

5. Сычев В.Г., Шевцова Л.К., Мерзлая Г.Е. Исследование динамики и баланса гумуса при длительном применении систем удобрения на основных типах почв // *Агрохимия*. – 2018. – №2. – С. 3–21.
6. Турина Е.Л. Значение сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) и обоснование актуальности исследований с ним в Центральной степи Крыма (обзор) // *Таврический вестник аграрной науки*. – 2020. – №1. – С. 100–121.
7. Турин Е.Н. Преимущества и недостатки системы земледелия прямого посева в мире (обзор) // *Таврический вестник аграрной науки*. – 2020. – №2. – С. 150–168.
8. Турина Е.Л., Прахова Т.Я., Турин Е.Н., Зубоченко А.А., Прахов В.А. Оценка сортообразцов рыжика озимого по экологической адаптивности // *Сельскохозяйственная биология*. – 2020. – № 3(55). – С. 564–572.
9. Babitsky L.F., Sobolevsky I.V., Kuklin V.A. Bionic modelling of the working bodies of machines for surface tillage // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. – 2020. – №402. – P. 012241.
10. Gimenez V.D., Miralles D.J., Garcia G.A., Serrago R.A. Can crop management reduce the negative effects of warm nights on wheat yield? // *Field crops research*. – 2021. – №261. – P. 108010.
11. Li X.M., Zhao W.X., Li J.S. Maximizing water productivity of winter wheat by managing zones of variable rate irrigation at different deficit levels // *Agricultural water management*. – 2019. – №5(216). – P. 153–163.
12. Pashtetskiy V.S., Turin E.N., Izotov A.M., Abdurashytov S.F., Gongalo A.A., Zhenchenko K.G. Effect of *Pisum sativum* L. seed treatment with the complex of microbiological preparation on the plants' growth and development under direct sowing // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. – 2020. – No. 422. – P. 012–028.
13. Tian C., Zhou X., Liu Q., Peng J.W., Zhang Z.H., Song H.X., Ding Z.L., Zhan M.A., Eissa M.A. Increasing yield, quality and profitability of winter oilseed rape (*Brassica napus*) under combinations of nutrient levels in fertiliser and planting density // *Crop & Pasture science*. – 2020. – №12 – P. 123–131.
14. Vollrath P., Chawla H.S., Schiessl S.V., Gabur I., Lee H., Snowdon R., Obermeier C. A. Novel deletion in flowering locus modulates flowering time in winter oilseed rape // *Theoretical and applied genetics*. – 2021. – №1 – P. 564–570.

RESULTS OF STUDYING WINTER RAPESEED (*BRASSICA NAPUS*) AND WINTER WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM*) IN THE STATIONARY EXPERIMENT CONDUCTED IN THE CENTRAL STEPPE OF THE CRIMEA

V.S. Pashtetskiy, E.N. Turin, K.G. Zhenchenko, A.V. Prihodko
FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”, 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea,
295493, Russia, e-mail: turin_e@niishk.ru

*The long-term stationary field experiment was conducted in the central steppe of the Crimean Peninsula; soil – chernozem southern low humic. The research was carried out in 2008–2015. The object of the research – “black” fallow and winter wheat afterharvest residues which served as preceding crop when winter rapeseed (*Brassica napus*) followed them. Furthermore, we studied the rapeseed as a preceding crop for winter wheat and compared *Brassica napus* and the most common preceding crops for *Triticum aestivum*. The amount of moisture during two crop rotations when rapeseed followed “black” fallow in the 0–20 and 0–100 cm soil layer was 10.2 and 58.3 mm, respectively. This indicator was twice less when rapeseed followed winter wheat afterharvest residues, namely 5.1 and 27.4 mm. In a depth of one metre of soil, winter wheat cultivated after bare fallow had the identical amount of productive moisture as rapeseed that followed the same preceding crop. Moreover, productive moisture stock in the arable soil layer (0–20 cm) was 2.3 mm more. Black fallow is more favourable preceding crop for the growth and development of winter rapeseed than winter wheat crop residues. On average, the yield of winter *Brassica napus* for two rotations was 19.8 and 12.1 cwt/ha. For a similar period, the yield of winter wheat followed grain legumes and rapeseed was nearly the same – 31.7 and 31.4 cwt/ha; the yield of winter wheat followed the afterharvest residues was slightly lower – 29.4 cwt/ha.*

*Keywords: winter wheat (*Triticum aestivum*), winter rapeseed (*Brassica napus*), preceding crop, productive moisture, yield*

УДК 631.45 : 631.445.24

DOI: 10.25680/S19948603.2022.124.19

ИТОГИ 35-ЛЕТНЕГО ИЗУЧЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ТЕХНОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ НА СВОЙСТВА ГУМУСА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

М.Ф. Овчинникова, д.б.н., Учебно-опытный почвенно-экологический центр
МГУ им. М.В. Ломоносова,
e-mail: biochem.ovchinnikova@yandex.ru

Представлены итоговые материалы 35-летнего изучения характеристик гумуса дерново-подзолистой почвы при действии техногенного фактора. Прослежено варьирование во времени степени выраженности деградиционных изменений параметров с учетом влияния иных, кроме техногенного, факторов (агрогенного, гидрологического). Наибольшее проявление признаков дегградации гумусовой системы зафиксировано через год после прокладки трассы (1986 г.) в условиях преобладания техногенных воздействий. В последующие сроки в слое 0–20 см наблюдалось постепенное снижение контрастности в свойствах контрольной и техногенной почв, в слое 20–40 см – их возрастание вследствие образования вымочек вдоль трассы МТ и ухудшение условий гумификации.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, техногенная дегградация, гумусовые кислоты, стадии гумификации.

Для цитирования: Овчинникова М.Ф. Итоги 35-летнего изучения последствий техногенного влияния на свойства гумуса дерново-подзолистой почвы // *Плодородие*. – 2022. – №1. – С. 72–75. DOI: 10.25680/S19948603.2022.124.19.

Среди негативных проблем сельскохозяйственного производства следует отметить увеличение площади брошенных земель вследствие нерационального использования агроландшафтов и снижения продуктивной способности почв. На современном этапе проблема в значительной степени усугубляется в связи с возрастанием влияния техногенных факторов промышленного значения, в частности, строительства газо- и нефтепро-

водов на сельскохозяйственных землях. Строительство трасс сопряжено с глубоким нарушением почвенного покрова (2,0–2,3 м) и формированием техногенных почв, наследующих неблагоприятные для сельскохозяйственных культур свойства иллювиальных горизонтов, почвообразующей и подстилающей пород. В этих условиях отчетливо проявляется существенное ухудшение одного из значимых факторов гумификации –

состава и соотношения гранулометрических фракций с утяжелением состава (в основном за счет илистых частиц). Значительное ослабление процесса гумификации с изменением его направленности связано также с негативными изменениями таких факторов гумификации как параметры ППК (кислотность и содержание обменных оснований). В техногенных почвах разных природных зон зафиксировано снижение уровня гумусированности, что особенно характерно для верхних слоев [3, 5, 8, 9]. Изменение интенсивности отдельных стадий гумификации, особенности трансформации групп и фракций гумусовых веществ при техногенных воздействиях, изучены недостаточно, несмотря на их значимость в решении вопросов рекультивации техногенных почв.

Методика. Исследование проводили на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве восточной части территории Учебно-опытного почвенно-экологического центра МГУ им. М.В. Ломоносова. Почвообразующая порода – покровные суглинки на моренных отложениях. Материнская и подстилая породы характеризуются кислой реакцией. Исследуемый участок – производственное поле площадью 17 га, через которое в 1985 г. проложили траншею магистрального трубопровода (глубина 2-2,3 м, ширина 2 м). До 2000 г. поле находилось в структуре 4-польного зернотравяно-пропашного севооборота. В 1986-1995 г. на всей площади поля (в том числе на участках, нарушенных строительством МТ) были проведены двукратное известкование, внесение органических и минеральных удобрений. С 1996 г. агрохимические средства не применялись. В 2000 г. поле вывели из структуры севооборота и по настоящее время оно занято злаково-бобовыми травосмесями с периодическим проведением поверхностной обработки почвы (дискование) и кошением трав. Образцы почв отбирали на участках, нарушенных строительством МТ (трасса), и не затронутых строительством (контроль). Отбор образцов с глубины 0-20 и 20-40 см в пятикратной повторности проводили через 1 год, 10, 15, 30 и 35 лет после строительства МТ. В образцах определяли содержание гумуса, рН солевой вытяжки, гидролитическую кислотность, сумму обменных оснований общепринятыми методами [7], групповой и фракционный состав гумуса по [6]. По результатам анализа фракционного состава гумусовых кислот рассчитывали показатели интенсивности новообразования гуминовых кислот (ГК) и формирования гуматов [4]. Статистическую обработку результатов проводили методом вариационного анализа [2].

Результаты и их обсуждение. В течение 35-летнего изучения последствий строительства трассы МТ на дерново-подзолистой почве производственного поля прослежено существенное варьирование количественных и качественных характеристик гумуса в техногенной почве, что в значительной мере определялось ослаблением степени техногенных воздействий и влиянием иных, кроме техногенного, факторов (агрогенного, гидрологического). Меньшая степень варьирования характеристик гумуса свойственна контрольной почве, испытывавшей в основном влияние агрогенных факторов. Изменение во времени экологической ситуации в каждом из объектов определяла степень различий показателей между почвами и, соответственно, степень выраженности признаков техногенной деградации гумуса. Отчетливо выраженная контрастность контрольной и

техногенной почв по содержанию гумуса и его качеству зафиксирована через год после строительства трассы (1986 г.) в условиях техногенных воздействий, не осложненных влиянием иных факторов. По содержанию гумуса в слое 40-см техногенная почва в этот период уступала контрольной на 58-61%, что сопряжено с глубоким ухудшением качественных характеристик (см. табл.). Для этого периода характерно существенное ослабление обеих стадий гумификации – новообразования гумусовых структур и формирования гуматов, что привело к заметному снижению в составе гумуса техногенной почвы агрономически ценных фракций $ГК_1$ (на 53-61%) и $ГК_2$ (на 71-72%). Ослабление стадий гумификации в значительной степени связано с явно выраженными негативными изменениями параметров ППК – факторов гумификации, влияющих на характер этих процессов. Заметное повышение показателей кислотности, особенно гидролитической, превысившей контрольные значения на 36-46% (рис.), способствовало усилению реакций гидролиза, снижению количества новообразованных ГК и возрастанию количества фульвокислот. При снижении содержания обменных оснований (на 19-31%) отмечено 3,5-3,6-кратное ослабление синтеза гуматов. Ухудшение качества гумуса техногенной почвы на уровне групп гумусовых веществ в этот период четко диагностировано по снижению степени гумификации на 46-52%, неблагоприятной смене типа гумуса – фульватно-гуматного или фульватного на очень фульватный.

В последующие сроки исследования (1995, 2000 г.) отмечена тенденция к снижению контрастности характеристик гумуса в слое 0-20 см контрольной и техногенной почв. Это связано с проведением мероприятий по рекультивации техногенной почвы и позитивными изменениями показателей в слое 0-20 см. В то же время в контрольной почве прослежено ухудшение качества гумуса (в основном в виде тенденции) в связи с отменой агрохимических средств. В период длительного возделывания травосмесей (2000-2020 г.) в профиле контрольной почвы отмечена стабилизация показателей, однако, на уровне, более низком по сравнению с исходным состоянием. Это рассматривается как длительное использование почвы без применения агрохимических средств, однако с сохранением явного преимущества перед техногенной почвой по всем показателям.

В слое 20-40 см контрастность почв в период с 1986 по 2000 г. по всем показателям качества гумуса оставалась на высоком уровне вследствие образования вымочек вдоль трассы МТ, развития процесса оглеения в нижней части техногенного профиля с менее контрастным режимом увлажнения. Ухудшение качества гумуса в слое 20-40 см техногенной почвы охарактеризовано по 1,7-1,9-кратному снижению общего количества ГК, усилению признака фульватности гумуса, смене фульватного типа гумуса на очень фульватный, полному ингибированию процесса формирования гуматов и отсутствию фракции $ГК_2$ (табл.).

По содержанию фракции $ГК_1$ в слое 20-40 см техногенная почва уступала контрольной в 1,5 раза, в то же время по уровню гидролитической кислотности превосходила в 1,6-1,7 раза. Для этого слоя выявлена сильная отрицательная корреляционная взаимосвязь содержания $ГК_1$ и гидролитической кислотности ($r=-0,80$). В

слое 0-20 см взаимосвязь этих показателей также отрицательная, но выражена в меньшей степени ($r=-0,44$) и охарактеризована как средняя. Негативные изменения показателей качества гумуса в слое 20-40 см техногенной почвы прослежены до конца периода исследований с тенденцией к незначительным позитивным изменени-

ям в период многолетнего возделывания травосмесей. Следует отметить, что в этот период (2015, 2020 г.) в слое 20-40 см техногенной почвы появились гуматы, что предположительно связано с биологической аккумуляцией корневой системой трав обменных оснований и сокращением их выноса [1].

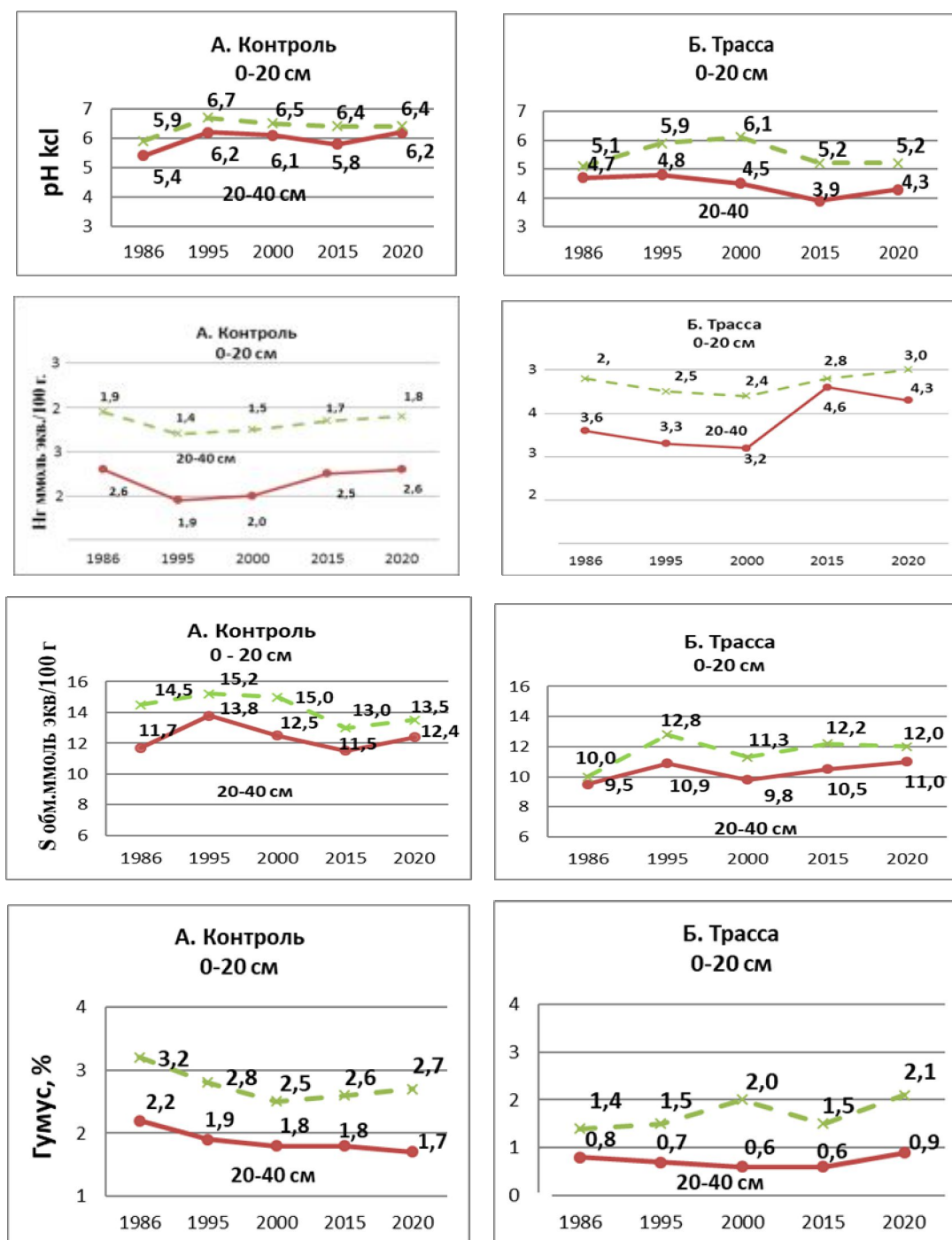


Рис. Химические свойства дерново-подзолистых почв контрольных (А) и нарушенных строительством МТ (Б) участков в слоях 0-20 и 20-40 см

Заключение. В течение 35-летнего изучения последствий техногенного влияния на свойства гумуса дерново-подзолистой почвы прослежено существенное варьирование количественных и качественных характеристик гумуса техногенной почвы по сравнению с контрольной, в зависимости от специфики экологической ситуации. Ослабление со временем техногенных воздействий и дополнительное влияние факторов иной природы (агрогенного и гидрологического) определили проявление разной степени выраженности признаков деградацион-

ной трансформации гумуса. Максимальное ухудшение свойств гумуса техногенной почвы зафиксировано через год после прокладки трассы (1986 г.) в условиях доминирования техногенных воздействий, не осложненных влиянием факторов иной природы. Для этого периода характерны наибольшее снижение содержания гумуса (на 57-68%) и максимально выраженные по всем показателям признаки ухудшения его качества.

В последующие сроки исследования отмечена тенденция к снижению контрастности свойств гумуса тех-

ногенной и контрольной почв в слое 0-20 см, что в значительной степени определялось спецификой экологической ситуации в каждом из объектов.

В слое 20-40 см контрастность свойств гумуса контрольной и техногенной почв на протяжении всего пе-

риода исследований оставалась на высоком уровне вследствие образования вымочек вдоль трассы МТ и ухудшения условий гумификации в нижней части техногенного профиля с проявлением вторичных деградиционных процессов химической природы.

Состав гумуса и гумусовых кислот в дерново-подзолистой почве, нарушенной строительством трассы МТ

Год	Глубина слоя, см	С _{общ.}	% от С _{общ.}						С _{ГК} С _{Фк}	С _{ГК₁} С _{Фк₁}	С _{ГК₂} С _{Фк₂}
			С _{Гк}			С _{Фк}		С _{но}			
			ГК ₁	ГК ₂	Всего	ФК _{1а}	Всего				
Контроль											
1986	0-20	1,87	21,3	7,0	34,7	6,6	34,0	31,3	1,02	1,85	0,67
	20-40	1,25	15,0	4,3	25,0	8,0	38,0	37,0	0,66	1,63	0,29
1995	0-20	1,60	16,1	9,5	33,1	6,0	36,0	30,9	0,92	1,44	0,74
	20-40	1,13	11,0	5,2	22,7	8,5	38,2	39,1	0,59	1,11	0,43
2000	0-20	1,43	14,8	7,5	29,6	6,6	35,8	34,6	0,83	1,35	0,58
	20-40	1,07	9,1	4,0	19,6	11,4	40,6	39,8	0,48	1,03	0,30
2015	0-20	1,50	9,5	8,1	24,7	6,8	34,8	40,5	0,71	1,06	0,63
	20-40	1,08	8,0	5,5	20,5	7,8	36,7	42,8	0,56	0,86	0,39
2020 НСП ₀₅	0-20	1,56	10,0	9,0	25,9	6,2	34,0	40,1	0,76	1,17	0,67
	20-40	1,00	8,2	5,9	20,7	8,0	35,8	43,5	0,58	0,91	0,36
	0-20	0,11	2,2	0,5	2,4	0,3	0,7	2,2	0,06	0,14	0,03
	20-40	0,07	2,0	0,4	1,5	1,0	1,3	1,2	0,03	0,14	0,03
Трасса											
1986	0-20	0,79	8,3	2,0	16,6	10,5	42,9	40,5	0,39	0,75	0,13
	20-40	0,48	7,0	1,2	13,5	12,2	45,0	41,5	0,30	0,71	0,07
1995	0-20	0,89	11,4	2,5	20,6	9,7	42,0	37,4	0,49	1,08	0,17
	20-40	0,41	7,4	Следы	13,0	15,9	47,8	39,2	0,27	1,06	-
2000	0-20	1,14	12,0	3,3	23,6	10,7	41,8	34,6	0,56	1,15	0,23
	20-40	0,34	6,1	Следы	11,8	18,5	49,2	39,0	0,24	0,95	-
2015	0-20	0,90	9,7	5,6	22,5	8,9	41,2	36,3	0,55	0,88	0,36
	20-40	0,37	5,3	2,8	15,4	13,3	44,5	40,1	0,35	0,56	0,18
2020	0-20	1,23	11,2	6,0	24,0	7,5	38,5	37,5	0,62	0,93	0,40
	20-40	0,55	4,4	2,6	13,0	14,0	43,8	43,2	0,30	0,54	0,17
НСП ₀₅	0-20	0,12	0,7	0,9	1,5	0,6	0,7	1,0	0,04	0,18	0,05
	20-40	0,08	0,5	-	1,5	1,1	1,1	0,8	0,02	0,10	-

Литература

1. Владыченский А.С., Телеснина В.М. Сравнительная характеристика постагрогенных почв южной тайги // Вестник Моск. ун-та. Сер.17. Почвоведение. – 2007. – №4. – С.3-10.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М., 2011. – 392 с.
3. Карпачевский Л.О., Горошевский А.В., Зубкова Т.А. Взаимодействие почв и газопроводов // Почвоведение. – 2011. – №3. – С. 365-372.
4. Овчинникова М.Ф. Признаки природной устойчивости и агрогенной трансформации гумуса почв // Почвоведение. – 2013. – №12. – С. 1449-1463.
5. Парамонова Т.А., Горбунова И.А., Шамигурина Е.Н. Оценка дегградации и загрязнения земель магистрального трубопроводного транспорта на территории Ярославской области // Закономерности измене-

ния почв при антропогенных воздействиях и регулирование состояния и функционирования почвенного покрова. Материалы Всероссийской научной конференции. – М.: Почв. ин-т им. В.В.Докучаева, 2011. – С. 605-609.

6. Пономарева В.В., Плотнокова Т.А. Гумус и почвообразование. – Л.: Наука, 1980. – 221 с.
7. Практикум по агрохимии. – М.: МГУ, 2001. – 689 с.
8. Сеньчева Е.В. Изменение физических, физико-химических и агрохимических свойств светло-серой лесной почвы при ее техногенном нарушении // Сельскохозяйственные науки. – 2016. – Вып. №2. – С. 113-115.
9. Титова В.И. Оценка степени нарушенности почв с.-х. угодий по агрохимическим показателям и фитоценозу //Агроэкология. – 2014. – №1. – С. 34-38.

RESULTS OF A 35-YEAR STUDY OF THE CONSEQUENCES OF TECHNOGENIC INFLUENCE ON THE PROPERTIES OF HUMUS OF SOD-PODZOLIC SOIL

M.F. Ovchinnikova

Educational and Experimental Soil-Ecological Center, Moscow State University, Moscow oblast, 141592, Russia,

e-mail: biochem.ovchinnikova@yandex.ru

The results of long-term of the parameters of humus state of the Soddy-podzolic soil disturbed by the construction of the main pipeline route are presented. After 1 year, 10, 15, 30 and 35 years after construction differences in the properties of technogenic and control soils were characterized. The change in the severity of signs of degradation of properties in the profile of technogenic soil were traced over time, depending on the influence of factors other than technogenic (agrogenic, hydrological). The most pronounced manifestation of signs of humus degradation was recorded a year after the construction of the route (1986g.) under the conditions of the dominance of the technogenic impacts. In the subsequent periods of the study weakening of the signs of degradation was observed in the 0-20 cm layer and their strengthening – in the 20-40 cm layer due to the formation of washouts along the route and of deterioration of the hydrological regime.

Key words: soddy-podzolic soil, humus substances, technogenic degradation.