

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТА

*Л.И. Петрова, к.с.-х.н., Ю.И. Митрофанов, к.с.-х.н., М.В. Гуляев, к.с.-х.н.,
Н.К. Первушина, ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева»
119017, Москва, Пыжевский пер., д.7, стр.2,
e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru, +7(4822) 378-096*

Исследования проводили на территории Тверской области в 2011-2020 г. Изучали изменение основных показателей плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, продуктивности культур и севооборота в целом на фоне различных доз удобрений в условиях осушения. Наблюдения осуществляли в четырехпольном плодосменном севообороте в трех вариантах: без удобрений, средние дозы, высокие дозы NPK. При применении удобрений получен положительный баланс подвижных форм фосфора и обменного калия с преимуществом высоких доз. В почве варианта без удобрений по фосфору отмечено некоторое увеличение, по калию – снижение. Содержание легкогидролизуемого азота во всех вариантах снизилось, но в удобренных вариантах в меньшей степени. По $pH_{\text{сол}}$ в вариантах 1 и 2 отмечена тенденция к снижению кислотности почвы, на фоне внесения высоких доз удобрений – к повышению. Содержание гумуса в варианте без удобрений снижается, в удобренных вариантах – повышается. Урожай картофеля в среднем за 2012-2020 г. при внесении средних доз удобрений, по сравнению с вариантами без их внесения, увеличился в 1,9 раз, яровой пшеницы – в 1,6, а озимых зерновых культур и клевера 1-го г.п. – в 1,4 раза. Повышение дозы внесения удобрений по сравнению со средними обеспечило прирост яровой пшеницы на 21%, картофеля и озимых зерновых – на 17, клевера – на 10%. На 1 га севооборотной площади без удобрений продуктивность составила 5,0 т к.е., при их высоких дозах она повысилась на 80%, при средних – на 56%. Отличие варианта с высокими дозами от средних составило 15%. Окупаемость применения 1 кг д.в. удобрений прибавкой урожая у зерновых культур была выше на фоне средних доз, у картофеля – на фоне высоких.

Ключевые слова: дозы удобрений, плодородие, продуктивность культур и севооборота, окупаемость удобрений.

Для цитирования: Петрова Л.И., Митрофанов Ю.И., Гуляев М.В., Первушина Н.К. Влияние удобрений на агрохимические показатели плодородия почвы и продуктивность севооборота//Плодородие. – 2021. – №5. – С. 8-11. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.02.

Среди основных задач адаптивно-ландшафтного подхода в земледелии – получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур высокого качества, сохранение плодородия почв и экологической устойчивости агроландшафтов. Снижение плодородия почвы связано с уменьшением в ней содержания органического вещества и основных элементов питания растений. По содержанию гумуса в почве можно оценить ее потенциальную продуктивность. На интенсивность и направленность изменения содержания гумуса при сельскохозяйственном использовании влияет много факторов, основные – количество свежего органического вещества, которое поступает в почву с удобрениями и растительными остатками сельскохозяйственных культур, и скорость его минерализации [1, 3, 7, 12]. Применение различных агротехнологий позволяет регулировать эти процессы.

Минеральные и органические удобрения – это основное средство, которое обеспечивает повышение урожайности сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах Нечерноземной зоны России при качественном выполнении других агротехнических агроприемов [4, 6, 11, 13]. Чтобы обеспечить бездефицитный баланс гумуса при низком уровне внесения органических удобрений необходимо использовать солому, вводить в севообороты травы, сидеральные культуры [2, 5, 9, 14, 15].

В связи с высокой стоимостью удобрений существует острая необходимость проведения исследований по выявлению оптимальных доз их внесения без ущерба плодородию почв и обеспечению высокой урожайности сельскохозяйственных культур.

Имеющиеся литературные и экспериментальные материалы нуждаются в дополнительной апробации, особенно по вопросам управления продуктивностью и плодородием осушаемых почв в системах ландшафтно-мелиоративного земледелия. Поэтому изучение связи продуктивности культур с плодородием осушаемых почв – один из важнейших факторов повышения эффективности их использования.

Цель исследований – изучить агрохимические показатели плодородия почвы, продуктивности возделываемых культур, а также севооборота в целом в зависимости от различных вариантов удобрения.

Методика. Возделывание культур проводили в 2011-2020 г. в Тверской области в четырехпольном плодосменном севообороте: 1 – яровая пшеница + клевер; 2 – клевер 1-го г.п.; 3 – озимые зерновые; 4 – озимые зерновые – картофель. В опыте сравнивали три варианта: 1 – без удобрений; 2 – средние дозы минеральных удобрений; 3 – высокие дозы. Севооборот развернут в пространстве и во времени на дерново-подзолистой легкосуглинистой глееватой почве в четырехкратной повторности с размещением вариантов методом расщепленных делянок на осушаемом закрытом дренажом участке. Учетная площадь делянок культур сплошного посева – 44 м², картофеля – 20 м².

Во всех вариантах опыта запахивали солому озимых зерновых культур и отаву клевера, на посевах яровой пшеницы применяли гербициды, в вариантах 2 и 3 под картофель использовали компост многоцелевого назначения (КМН) – 10 т/га. На 1 га севооборотной площади с КМН и минеральными удобрениями во 2-ом варианте вносили в действующем веществе 170 кг NPK, в 3-ем –

275 кг. В пахотном слое почвы изначально содержалось подвижного фосфора 101,0-134,0 мг/кг почвы, обменного калия – 140,0-170,0, легкогидролизующего азота – 45,8-50,0 мг/кг, гумуса – 2,03-2,16%, $pH_{\text{пол.}}$ 4,34-4,45. В опыте возделывали сорта культур, районированные в Тверской области, по рекомендованным в зоне технологиям.

В выполненных научных исследованиях применяли общепринятые методики наблюдений, химических анализов и опытного дела.

Погодно-климатические условия в период проведения исследований различались. По Г.Т. Селянинову 2012 и 2020 г. для всех культур, а для картофеля и клевера 1-го г.п. 2017 г. – избыточно влажные (ГТК 2,02-2,67); 2013 и 2014 г. для яровой пшеницы и картофеля, 2019 г. для клевера – засушливые (ГТК 0,62-0,99); для остальных культур 2013, 2014, 2017, 2019 г. и для всех культур 2015, 2016, 2018 г. – влажные (ГТК 1,05-1,88).

Результаты и их обсуждение. Основные агрохимические показатели плодородия почвы – содержание в ней гумуса, доступного фосфора, обменного калия и кислотность (pH). Содержание гумуса в почве зависит от размеров поступления органического вещества и процессов его трансформации. В опыте рассматривали основные источники поступления органического вещества в почву, биологическую активность почвы. Определяли приход сухого органического вещества с пожнивными корневыми остатками и ботвой картофеля (пересчетом по нормативам относительно уровня урожая) [8, 10], с соломой яровой пшеницы, отавой клевера и с КМН (по данным опыта). Общее количество сухого вещества этих компонентов в среднем за годы проведения исследований в варианте без удобрений было самое низкое и составило 6,5 т/га севооборотной площади, при средних дозах – 10,5, высоких – 11,5 т/га.

В опыте выявлено влияние на среду обитания различных вариантов удобрений, культур сплошного посева и пропашных (яровой пшеницы и картофеля). Об активности микрофлоры почвы достаточно точно можно судить по интенсивности разрушения растительного материала, которую определяли по разложению льняного полотна. В результате 10-летних наблюдений установлено, что наиболее сильное влияние на нее оказали технологии возделывания культур. Применение удобрений и повышение их доз увеличило разложение льняного полотна относительно варианта без удобрений под обеими культурами на фоне средних доз на 38-54%, высоких – на 137-198% (рис. 1). В зависимости от вида культуры он был выше под посадками картофеля по сравнению с посевами пшеницы в 1,5-1,9 раза (в среднем в 1,6).

По содержанию гумуса в 2020 г. перед закладкой опыта (2011 г.) на неудобренном фоне наблюдалась тенденция к его снижению на 0,27 %, на удобренных при средних дозах – к повышению на 0,12, при высоких – на 0,16 % (рис. 2).

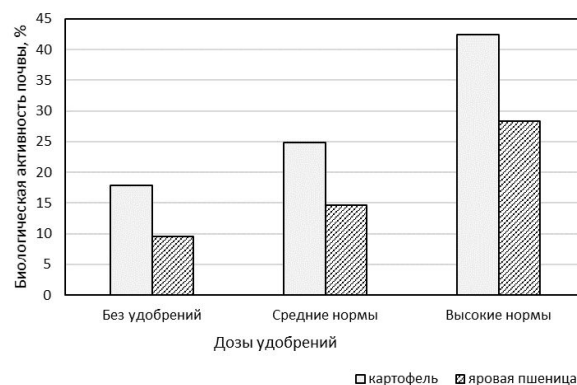


Рис. 1. Влияние культур и доз удобрений на биологическую активность почвы (в среднем за 2011–2020 г.) (% разложения льняного полотна)

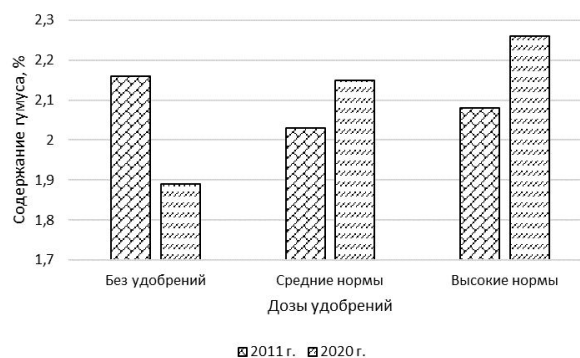


Рис. 2. Содержание гумуса в почве в зависимости от доз удобрений

В опыте выявлено изменение значений основных агрохимических показателей плодородия пахотного слоя почвы в зависимости от использования различных доз минеральных удобрений при сравнении их перед закладкой опыта в среднем по полям севооборота и после уборки 2020 г. В вариантах с применением и повышением доз удобрений получен положительный баланс подвижных форм фосфора и обменного калия с преимуществом высоких доз, их содержание увеличилось соответственно элементам и дозам на 94,6 и 119,6, 292,3 и 321,1 мг/кг почвы (табл. 1). В варианте без удобрений только по фосфору отмечено некоторое увеличение на 19,8 мг/кг, по калию – снижение на 14,7 мг/кг.

1. Влияние вариантов опыта на основные агрохимические показатели плодородия пахотного слоя почвы

№ варианта опыта	$pH_{\text{пол.}}$		P_2O_5 , мг/кг почвы		K_2O , мг/кг почвы		N лег., мг/кг почвы	
	2011 г.	2020 г.	2011 г.	2020 г.	2011 г.	2020 г.	2011 г.	2020 г.
1	4,34	4,39	101,0	120,8	170,0	155,3	45,8	27,4
2	4,34	4,51	124,0	218,6	141,0	292,3	45,8	30,8
3	4,45	4,36	134,0	253,6	140,0	321,1	50,0	32,0

Содержание легкогидролизующего азота во всех вариантах понизилось на 15,6-18,4 мг/кг почвы, в меньшей степени в удобренных вариантах. По значению $pH_{\text{пол.}}$ в вариантах 1 и 2 отмечена тенденция к снижению кислотности почвы, на фоне высоких доз удобрений – к повышению.

В таблице 2 приведены данные по продуктивности севооборота в целом и урожайности культур в зависи-

мости от доз внесенных удобрений.

Результаты опыта показали положительное влияние удобрений на урожайность культур и севооборот в целом. Среди зерновых культур в варианте без удобрений урожай за этот период сформировался ниже на посевах наиболее требовательной к плодородию почвы яровой пшеницы – 2,21 т/га, у озимых зерновых он составил – 3,59 т/га.

2. Продуктивность севооборота и урожайность культур в зависимости от доз внесенных удобрений (в среднем за 2012–2020 г.), т/га

Вариант опыта	Озимые зерновые	Яровая пшеница	Картофель	Клевер 1-го г.п., з/м	Продуктивность севооборотной площади, т к.е/га
Без удобрений	3,59	2,21	18,5	36,0	5,00
Средние дозы	5,05	3,47	35,6	49,0	7,80
Высокие дозы	5,90	4,20	41,5	54,0	8,99
НСР ₀₅	0,40	0,54	4,94	4,18	0,42

На применение удобрений и повышение их доз в значительной степени среагировали картофель и яровая пшеница, культуры, наиболее чувствительные к уровню почвенного плодородия. При средних дозах удобрений относительно контроля (без удобрений) урожай картофеля повысился на 92%, яровой пшеницы – на 57, озимых зерновых – на 41, клевера 1-го г.п. – на 36%. Увеличение дозы удобрений относительно средних доз обеспечило прибавку урожая яровой пшеницы на 21%, картофеля и озимых зерновых – на 17, клевера – на 10%.

У яровой пшеницы применение удобрений положительно влияло на изменение всех основных продуктивных элементов структуры урожая. Наиболее сильно они увеличивали число зерен в колосе – на 27 и 41% (или на 6,4 и 9,6 шт.) и продуктивных стеблей – на 13 и 20% (или на 45 и 68 шт/м²), менее на массу 1000 зерен – на 8,5 и 9% (или на 2,7 и 2,9 г).

У озимых зерновых при использовании удобрений больший урожай сформировался в основном за счет увеличения количества продуктивных стеблей, на фоне средних и высоких доз соответственно на 26 и 38% (или на 67 и 97 шт/м²) и числа зерен в колосе – на 13 и 18% (или на 5,1 и 8,0 шт.).

Количество клубней картофеля с 1 куста на различных опытах с удобрениями было больше на 2,1–2,3 шт. (на 18–20%), масса клубней картофеля в целом больше в 2,1–2,4 раза, а средних и крупных клубней на 19–56%. Доля массы крупных и средних клубней в урожае в вариантах с удобрениями была больше и при средних дозах внесения удобрений составляла 84,9%, при высоких – 86,9, а без удобрений – 73,5%. Выявлено, что при применении удобрений средняя масса 1 клубня всех фракций возрастала. Наиболее сильно увеличивалась масса 1 клубня картофеля мелкой фракции – на 34–41% (или с 16,8 до 22,7–23,8 г), средней фракции – на 15,5–18,6% (с 61,2 до 70,5–72,4 г), крупной фракции – на 5,3–6,7% (с 149,4 до 157,2–159,4 г).

В среднем за 9 лет продуктивность 1 га севооборотной площади плодосменного севооборота без применения минеральных удобрений составила 5,00 т к.е. По сравнению с этим вариантом на фоне высоких доз (сумма NPK на 1 га севооборотной площади 275 кг д.в.) она увеличилась на 80%, на фоне средних (сумма NPK 170 кг д.в.) – на 56%. Отличие варианта с высокими дозами от средних 15%.

Окупаемость применения 1 кг д.в. удобрений прибавкой урожая культур в среднем за 2012–2020 г. была выше у зерновых культур при внесении средних доз удобрений, что у озимых зерновых культур составило 13,8 кг, а при высоких дозах – 12,0, у яровой пшеницы, соответственно, 9,5 и 7,4 кг, у картофеля значения

близкие с небольшим преимуществом высоких доз – 35,9 кг, при средних – 35,6 кг.

Заключение. По результатам исследований выявлено влияние различных доз удобрений на изменение агрохимических, микробиологических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, на формирование урожая культур и продуктивность севооборота в целом. Определена окупаемость применения различных доз удобрений прибавкой урожая культур на осушаемых почвах. Результаты проведенных исследований могут быть использованы при разработке методологии управления продуктивностью мелиорированных агроландшафтов, обосновании систем воспроизводства почвенного плодородия, повышения эффективности осушаемых земель.

Литература

1. Кирюшин В.И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. – 2019. – № 9. – С. 1130–1139. DOI: 10.1134/S0032180X19070062.
2. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика – М.: Изд-во МСХА, 2000. – 473 с.
3. Кудяров В.Н. Баланс азота, фосфора и калия в земледелии России // Агрохимия. – 2018. – № 10. – С. 3–11. DOI: 10.1134/S0002188118100101
4. Лекомцева Е.В., Иванова Т.Е., Иванов И.Л., Бортник Т.Ю. Удобрение картофеля // Картофель и овощи. – 2015. – № 4. – С. 34–35.
5. Лошаков В.Г. Эффективность раздельного и совместного использования севооборота и удобрений // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – № 1. – С. 9–13.
6. Лыскова И.В. Влияние минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, урожайность и качество зерновых культур // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – №6 (61). – С. 35–40. DOI: 10.30766/2072-9081.2017.61.6.35-40
7. Масюненко Н.П., Кузнецов А.В., Масюненко М.Н., Брескина Г.М. Методологические аспекты формирования экологически сбалансированных агроландшафтов // Земледелие. – 2016. – № 7. – С. 6–9.
8. Муха В.Д., Кочетов И.С., Муха Д.В., Пелипец В.А. Основы программирования урожайности сельскохозяйственных культур – М.: МСХА, 1994. – 60 с.
9. Пегова Н.А., Холзаков В.М. Эффективность различных видов паров // Земледелие. – 2008. – № 3. – С. 15.
10. Попов П.Д., Жуков А.И., Лукин С.М., Мосалева В.В. Расчет баланса гумуса и потребности в органических удобрениях. Методические рекомендации. – Владимир, 1986. – 16 с.
11. Петрова Л.И., Митрофанов Ю.И., Первушина Н.К., Лапушкина В.Н. Воздействие осушения и удобрений на урожайность озимой тритикале // Земледелие. – 2019. – № 4. – С. 22–24. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10405
12. Семенов В.М., Козут Б.М. Почвенное органическое вещество – М.: ГЕОС, 2015. – 233 с.
13. Сычев В.Г., Шафран С.А., Духанина Т.М. Прогноз потребности сельского хозяйства России в минеральных удобрениях к 2030 г. // Плодородие. – 2016. – № 2. – С. 5–7.
14. Шрамко Н.В., Вихорева Г.В. Роль биологизированных севооборотов в изменении содержания гумуса в дерново-подзолистых почвах Верхневолжья // Земледелие. – 2016. – № 1. – С. 14–16. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10203
15. Петрова Л.И., Митрофанов Ю.И., Первушина Н.К., Лапушкина В.Н., Артемьев А.Е. Влияние технологий возделывания культур на продуктивность и плодородие осушаемых земель // Инновационная наука. – 2017. – №6. – С. 31–34.

Petrova L.I., Mitrofanov Yu.I., Gulyaev M.V., Pervushina N.K.
Federal research center "V.V. Dokuchaev Soil Institute", Pyzhevsky per. 7 bldg. 2,
119017 Moscow, Russia, e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

The studies were carried out on the territory of the Tver region in 2011-2020. We studied the change in the agrochemical properties of the drained soddy-podzolic light loamy soil, the productivity of crops and crop rotation as a whole with the use of various fertilizer rates. The observations were carried out in a four-field crop rotation with 3 options: 1 – without fertilizers, 2 – average norms of NPK (170 kg of active substance per 1 ha of crop rotation area), 3 – high norms of NPK (275 kg of active substance). When using fertilizers, a positive balance of mobile forms of phosphorus and exchangeable potassium was obtained with the advantage of high doses. In the soil of the variant without fertilizers, there was a slight increase in phosphorus, and a decrease in potassium. The content of easily hydrolyzable nitrogen decreased in all variants, but to a lesser extent in the fertilized variants. By the value of pH_{salt} in variants 1 and 2, there was a tendency for the acidity of the soil to decrease, against the background of the introduction of high rates of fertilizers – an increase. According to the humus content on the variant without fertilizers, a tendency of its decrease was noted, on the fertilized variants it was increased. On average for 2012-2020 the yield of potatoes with the introduction of average rates of fertilizers in comparison with the options without their application increased 1.9 times, the yield of spring wheat increased 1.6, and the yield of winter grain crops and clover 1 gp. increased by 1.4 times. An increase in the amount of fertilizers applied in comparison with the average provided an increase in the yield of spring wheat by 21%, potatoes and winter cereals – 17, clover – 10%. On 1 hectare of the crop rotation area without fertilizers, the productivity amounted to 5.00 t c.u., and at high rates, productivity increased by 80%, at medium rates – by 56%. The difference between the variant with high rates and the average was 15%. The payback of the use of 1 kg of the active substance of fertilizers by an increase in yield in grain crops was higher with average rates of fertilizers, in potatoes with high ones.

Key words: fertilizer rates, fertility, productivity of crops and crop rotation, payback of fertilizers.

УДК 631.43:631.51.01

DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.03

ИЗМЕНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Е.В. Дубовик, д.б.н., Д.В. Дубовик, д.с.-х.н., А.В. Шумаков, к.с.-х.н.,
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»
305021, Курск, ул. К. Маркса, 70б, e-mail: dubovikdm@yandex.ru

Представлено изменение агрофизических свойств чернозема типичного при различных приемах основной обработки почвы (вспашка, комбинированная обработка, поверхностная обработка, No-till) в ЦЧР (Курская область) под озимой пшеницей. Выявлена тенденция к уплотнению почвы при минимизации обработки в слое 10-20 см. Представлена характеристика изменения пористости и структурно-агрегатного состава чернозема типичного по слоям 0-10 и 10-20 см при различных приемах обработки почвы.

Ключевые слова: чернозем типичный, вспашка, комбинированная обработка, поверхностная обработка, прямой посев, структурно-агрегатный состав.

Для цитирования: Дубовик Е.В., Дубовик Д.В., Шумаков А.В. Изменение агрофизических свойств чернозема типичного под воздействием основной обработки почвы// Плодородие. – 2021. – №5. – С 11-14.
DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.03.

Для роста и развития сельскохозяйственных культур необходимыми условиями являются не только содержание питательных элементов в почве, но и наличие благоприятных агрофизических свойств [2]. Создание благоприятных агрофизических условий возможно с помощью такого важного звена в системе земледелия как обработка почвы [1].

Механическое воздействие на почву может иметь как положительное, так и отрицательное воздействие на её влажность, плотность, пористость, структурно-агрегатный состав и т.д. [6]. Например, в уплотненной почве отмечается нарушение микробиологических процессов, накапливаются восстановительные соединения, при этом ухудшается плодородие почвы, что в итоге приводит к уменьшению урожайности сельскохозяйственных культур и повышению затрат [5, 7, 9].

Цель исследований – изучить изменения агрофизических свойств чернозема типичного под воздействием различных приемов основной обработки почвы.

Методика. Исследования проводили в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский федеральный аг-

рарный научный центр» (Курская обл., Курский район, п. Черемушки) в четырехпольном севообороте. Севооборот развернут в пространстве со следующим чередованием культур: 1 – горох; 2 – озимая пшеница; 3 – соя; 4 – ячмень. Схема опыта включала следующие варианты: вспашка с оборотом пласта (20-22 см); комбинированная обработка (дискование на 8-10 см + чизель 20-22 см); поверхностная обработка (дискование) до 8 см; прямой посев (No-till). Вариант No-till осуществлялся без какой-либо обработки почвы сеялкой прямого посева Дон 114. Приемы обработки почвы применялись систематически с 2015 г. для каждого варианта. Варианты в полевом опыте размечались систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м² (60×100), повторность – трехкратная. В 2020 г. началась вторая ротация севооборота.

Технология возделывания озимой пшеницы (сорт Немчиновская 17) общепринятая для региона и по вариантам не различалась, за исключением основной обработки почвы. При этом особое внимание уделялось технологии прямого посева, и было учтено, что данная