОРАЦИЯ КИСЛЫХ И ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ КАМНЕДОБЫЧИ ИЗВЕСТНЯКОВ – РАКУШЕЧНИКОВ

*Статья посвящена вопросам оптимизации кислотности почв и очистки загрязненных тяжелыми металлами земель с использованием отходов камнедобычи известняков-ракушечников дагестанских месторождений. Практически треть территории Республики Дагестан представлена почвами, имеющими кислую реакцию. Республика Дагестан имеет крупные месторождения карбонатных пористых горных пород, в которых находятся большие запасы известняков-ракушечников, представляющие собой чистые известняки ( $\text{CaCO}_3$ ) с незначительным содержанием доломита и глин. С химической точки зрения этот материал считается лучшим средством для повышения почвенной кислотности. Известкование является одним из главных приемов улучшения кислых почв. В зависимости от исходных физико-механических свойств горной породы в отходы превращается порядка 40...45% всего объема месторождения. Под отвалы отходов приходится отводить большие площади плодородных земель, увеличивается количество нарушенных территорий. С кислотно-щелочными условиями почв связано также и содержание подвижных форм опасных тяжелых металлов (кадмия и свинца). Анализ полученных данных показал, что при pH 6,5...10 наблюдается максимальное поглощение почвой кадмия, при pH 6...9,5 – свинца. При данных значениях pH свинец менее подвижен, чем кадмий, поскольку подвижность кадмия составляет 0,08, а свинца – около 0,05. При химической мелиорации кислых почв с использованием известняков-ракушечников в дозах, при которых подвижность металлов будет находиться на уровне  $R = 0,05$ , в течение двух лет после известкования можно достичь наименьшего содержания кадмия и свинца в природном почвенном комплексе. При использовании отходов камнедобычи*