



Научная статья

УДК [911. 2. 550.4] 574 (470. 311)

doi: 10.55186/25876740\_2023\_66\_5\_441

## ВЛИЯНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ НА ВОДОСБОРАХ МАЛЫХ РЕК НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОД ХИМИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Т.В. Папаскири<sup>1</sup>, Л.И. Бойценюк<sup>1</sup>, В.С. Груздев<sup>1</sup>,  
С.В. Суслов<sup>1</sup>, М.А. Хрусталева<sup>2</sup>, К.Е. Медведев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
Москва, Россия

**Аннотация.** Для оценки вклада земель с различным типом использования в общий вынос биогенных элементов в малые водоемы, имеющие водохозяйственное значение, на территории Пушкинского городского округа Московской области в 2021-2023 годах проведены исследования содержания подвижных форм элементов в водах малых рек ниже по течению сельскохозяйственных, селитебных территорий в период весеннего половодья, в летний период отбирались пробы пахотного горизонта почвы с полей севооборота и естественная почва, отобранная в ельнике-кисличнике для оценки наличия подвижных форм элементов. Сравнительный анализ показывает, что общая минерализация и содержание подвижных форм биогенных элементов в диффузных стоках с селитебной территории в весенний период в среднем в 1,5...2,5 раза превышают соответствующие показатели стоков с земель лесного фонда. Содержание биогенных элементов, общая минерализация в поверхностных стоках с сельскохозяйственных угодий на которых проведено подзимнее внесение минеральных и органических удобрений под культуру севооборота характеризуется наличием внесенных элементов в количестве в более чем в десять раз превышающих фоновые концентрации. Сравнение содержания подвижных форм элементов в почве различных полей севооборота в летний период показало незначительное превышение содержания растворимых форм калия, фосфатов, во всех полях севооборота над аналогичными значениями для лесных и луговых ландшафтов. Таким образом, вовлечение в сельскохозяйственный оборот земель, прилегающих к водоемам, имеющим водохозяйственное значение требует коррекции сроков и способов внесения удобрений для минимизации смыва в водоемы. Селитебные территории, находящиеся на водосборе малых рек, характеризуются относительно постоянным диффузным стоком биогенных элементов в течении всего года и так же требуют проведения работ по уменьшению диффузного стока.

**Ключевые слова:** земли сельскохозяйственного назначения, поверхностный сток, биогенные элементы

Original article

## THE INFLUENCE OF AGRICULTURAL LAND USE IN THE CATCHMENTS OF SMALL RIVERS ON WATER POLLUTION BY CHEMICAL ELEMENTS

T.V. Papaskiri<sup>1</sup>, L.I. Boytsenyuk<sup>1</sup>, V.S. Gruzdev<sup>1</sup>,  
S.V. Suslov<sup>1</sup>, M.A. Khrustaleva<sup>2</sup>, K.E. Medvedev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

**Abstract.** To assess the contribution of lands with different types of use to the total removal of biogenic elements to small water bodies of water management importance, in the territory of the Pushkin City District in 2021-2023, studies were carried out on the content of mobile forms of elements in the waters of small rivers downstream of agricultural, residential areas in the summer period were selected soil samples of crop rotation fields, forest fund to assess the presence of mobile forms of elements. Comparative analysis shows that diffuse runoff from residential areas is on average 1.5...2.5 times higher than runoff from forest fund lands; than ten times the background concentrations. Comparison of the content of mobile forms of elements in the soil of different crop rotation fields showed an increased content of potassium, phosphates, even in the fallow. Thus, the involvement in agricultural circulation of lands adjacent to water bodies of water management importance must be limited, and the timing and methods of fertilization should be significantly changed to minimize flushing into water bodies.

**Keywords:** agricultural land, surface runoff, biogenic elements

**Введение.** В течение последних нескольких десятилетий на территории Московской области в связи со сменой экономической модели произошло существенное изменение структуры землепользования, резко уменьшилась доля эксплуатируемых земель сельскохозяйственного назначения, зато существенно выросла доля земель селитебных территорий, в результате чего произошла смена источников поступления биогенных элементов [1,2]. Однако, в связи с существующими тенденциями стремления к импортозамещению, наметились возможности вовлечения в сельскохозяйственный оборот длительно не используемых земель, в том числе расположенных на водосборной территории водоемов водохозяйственного и рыбохозяйственного значения, что может существенно повлиять на объем и структуру выноса биогенных элементов в водоемы. В данной работе

на примере Пушкинского городского округа для оценки вклада сельскохозяйственного использования земель в сравнении с территориями лесного фонда, жилой застройки в выносе биогенных элементов с поверхностным стоком были отобраны пробы почв в лесном фонде, землях, находящихся в сельскохозяйственном обороте, а также пробы вод малых рек ниже водосборных территорий с различным типом использования. Сравнение общей минерализации вод весеннего поверхностного стока с водосборами различного типа хозяйственного использования позволяет сравнить их общий вклад в загрязнение поверхностных вод [5].

**Материалы и методы исследований.** С целью оценки выноса биогенных элементов с поверхностным стоком с водосборов имеющих различный тип хозяйственного использования, на территории Пушкинского городского округа

были отобраны пробы вод весеннего половодья, из малых рек — Уча, Серебрянка, ниже водосборов с характерным типом землепользования — естественные леса, селитебная территория, поля севооборота с предзимним внесением основного удобрения под основную культуру севооборота. Также в летний период отбирались средние образцы почвы в различных типах ландшафтов: ельник кисличник, расположенный в верховьях р. Серебрянка, заливной луг, земли сельскохозяйственного использования. По площади с естественным ландшафтом отбирался средний образец почвенного горизонта А0-А1, на полях севооборота по площади отбирался средний образец пахотного горизонта. В лабораторных условиях проводилось количественное определение содержания катионов и анионов в образцах вод половодья, в образцах почвы определение содержания подвижных

форм биогенных элементов проводилось по водной вытяжке 1:10 с помощью метода ионной хроматографии на приборе фирмы JETchrom, с применением методик: природные и сточные воды — ПНД Ф 14.2:4.176 и ПНД Ф 14.1:2.4.167; для почв — ПНД Ф 16.1.8-98.

**Результаты и обсуждение.** Пробы воды отбирали весной 2023 г. на трех пробных площадках:

1. Река Серебрянка у д. Степаньково ниже естественного лесного массива — ельник — кисличник, с примесью березы и осины, на среднесуглинистой, подзолистой почве рис. 1;

2. Река Уча ниже границы жилой застройки г. Пушкино, 500м ниже по течению моста Ярославского шоссе, левый берег;

3. Малый временный водоток ниже д. Ельдигино по границе поля, находящегося в сельскохозяйственном обороте, в состоянии после осеннего внесения навоза и минеральных удобрений под основную обработку почвы рис. 2.

Результаты химического анализа проб воды отобранных в сроки весеннего половодья в водотоках на землях с различным использованием, представлены в табл. 1.

Сравнительный анализ данных табл. 1 показывает, что минимальные концентрации катионов и анионов, минимальная минерализация воды весеннего половодья наблюдается при наличии на водосборной территории естественного лесного ландшафта. Присутствие растворимых форм элементов обеспечивается при их высвобождении в естественном почвенном подзолистом и дерново- подзолистом процессах. На селитебной территории большая часть

образующихся отходов перехватывается канализацией, однако все равно происходит накопление случайных загрязнений различного происхождения, увеличивающих концентрацию по отдельным элементам в 1,5-3 раза, общая минерализация воды в р. Уча ниже г. Пушкино практически в 3 раза выше, чем минерализация воды с водосбора с естественным лесным ландшафтом, с преобладанием в структуре стока хлоридов и сульфатов характерных для различной бытовой химии. Воды, отобранные из малого водотока, ниже поля с внесенными под зиму органическими и минеральными удобрениями, характеризуются увеличением концентрации подвижных форм элементов в 10-20 раз по сравнению с фоновыми значениями. В стоках существенно повышены концентрации калия, хлора, фосфатов, что указывает на одновременное подзимнее внесение кроме навоза калийных и фосфорных минеральных удобрений. Это свидетельствует, что при традиционном способе внесения удобрений под культуры севооборота под осеннюю вспашку, происходит существенная потеря элементов питания и одновременно существенное загрязнение водоемов биогенными элементами.

При исследовании влияния сельскохозяйственного использования земель на количество и состав подвижных форм биогенных элементов летом 2022 г. На территории Пушкинского городского округа Московской области отобраны пробы почвы на следующих пробных площадках:

1 Ельник — кисличник с примесью березы и осины у д. Степаньково на подзолистых, средне-суглинистых почвах, рис. 3, Первый

ярус древостоя представлен елью обыкновенной, имеющей высоту 20...25м, диаметр ствола 15...45 см., второй ярус древостоя состоит из ели высотой 10...15 м, с диаметром ствола 10...15 см. Подлесок слабо развит и представлен в основном рябиной обыкновенной, высотой 0,50...2,50 м., имеется незначительная примесь осины. В подлеске встречается бузина красная, жимолость лесная, бересклет бородавчатый. В лесном массиве кроме преобладающей кислицы в травостое представлены елово-щитовниковые ассоциации. Щитовник мужской имеет высоту 40-50 см., встречаются куртинки живучки ползучей. Из редких растений следует отметить наличие сочевичника весеннего, приуроченного к опушкам и окнам в древостое. Встречается также лютик кашубский, зеленчук желтый, копытень и другие виды. В лесу возобновляется в основном рябина красная, осина и местами ель. Поверхность почвы покрыта сухими листьями и хвоей.

2 Пойменный луг у р. Серебрянка, на дерново-подзолистой среднесуглинистой частично оглеенной почве. В травостое преобладают виды осок, Кострец безостый, Пырей, с примесью Клевера красного, Герани луговой, Василька лугового, Зверобоя продырявленного;

3 Поле у д. Ельдигино с кукурузой на силос, на среднесуглинистой почве, мощность пахотного горизонта 25-27 см;

4 Поле, трехлетняя залежь у д. Степаньково, почва среднесуглинистая, мощность пахотного горизонта 25-28 см. Рис. 2, в травостое преобладает Бодяк полевой (50-80%), присутствует Ежа сборная (15-20%), Кострец безостый, Пырей ползучий, Клевер, Лядвинец, Чина;

5 Поле, черный пар у д. Степаньково, почва среднесуглинистая, мощность пахотного горизонта 25-27 см. В травостое доминирует Бодяк полевой, с примесью ромашки непахучей, подорожника, василька лугового.

Результаты химического анализа водной вытяжки из среднего образца отобранных почв представлены в табл. 2.

Анализ данных табл. 2 показывает, что подзолистый почвенный процесс — точка 1, ельник кисличник, отличающийся низким значением — рН 4,7, в теплый период обеспечивает наличие в почвенном профиле содержание подвижных форм биогенных элементов сравнимое с окультуренными почвами, находящимися в сельскохозяйственном обороте. Наличие подвижных форм биогенных элементов в данном случае определяется частично смывом с кроны деревьев дождевыми водами [3,4,6], а также собственно подзолистым, дерново-подзолистым почвенным процессом. Источником подвижных форм в данном случае служит биологическая переработка листового и хвойного опада. В вытяжке присутствуют основные биогенные элементы на некотором минимуме, определяемом скоростью разложения органики сапрофитами.



Рисунок 1. Место отбора проб поверхностных вод с пашни  
Figure 1. Place of sampling of surface waters from arable land



Рисунок 2. Место отбора проб поверхностных стоков с поля  
Figure 2. Sampling site for surface runoff from the field

Таблица 1. Содержание катионов и анионов в воде малых рек половодья 2023 г., мг/л  
Table 1. The content of cations and anions in the water of small rivers during the flood of 2023, mg/l

№	Na	NH <sub>4</sub>	K	Mg	Ca	Cl	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>4</sub>	Общ. Мин.	pH
1	20,2	-	2,56	7,43	26,36	16,7	-	6,11	0,45	9,44	72	6,78
2	33,2	-	4,7	17,9	65,9	49,66	0,66	15,04	0,65	19,43	200	7,68
3	194,3	115,1	471,0	71,8	131,3	149,4	-	19,09	143,7	36,19	1568	7,11



На заливном лугу преобладает дерново — подзолистый процесс с признаками оглеения, что в свою очередь является следствием постоянно повышенного увлажнения почвенного профиля, характеризуется слабокислой реакцией почвенного раствора (рН 6,5) и более высокой эффективностью разложения органики, о чем можно судить по более высокой минерализации, в среднем 1,5 раза по элементам выше, чем в случае подзолистого процесса в ельнике кисличнике.

Для пахотных земель севооборота характерно увеличение количества подвижных форм биогенных элементов, что определяется ежегодным внесением под культуры севооборота органических и минеральных удобрений. Часть вносимых минеральных удобрений, особенно характерно для фосфорных удобрений, переходит в малорастворимые формы, способные длительно сохраняться в почвенном профиле и частично переходить в растворимые формы в течение длительного времени после внесения. По избытку валового и растворимых форм биогенных элементов, содержащую различные анионов и катионов в почвенном растворе в концентрациях превышающих показатели характерные для естественного почвенного процесса, можно определить количество и номенклатуру минеральных удобрений, внесенных ранее под культуры севооборота, что позволяет оценить степень окультуренности земель [7]. Превышение над фоном концентраций калия, нитратов, фосфатов, сульфатов, типично для внесения минеральных удобрений — хлорида и сульфата калия, нитратов, в то же время аммонийный азот присутствует в свободной форме в залежи, как и в лесу, что свидетельствует о происхождении аммонийных форм азота в результате естественного почвенного процесса [8]. Поскольку в образцах пахотных почв прослеживается повышенное содержание калия, сульфатов, фосфатов, даже в трехлетней залежи, имеет место последствие длительного внесения минеральных удобрений и их накопления в почвенном профиле. Интенсивное развитие полевых культур в летний период приводит к снижению содержания подвижных форм биогенных элементов в почвенном профиле благодаря использованию их растениями и их концентрации не достигают значений, существенно превышающих типичные для естественного почвенного процесса. Таким образом, можно констатировать что в период активного развития растений подвижные формы биогенных элементов в почвенном растворе на всех исследованных типах естественных почв и почв земель, находящихся в сельскохозяйственном обороте, различаются не более чем в 1,5 раза и опасность смыва поверхностными водами в сколько ни будь существенных количествах минимальна и не представляет угрозы для качества вод.



Рисунок 3. Ельник кисличник  
Figure 3. Fir-tree sorrel



Рисунок 4. Трехлетняя залежь  
Figure 4. Three-year deposit

Таблица 2. Содержание анионов и катионов в водной вытяжке образцов почв, мг/л  
Table 2. The content of anions and cations in the water extract of soil samples, mg/l

№	Na	NH <sub>4</sub>	K	Mg	Ca	Cl	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>4</sub>	Общая минерализация	pH
1.	13,05	1,23	3,70	3,40	16,42	3,72	10,41	0,68	5,18	40	4,7
2.	15,20	0,85	2,73	4,38	18,71	3,71	10,43	0,66	5,18	57	6,5
3.	15,19	0,93	4,17	3,73	18,34	5,48	7,30	2,43	10,60	39	6,7
4.	15,85	0,91	5,53	3,87	18,71	9,19	6,74	0,99	11,41	9,3	7,0
5.	10,50	0,82	5,52	3,94	16,04	8,51	6,31	2,42	8,79	18	7,1



**Выводы.** При ведении сельского хозяйства для обеспечения запланированной урожайности культур севооборота в зависимости от биологических особенностей выращиваемой культуры производится внесение удобрений как органических, под основную культуру севооборота, так и минеральных. Схема внесения удобрений различна для разных культур, в Пушкинском городском округе хозяйство выращивает в основном кормовые культуры, кукурузу, картофель, свеклу, многолетние травы для обеспечения кормами животноводства. Повышенное содержание растворимых форм биогенных элементов фосфатов, сульфатов, калия в пахотных землях, в том числе и в залежи, позволяет утверждать, что постоянное внесение химических и органических удобрений под культуры севооборота приводит к их частичной иммобилизации и накоплению малорастворимых форм, способных длительно переходить в почвенный раствор. В период активной вегетации происходит активное поглощение доступных форм питательных веществ растениями, поэтому в почвенном профиле отсутствуют высокие концентрации подвижных форм элементов, что в свою очередь существенно снижает риск смыва с полей биогенных элементов в водоемы поверхностным стоком. Существенный избыток подвижных форм биогенных элементов в поверхностных водах отобранных в малом водотоке ниже сельскохозяйственных земель, наблюдается только в ранневесенний период на полях, где проводилось основное внесение органических и минеральных удобрений под вспашку в осенний период. Смыв внесенных удобрений талыми водами с одной стороны приводит к потере урожайности выращиваемых культур, с другой вызывает существенное биогенное загрязнение водоемов в ранневесенний период. Вклад селитбных территорий в диффузный сток биогенных элементов в весенний период оказывается существенно меньше, чем в случае сельскохозяйственного использования земель, но если в случае земель сельскохозяйственного назначения летний сток существенно сокращается, то для селитбных территорий источник

загрязнения сохраняется в течение всего года и с уменьшением объема стока в летний период увеличивается общая минерализация, то есть отсутствуют сезонные пики поступления. Уменьшить негативное влияние растениеводства на качество поверхностных вод можно изменением сроков и способов внесения удобрений, направленной на уменьшение выноса их талыми и дождевыми водами в весенний период. Снизить поступление биогенных элементов с полей может так же создание в водоохранных зонах водоемов лесных массивов, обладающих наибольшей поглотительной способностью, лесополоса шириной 9 метров способна задержать до 90% твердых продуктов смыва, лесополоса шириной 14 метров задерживает до 100% твердых продуктов смыва. Лесополоса шириной 20 метров задерживает весь твердый сток и до 60% растворимых веществ [8].

#### Список источников

1. М.А. Терешина, О.Н. Ерина, Д.И. Соколов, Л.Е. Ефимова, Н.С. Касимов Биогенные вещества в р. Москве в условиях сильного загрязнения и минимальной самоочищающей способности / Четвертые виноградовские чтения. Гидрология от познания к мировоззрению. Сборник докладов международной научной конференции памяти выдающегося русского ученого Юрия Борисовича Виноградова. Санкт-Петербургский государственный университет. Санкт-Петербург: ВВМ. 2020. С. 799-804.
2. Даченко Ю.С. Влияние Ивановского водохранилища на качество волжского источника водоснабжения г. Москвы // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2021. № 5. С. 124-130.
3. Папаскири Т.В., Пивень Е.А., Касьянов А.Е., Кучер Д.Е., Шевчук А.А. Исследование процессов вымывания химических веществ из дерново-подзолистой суглинистой и супесчаной почв // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. Том 66, № 1 (391). С. 24-26.
4. Суслов С.В., Груздева Л.П., Груздев В.С., Хрусталева М.А. Влияние химического состава снега водохранилищ зон Учинского и Пестовского водохранилищ на качество вод // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 1. С. 13-15.
5. Живетина А.В., Нохрин Д.Ю., Дерхо М.А., Мухамедьярова Л.Г. Сезонные особенности химического состава и качества воды в водохранилище руслового типа // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского Биология. Химия. Том 7(73). 2021. № 1. С. 259-276.

6. Сухановский Ю.П., Прущик В.А., Вытовтов В.А., Титов А.Г. Применение метода дождевания для исследования выноса из почвы биогенных веществ и тяжелых металлов // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 4. С. 363-366.

7. Долгов С.В., Коронкевич Н.И. Современные изменения выноса биогенных веществ в реки бассейна Волги на юге лесной зоны // Известия РАН. Серия географическая. 2019. № 5. С. 43-55.

8. Побединский А.В. Водоохранная и почвозащитная роль лесов: изд. 2-е Пушкино: ВНИИЛМ, 2013. 208 с.

#### References

1. M.A. Tereshina, O.N. Erina, D.I. Sokolov, L.E. Efimova, N.S. Kasimov (2020). Nutrients in the river. Moscow in conditions of severe pollution and minimal self-cleaning ability. Fourth Vinogradov Readings. Hydrology from knowledge to worldview. collection of reports of the international scientific conference in memory of the outstanding Russian scientist Yuri Borisovich Vinogradov, St. Petersburg State University, VVM, pp.799-804.
2. Datsenko Yu.S. (2021). Influence of the Ivankovo reservoir on the quality of the Volga source of water supply in Moscow. Bulletin of Moscow University, ser. 5, geogr., no. 5, pp. 124-130.
3. Papaskiri T.V., Piven E.A., Kasyanov A.E., Kucher D.E., Shevchuk A.A. (2023). Investigation of the processes of chemical substances leaching from soddy-podzolic loamy and sandy soils. International Agricultural Journal, vol. 66, no. 1 (391), pp. 24-26.
4. Suslov S.V., Gruzdeva L.P., Gruzdev V.S., Khrustaleva M.A. (2019). Influence of the chemical composition of snow in the water protection zones of the Uchinsky and Pestovsky reservoirs on water quality. Reclamation and water management, no. 1, pp. 13-15.
5. Zhivetina A.V., Nokhrin D.Yu., Derkho M.A., Mukhamedyarova L.G. (2021). Seasonal features of the chemical composition and quality of water in a channel-type reservoir. Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky Biology, Chemistry, vol. 7(73), no. 1, pp. 259-276.
6. Sukhanovsky Yu.P., Prushchik V.A., Vytovtov V.A., Titov A.G. (2022). Application of the sprinkling method to study the removal of biogenic substances and heavy metals from the soil. International Agricultural Journal, no. 4, pp. 363-366.
7. Dolgov S.V., Koronkevich N.I. (2019). Modern changes in the removal of nutrients into the rivers of the Volga basin in the south of the forest zone. Izvestiya RAN. Geographic series, no. 5, pp. 43-55.
8. Pobedinsky A.V. (2013). Water-protective and soil-protective role of forests: ed. 2nd, Pushkino: VNIILM, 208 p.

#### Информация об авторах:

**Папаскири Тимур Валикович**, доктор экономических наук, профессор, врио ректора, Государственный университет по землеустройству, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3780-9060>, [t\\_papaskiri@mail.ru](mailto:t_papaskiri@mail.ru)

**Бойценюк Леонид Иосифович**, доктор сельскохозяйственных наук, кандидат биологических наук, профессор кафедры цифрового земледелия и ландшафтного проектирования, Государственный университет по землеустройству, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6098-0755>, [lebojoj@yandex.ru](mailto:lebojoj@yandex.ru)

**Груздев Владимир Станиславович**, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой строительства, Государственный университет по землеустройству, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6098-0755>, [Gruzdev-vladimir@yandex.ru](mailto:Gruzdev-vladimir@yandex.ru)

**Суслов Сергей Владимирович**, кандидат географических наук, доцент кафедры цифрового земледелия и ландшафтного проектирования, Государственный университет по землеустройству, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7286-042X>, [sus2014.sus@yandex.ru](mailto:sus2014.sus@yandex.ru)

**Хрусталева Марина Антоновна**, кандидат географических наук, с.н.с. кафедры физической географии и ландшафтоведения, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0129-5635>, [marinahrust@rambler.ru](mailto:marinahrust@rambler.ru)

**Медведев Кирилл Евгеньевич**, соискатель кафедры цифрового земледелия и ландшафтного проектирования, Государственный университет по землеустройству

#### Information about the authors:

**Timur V. Papaskiri**, doctor of economic sciences, professor, acting rector, State University of Land Use Planning, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3780-9060>, [t\\_papaskiri@mail.ru](mailto:t_papaskiri@mail.ru)

**Leonid I. Boytsenyuk**, doctor of agricultural sciences, candidate of biological sciences, professor of the department of digital farming and landscape design, State University of Land Use Planning, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6098-0755>, [lebojoj@yandex.ru](mailto:lebojoj@yandex.ru)

**Vladimir S. Gruzdev**, doctor of geography, professor, head of the department of civil engineering, State University of Land Use Planning, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6098-0755>, [Gruzdev-vladimir@yandex.ru](mailto:Gruzdev-vladimir@yandex.ru)

**Sergey V. Suslov**, candidate of geographical sciences, associate professor of the department of digital farming and landscape design, State University of Land Use Planning, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7286-042X>, [sus2014.sus@yandex.ru](mailto:sus2014.sus@yandex.ru)

**Maria A. Khrustaleva**, candidate of geographical sciences, senior researcher department of physical geography and landscape science, Lomonosov Moscow State University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0129-5635>, [marinahrust@rambler.ru](mailto:marinahrust@rambler.ru)

**Kirill E. Medvedev**, applicant of the department of digital agriculture and landscape design, State University of Land Use Planning