

ЛОКАЛЬНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ МИГРАЦИИ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВЕННОМ ПРОФИЛЕ ВО ВРЕМЕНИ И В ПРОСТРАНСТВЕ

В.И. САВИЧ, А.Д. КАШАНСКИЙ, И.И. ТАЗИН, Г.Б. ПОДВОЛОЦКАЯ

(РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева)

Миграция веществ в почвенном профиле существенно определяет их генезис и плодородие, разработку мероприятий по охране почв и повышению урожая сельскохозяйственных культур. Она обусловлена градиентами различных физических полей (гравитационных, магнитных, электрических, полей динамических напряжений, тепловых, концентрационных и т.д.), изменяющихся во времени и в пространстве – на уровне ландшафта, катены, почвенного профиля, мезо- и микрорельефа почв, в системе почва-растение – микроорганизмы – твёрдая фаза – водная и воздушная среда. Однако в почвоведении в основном рассматривают миграцию под влиянием гравитационного поля с учётом движения почвенных растворов вниз по почвенному профилю. С нашей точки зрения миграция должна рассматриваться на разных иерархических уровнях для вещества, энергии и информации.

Миграция веществ в почвенном профиле протекает в горизонтальном и в вертикальном (вверх и вниз) направлениях. Потоки миграции оцениваются по данным лизиметрических исследований и по анализу граней и слоёв структурных отдельностей, по свойствам горизонтов почвенного профиля. Для подзолистых и дерново-подзолистых почв показана значительная доля восходящей миграции (г/м^2 в год): Fe до 0,1–0,6; Ca – 0,2–0,9; Mg – 0,1–0,3; доля боковой миграции (г/м^2 в год): C – 1,0–1,5; Fe – 0,2–0,4; Ca – 0,3–1,8; Mg – 0,1–0,3.

Внешние и внутренние слои структурных отдельностей горизонтов A₂B и B₁ дерново-подзолистых среднесуглинистых почв соответственно отличались по pH, содержанию подвижных K, Ca, Mg, Fe, данным дериватографии. В слабооккультуренной почве внешние слои по сравнению с внутренним слоем имели большее содержание водорастворимого Fe – 0,7 и 0,5 мг/л, соответственно, меньше Ca – 2,5 и 3,5 мг/л, Mg – 3,2 и 4,2 мг/л. В хорошо окультуренной почве внешний слой содержит больше водорастворимых Ca, Mg. Внутренняя часть отдельностей характеризовалась меньшей потерей веса по данным дифференциального термического анализа, чем внешняя, соответственно, 6,0 и 8,4% в интервале 20–100% для слабооккультуренной почвы и 8,4 и 8,9% для хорошо окультуренной. Показано влияние на миграцию веществ электрического поля почв.

Ключевые слова: нисходящая и боковая миграция, лизиметры, дерново-подзолистые почвы, структура почв, факторы миграции.

Введение

Миграция веществ в почвенном профиле в значительной степени определяет генезис и плодородие почв. Однако в настоящее время эти процессы рассматриваются для таёжно-лесной зоны, в основном, для нисходящей миграции и не изучаются на уровне слоёв и граней структурных отдельностей.

В выполненной работе получены экспериментальные данные, уточняющие закономерности протекания миграционных процессов в почве.

Объекты исследования

В качестве объектов исследования выбраны слабо и хорошо окультуренные дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы опытов кафедры растениеводства ТСХА Московской области на покровных отложениях [1].

Лизиметрические исследования проведены на подзолистых и дерново-подзолистых почвах Архангельской области на двучленных отложениях.

Разрез 1 заложен на пологом склоне под косимой залежью, почва дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая карбонатной мореной.

Разрез 1к заложен на равнинном участке пашни. Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая остаточной карбонатная на карбонатной морене.

Разрез 2 заложен на слабонаклонном склоне в сосновом бору. Почва среднеподзолистая песчаная на двучленных отложениях – песок, подстилаемый элювием пермского мергеля.

Разрез 6 заложен на плоской вершине под смешанным лесом. Почва среднеподзолистая легкосуглинистая остаточной карбонатная на карбонатной суглинистой морене.

Разрез 10 заложен на плоском склоне под пашней. Почва дерново-подзолистая супесчаная на двучленных отложениях, супесчаная, подстилаемая элювием мергеля.

Разрез 48 заложен на ровном межгрядовом участке под смешанным лесом. Почва среднеподзолистая супесчаная на двучленных отложениях, супесь, подстилаемая карбонатной мореной.

Методика исследования

Методика исследования состояла в оценке миграции С, Са, Fe, Mg по почвенному профилю с использованием лизиметров для улавливания нисходящей, боковой и восходящей миграции [2,3,4,10].

В определении содержания водорастворимых элементов во внешнем и внутреннем слоях призматических структурных отдельностей горизонтов A_2B и B дерново-подзолистых почв. В оценке их свойств методом дериватографии [1, 5, 7].

Определено движение катионов в почвенном профиле под влиянием электрического поля, локальных изменений влажности и температуры в течение вегетационного периода [6, 7, 8, 9].

Результаты и их обсуждение

Миграция веществ в почвах по направлению, интенсивности и составу мигрантов изменяется локально во времени и в пространстве. Она обусловлена гравитационным полем, электрическими и магнитными полями, градиентом температуры и влажности, плотностью заряда сорбционных мест ППК, разностью концентраций мигрирующих веществ в отдельных мезо- и микрозонах почвенного профиля.

Это обусловлено разным гранулометрическим и минералогическим составом отдельных мезо- и микрозон, горизонтов, отдельных слоёв структурных отдельностей почв и, как следствие, их разной влагоёмкостью, водопроницаемостью, ёмкостью поглощения катионов и анионов и т.д.

Локальность изменения миграционных процессов во времени и в пространстве хорошо иллюстрируется данными А.Д. Кашанского для подзолистых почв на однородных и двучленных отложениях.

В почвах локально во времени и в пространстве происходит нисходящая, восходящая и боковая миграция почвенных растворов, вещества, энергии и информации.

Размер нисходящей миграции веществ в почвенном профиле отличается в отдельных горизонтах почв. При этом следует учитывать, что миграция из-под горизонта A_2 обусловлена токами растворов из A_0 , A_1 и A_2 ; миграция из-под горизонта B обусловлена током растворов из-под A_0 , A_1 , A_2 и B .

Следует отметить, что в условиях северной, центральной и, в меньшей степени, южной тайги при окультуривании почв увеличивается содержание гумуса в A_n , но преобладает его фульватный состав. Это приводит не только к увеличению мощности $A_1 - A_n$, но и к опусканию вниз и к увеличению мощности A_2 и оглеению горизонта.

В почвенном профиле происходит, как правило, и восходящая и нисходящая миграция веществ. Восходящая миграция обусловлена капиллярным поднятием вод и движением вод к слою промерзания, иссушения, засоления.

Ниже приведены данные, полученные А.Д. Кашанским по восходящей миграции Ca, Mg, Fe, в г/м² за год в подзолистых легкосуглинистых почвах Архангельской области.

Таблица 1

Сорбция Fe, Ca, Mg на Al_2O_3 в лизиметрических хроматографических колонках из восходящих токов почвенных растворов в г/м²

Разрез, угодье	Миграция вверх из горизонта	Глубина, см	Fe	Ca	Mg
			При десорбции Al_2O_3 10% HCl		
1 пашня	A_2B	22	0,30	0,48	0,12
	B	30	0,11	0,85	0,13
	B/ск	40	0,07	0,57	0,27
1 залежь	A_2	15	0,39	0,15	Нет
	B_2	60	0,51	0,18	Нет
	B/ск	80	0,39	0,18	0,07

По полученным данным размеры восходящего передвижения Fe, Ca, Mg были значительно ниже их нисходящего выноса. В разрезе на пашне по общему железу в 1,5 раза, по Ca, Mg в 3,4 раза; в разрезе на залежи, соответственно, в 2,3 и в 10,4 раза.

По полученным данным процессы восходящей миграции по железу были ярче выражены на кислых почвах, а по Ca, Mg – на карбонатной морене.

Нисходящая миграция из аккумулятивных горизонтов выше, чем из элювиальных и иногда снова увеличивается для иллювиальных слоёв почвенного профиля. Так, по полученным нами данным, для горизонтов A_0A_1 , A_2 и B дерново-подзолистых и подзолистых почв миграция Fe для разреза 1 составила 0,3; 0,5; 0,3 (при вытеснении из сорбента Al_2O_3 10% HCl) г/м² за год. Для разреза 48–0,8; 0,4; 0,4; для разреза 2–0,6; 0,7; 0,8. Для Ca эти показатели были равны 3,3; 2,9; 2,5; для разреза 6; для разреза 48–0,6; 0,3; 0,6; для разреза 2–0,2; 0,1 и 0,05 г/м². Освоение почв под пашню в связи с нейтрализацией pH привело к уменьшению нисходящей миграции Fe, Ca, S.

Суммарные размеры выноса Ca, Mg, Fe за счёт нисходящей и боковой миграции были значительно выше из горизонта A_2 , чем из залегающих выше горизонтов, залегающих под A_0 , A_n или A_1 .

В подстилающей породе скорость фильтрации резко снижалась, и почвенные растворы обогащались Ca, Mg, Fe за счёт большего времени взаимодействия сорбента и десорбентов гумусовых кислот.

По полученным данным, в почвах с двучленным профилем отмечается значительная боковая миграция органических веществ и связанных с ними Fe, Ca, Mg.

Сорбция углерода, железа, кальция и магния на Al_2O_3 при их боковой миграции в почвах таежно-лесной зоны (г/м^2 , десорбция с Al_2O_3 10% HCl). Экспозиция – 1 год

Разрез, угодье	Глубина, см	Миграция при десорбции с Al_2O_3 10% HCl			
		C	Fe	Ca	Mg
Разрез 48 (смешанный лес)	30–40, горизонт $\text{A}_{2\text{g}}^1$	1,3	0,2	0,4	0,3
Разрез 1 (залежь)	35–45, горизонт A_2^1	1,0	0,2	0,3	0,3
Разрез 2 (сосновый бор)	35–45, горизонт A_2^1	1,7	0,3	0,4	0,1
Разрез 10 (пашня)	45–55, горизонт A_2^1	2,5	0,4	1,8	0,2

Миграция веществ в почвенном профиле происходит и за счёт градиента электрических и магнитных полей. Так, по полученным нами данным, при положительном заряде на поверхности почвы содержание калия на поверхности и у катода на глубине 3,5 см составляло, соответственно, в вытяжке H_2O (мг/л): $9,3 \pm 2,7$ и $3,2 \pm 0,2$; в вытяжке 0,2н HCl – $48,7 \pm 16,2$ и $45,2 \pm 14,6$; при помещении на поверхность катода, а на глубину 3,5 см анода содержание калия в вытяжке H_2O составляло, соответственно, $14,9 \pm 9,3$ и $4,8 \pm 0,2$, в вытяжке HCl – $66,0 \pm 15,3$ и $27,2 \pm 12,3$ мг/л .

Миграция элементов из почв различна не только в разных слоях и горизонтах почв, но и в разных гранях и слоях структурных отдельностей. Так, в ходе проведённых нами исследований в призматических структурных отдельностях горизонта A_2B подзолистых и дерново-подзолистых почв Архангельской области выделялись поверхностно-осветлённый слой, переходный слой и внутренний уплотнённый слой, сходный с горизонтом В.

По гранулометрическому составу эти слои были близки к содержанию фракций в горизонтах A_2 , A_2B и В, соответственно. То есть перераспределение механических элементов между поверхностными и внутренними слоями структурных отдельностей проходило по подзолистому типу почвообразования. Это подтверждается закономерностями изменения в отдельных слоях структурных отдельностей горизонтов A_2B гумусового состояния, физико-химических и агрохимических свойств почв.

Так, во внешних, средних и внутренних слоях призматических структурных отдельностей горизонта A_2B разреза 48 потеря от прокаливания составляла 1,6%; 2,2% и 2,9%; содержание R_2O_3 – 16,4%; 18,3 и 20,6%, соответственно, SiO_2 – 76,1; 74,0 и 71,9%, гумуса – 0,2; 0,3 и 0,4%, $\text{V} \%$ – 74; 79 и 81%, соответственно.

Внешние и внутренние слои структурных отдельностей горизонтов A_2B и В дерново-подзолистых среднесуглинистых почв существенно отличались по рН, содержанию подвижных форм Ca, Mg, K. Так, содержание водорастворимых Fe, Ca, Mg во внешнем и внутреннем слое призматических отдельностей горизонта В (мг/л) составляло, соответственно, в слабоокультуренной почве Fe – 0,7 и 0,5; Ca – 2,6 и 3,5; Mg – 3,2 и 4,2; в хорошо окультуренной почве Ca – 7,6 и 3,8; Mg – 8,6 и 3,9; K – 1,2 и 0,9.

По полученным нами данным внешние и внутренние слои структурных отдельностей горизонта В существенно отличались по данным инфракрасной спектроскопии – по поглощению в области $3000\text{--}3700 \text{ см}^{-1}$; $1700\text{--}1400 \text{ см}^{-1}$. При этом данные отличия были больше в структурных отдельностях горизонта В слабоокультуренной дерново-подзолистой почвы.

Внешние и внутренние слои структурных отдельностей горизонта В дерново-подзолистых почв существенно отличались по буферной ёмкости почв в кислом и щелочном интервалах по зависимости $E_h = f(pH)$ по данным потенциометрического титрования.

По полученным данным внешняя и внутренняя часть структурных отдельностей горизонта A_2B дерново-подзолистых почв хозяйства Михайловское существенно отличались и по данным дериватографии.

Таблица 3

Потеря веса в % при термическом анализе внешних и внутренних слоёв призматических структурных отдельностей дерново-подзолистых среднесуглинистых почв

Слой отдельности	Потери веса (%) при температуре				
	20–250°C	250–380°C	380–640°C	640–1000°C	20–1000°C
Контрольный вариант (слабо окультуренная)					
Внутренняя часть	3,4	0,7	1,5	0,4	6,0
Внешняя часть	3,6	0,8	1,6	0,4	6,4
С внесением удобрений для использования растениями 3% ФАР (хорошо окультуренная)					
Внутренняя часть	5,2	0,7	2,0	0,5	8,4
Внешняя часть	5,4	0,8	2,4	0,5	8,9

Как видно из представленных данных, внешняя часть структурных отдельностей отличается по данным дериватографии от внутренней части, что говорит о миграции веществ в структурной отдельности.

Заключение

Таким образом, в почвенном профиле подзолистых и дерново- подзолистых почв отмечается как нисходящая, так и восходящая миграция органического вещества, Са, Mg, Fe, которая обусловлена градиентом гравитационных, электрических, тепловых полей, влажности и сорбционных свойств почв. Под влиянием разнонаправленных во времени и в пространстве потоков миграции веществ, энергии и информации формируются почвенные горизонты и геохимические барьеры почвенного профиля. Эти потоки идентифицируются на начальной стадии и по анализу граней и слоев структурных отдельностей. Миграционные потоки в почве вещества, энергии и информации во времени и в пространстве определяют локальное изменение свойств почв и их агроэкологическую оценку и должны учитываться в проектах хозяйственного использования почв.

Библиографический список

1. *Замараев, А.Г.* Энергомассообмен в звене полевого севооборота / А.Г. Замараев, В.И. Савич, В.Г. Сычев // М. МСХА. ВНИИА. – 2005. – 334 с.
2. *Кауричев, И.С.* Опыт применения метода сорбционных лизиметров при изучении водной миграции веществ в подзолистых почвах Европейского

Севера / И.С. Кауричев, И.М. Яшин, А.Д. Кашанский // Почвоведение. – 1986. – № 8. – с. 29–41

3. Кашанский, А.Д. Особенности генезиса почв на однородных и двучленных карбонатных породах: Автореф. диссер. ...кандидата с.-х. наук / А.Д. Кашанский. М. – 1972. – 25 с.

4. Савич, В.И. Определение миграции ионов в подзолистых почвах с помощью лизиметрических хроматографических колонок на основе конкурирующего комплексообразования / В.И. Савич, Н.М. Самозван, А.Л. Рыбаков // Сб. Генезис и плодородие почв. – ТСХА. – 1991

5. Савич, В.И. Физико-химические методы исследования системы почва-растение в полевых условиях / В.И. Савич, Е.В. Трубицина, Х.А. Амергужин // Алматы, – 1997. – 178 с.

6. Савич, В.И. Агроэкологическая оценка геофизических полей / В.И. Савич, М.А. Мазиров, В.А. Седых // М. РГАУ-МСХА. ВНИИА. – 2016. – 492 с.

7. Савич, В.И. Свойства, процессы и режимы мерзлотно-таежных почв / В.И. Савич, О.И. Худяков, В.А. Черников // М.РГАУ-МСХА, ВНИИА. – 2016. – 311 с.

8. Савич, В.И. Локальное протекание почвообразовательных процессов, как фактор корректировки моделей плодородия почв / В.И. Савич, В.Д. Наумов, В.В. Гукалов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2017. – № 1. – с. 49–53

9. Савич, В.И. Генетическая и агроэкологическая оценка структуры почв / В.И. Савич, Б.А. Борисов, В.В. Гукалов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2018. – № 3. – с. 24–27

10. Яшин, И.М. Мониторинг процессов миграции и трансформации веществ в почвах / И.М. Яшин // М. РГАУ-МСХА. – 2013. – 182 с.

LOCAL VARIATION OF TIME AND SPACE MIGRATION OF SUBSTANCES IN A SOIL PROFILE

V.I. SAVICH, A.D. KASHANSKY, I.I. TAZIN, G.B. PODVOLOTSKAYA

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The migration of substances in a soil profile essentially determines their genesis and soil fertility, the development of soil conservation measures and the increasing of agricultural crop yield. It is caused by the gradients of different physical fields (gravitational, magnetic, electrical, dynamic stress fields, heat fields, concentrational fields, etc.), which are changing in time and in space on the level of landscape, catena, soil profile, meso- and microrelief of soils, in the systems: soil and plant, microorganisms – solid phase – water and air environment. However, soil science mainly considers migration under the influence of the gravitational field, taking into account the movement of soil solutions down the soil profile. The authors claim that the migration should be considered on different hierarchical levels for substance, energy and information.

The migration of substances in soil profile proceeds both in vertical and horizontal directions (up and down). Migration flows are estimated according to lysimetric studies data and the analysis of the facets and layers of structural units, and the properties of soil profile horizons. Podzolic and sod-podzolic soils feature a significant proportion of upward migration (g/m^2 per year): Fe to 0.1–0.6; Ca – 0.2–0.9; Mg – 0.1–0.3; the proportion of lateral migration (g/m^2 per year): C – 1.0–1.5; Fe – 0.2–0.4; Ca – 0.3–1.8; and Mg – 0.1–0.3.

Outer and inner layers of structural units of A_2B and B_1 horizons of sod-podzolic soils differed in pH, the content of mobile K, Ca, Mg, Fe, and the derivatography data. In a poorly cultivated soil, the outer layers as compared to the inner layer had a higher content of water-soluble

Fe—0.7 and 0.5 mg/l, respectively, less Ca—2.5 and 3.5 mg/l, and Mg—3.2 and 4.2 mg/l. In a well-cultivated soil, the outer layer contains more water-soluble Ca and Mg. The internal part of the units was characterized by less weight loss according to the DTA data as compared with the external part, respectively, 6.0 and 8.4% in the range of 20–100% for a poorly cultivated soil and 8.4 and 8.9% for well-cultivated. The study has shown the impact on the migration of substances of the electrical field of soils.

Key words: downward and lateral migration, lysimeters, sod-podzolic soils, soil structure, migration factors

References

1. Zamarayev, A.G. Energomassoobmen v zvene polevogo sevooborota [Energy mass transfer in the link of field crop rotation] / A.G. Zamarayev, V.I. Savich, V.G. Sychev // M. MSKHA. VNIIA. – 2005. – 334 p.
2. Kaurichev, I.S. Opyt primeneniya metoda sorbtionnykh lizimetrov pri izuchenii vodnoy migratsii veshchestv v podzolistykh pochvakh Yevropeyskogo Severa [Experience of using the method of lysimeter sorption in the study of water migration of substances in podzolic soils of the European North] / I.S. Kaurichev, I.M. Yashin, A.D. Kashanskiy // Pochvovedeniye. – 1986. – No. 8. – Pp. 29–41
3. Kashanskiy, A.D. Osobennosti genezisa pochv na odnorodnykh i dvuchlennykh karbonatnykh porodakh: Avtoref. disser. ...kandidata s.-kh. nauk [Specific features of soil genesis on homogeneous and two-stranded carbonate rocks: Self-review of PhD (Ag) thesis] / A.D. Kashanskiy. M. – 1972. – 25 p.
4. Savich, V.I. Opredeleniye migratsii ionov v podzolistykh pochvakh s pomoshch'yu lizimetricheskikh khromatograficheskikh kolonok na osnove konkuriruyushchego kompleksobrazovaniya [Determination of ion migration in podzolic soils using lysimetric chromatographic columns based on competitive complexation] / V.I. Savich, N.M. Samozvan, A.L. Rybakov // In: Genezis i plodorodiye pochv. – TSKHA. – 1991
5. Savich, V.I. Fiziko-khimicheskiye metody issledovaniya sistemy pochva-rasteniye v polevykh usloviyakh [Physico-chemical methods for studying the soil-plant system in field conditions] / V.I. Savich, Ye.V. Trubitsina, Kh.A. Amerguzhin // Almaty, – 1997. – 178 p.
6. Savich, V.I. Agroekologicheskaya otsenka geofizicheskikh poley [Agroecological assessment of geophysical fields] / V.I. Savich, M.A. Mazirov, V.A. Sedykh // M. RGAU – MSKHA. VNIIA. – 2016. – 492 p.
7. Savich, V.I. Svoystva, protsessy i rezhimy merzlotno-tayezhnykh pochv [Properties, processes and modes of permafrost-taiga soils] / V.I. Savich, O.I. Khudyakov, V.A. Chernikov // M.: RGAU-MSKHA, VNIIA. – 2016. – 311 p.
8. Savich, V.I. Lokal'noye protekaniye pochvoobrazovatel'nykh protsessov, kak faktor korrektyrovki modeley plodorodiya pochv [Local character of soil-forming processes as a factor in the adjustment of soil fertility models] / V.I. Savich, V.D. Naumov, V.V. Gukalov // Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal. – 2017. – No. 1. – Pp. 49–53
9. Savich, V.I. Geneticheskaya i agroekologicheskaya otsenka struktury pochv [Genetic and agroecological assessment of soil structure] / V.I. Savich, B.A. Borisov, V.V. Gukalov // Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal. – 2018. – No. 3. – Pp. 24–27
10. Yashin, I.M. Monitoring protsessov migratsii i transformatsii veshchestv v pochvakh [Monitoring the processes of migration and transformation of substances in soils] / I.M. Yashin // M. RGAU-MSKHA. – 2013. – 182 p.

Савич Виталий Игоревич – профессор кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева), 127550, Россия, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; E-mail: savich.mail@gmail.com; тел.: +7 (905) 501-14-46.

Кашанский Анатолий Данилович – доцент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева), 127550, Россия, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; E-mail: savich.mail@gmail.com; тел.: +7 (905) 501-14-46.

Тазин Иван Иванович – доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева), 127550, Россия, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; E-mail: savich.mail@gmail.com; тел.: (499) 976-05-45.

Подволоцкая Гурят Багомедовна – аспирант, ассистент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева), 127550, Россия, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; E-mail: guri_89@mail.ru; тел.: +7 (926) 070-73-76.

Vitaly I. Savich – Professor of the Department of Soil Science, Geology and Landscape Science, DSc (Ag), Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. E-mail: savich.mail@gmail.com; phone: +7 (905) 501-14-46.

Anatoly D. Kashanskym Associate Professor of the Department of Soil Science, Geology and Landscape Science, PhD (Ag), Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. E-mail: savich.mail@gmail.com; phone: +7 (905) 501-14-46.

Ivan I. Tazin – Associate Professor of the Department of Decorative Horticulture and Law Engineering, PhD (Ag), Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. E-mail: savich.mail@gmail.com; phone: (499) 976-05-45.

Guriyat B. Podvolotskaya – postgraduate student, assistant at the Department of Soil Science, Geology and Landscape Studies, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. E-mail: guri_89@mail.ru; phone: +7 (926) 070-73-76.