

4. Tormozin M.A. Vliyanie vozrasta travostoya na semennuyu produktivnost kostretsa bezostogo / M.A. Tormozin, A.V. Belyaev, E.M. Tikholaz // Agrarnyy vestnik Urala. – 2018. – No. 6 (173). – S. 59-63.
5. Yusova O.A. Novye istochniki povyshennogo kachestva zelenoy massy mnogoletnikh trav v usloviyakh yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri / O.A. Yusova // Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii. – 2018. T. 179, vyp. 4. – S. 39-50. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-4-39-49.
6. Klever v Sibiri: monografiya / R.I. Polyudina; pod obshch. red. N.I. Kashevarova. – Novosibirsk: SibNII kormov SFNTsA RAN, 2017. – 347 s.
7. Smirnova T.B. Vliyanie vlazhnosti pochvy na pokazateli kachestva selskokhozyaystvennykh kultur i produktivnosti ikh pererabotki / T.B. Smirnova, I.V. Temereva, V.V. Shepelev // Teoreticheskie znaniya – v prakticheskie dela / Sbornik statey XIX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – 2018. – S. 39-43.
8. Patlasov O.Yu. Marketingovoe issledovanie rynka modifitsirovannogo krakhmala / O.Yu. Patlasov, O.A. Mamaev, V.V. Shepelev, T.B. Smirnova // Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovaniya. – 2019. – No. 3 (37). – S. 212-220.
9. Pleshkov B.V. Praktikum po biokhimmii rasteniy / B.V. Pleshkov. 3-e izd., dop. i pererab. – Moskva: Agropromizdat, 1985. – 255 s.
10. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta. – Moskva: Agropromizdat, 1985. – S. 352.
11. Kashevarov, N., Osipova, G., Tyuryukov, A., Filippova, N. (2015). Investigation of the characteristics of smooth brome grass (*Bromopsis inermis* Leys) biological traits for cultivation under extreme environmental conditions. *Russian Agricultural Sciences*. 41: 14-17. Doi: 10.3103/S1068367415010085.
12. Barashkova N.V. Vliyanie stimulyatora rosta "krezatsin" na rost i razvitie kostretsa bezostogo v usloviyakh doliny sredney Leny / N.V. Barashkova, E.R. Neustroeva // Nauka i obrazovanie. – 2017. – No. 4 (88). – S. 99-103.
13. Kashevarov N.I. Novyy sort kostretsa bezostogo Flagman / N.I. Kashevarov, R.I. Polyudina, I.N. Kazarinova, D.A. Potapov // Vestnik rossiyskoy selskokhozyaystvennoy nauki. – 2019. – No. 1. – S. 17-19.



УДК 631.412;631.417;631.418

С.Г. Котченко, Д.В. Ерёмкина
S.G. Kotchenko, D.V. Yeremina

АГРОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕМНО-СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

AGROGENIC CHANGES IN CHEMICAL PROPERTIES OF DARK GRAY FOREST SOILS OF THE NORTHERN TRANS-URALS

Ключевые слова: *Luvic Retic Greyzemic Phaeozems*, темно-серые лесные почвы, пашня, емкость катионного обмена, плодородие, химические свойства.

Подтип темно-серых лесных почв в сочетании с черноземами активно используется в пашне Западной Сибири. С индустриализацией сельского хозяйства антропогенная нагрузка на них возросла многократно, что негативно отразилось на плодородии и продуктивности пашни. В публикации представлен анализ изменения химических свойств темно-серых лесных почв под действием их длительного использования в пашне. Объектом изучения являются темно-серые лесные

почвы (*Luvic Retic Greyzemic Phaeozems* (WRB, 2014), распространенные в лесостепи Северного Зауралья. Исследования охватили временной промежуток с 1964 по 2018 гг. За эти годы было заложено на пашне и целине по 24 полнопрофильных почвенных разреза на территории 4 административных районов юга Тюменской области. Совместными исследованиями кафедры почвоведения и агрохимии ГАУ Северного Зауралья и агрохимической станции «Тюменская» было установлено, что под действием многолетней вспашки химические свойства пахотной темно-серой лесной почвы достоверно изменились. Отношение C:N в гумусовом горизонте целинной темно-серой лесной почвы составляет 9,5-9,9 ед., тогда как старопахотные аналоги этой

почвы характеризуются менее качественным гумусом – C:N достигает 11,7-12,4 ед. Установлена четкая тенденция снижения содержания азота в почвенном органическом веществе. В пахотных темно-серых лесных почвах происходит разрушение органоминеральной матрицы, что привело к уменьшению емкости катионного обмена с 34,9 до 31,8 смоль/кг почвы. Антропогенные изменения были обнаружены вплоть до глубины 120 см. На целине данный показатель характеризуется положительной тенденцией: за 54 года емкость катионного обмена увеличилась с 40,5 до 42,1 смоль/кг почвы. Выявлено усиление выщелачивания катионов щелочноземельных металлов и повышение гидролитической кислотности в почвенно-поглощающем комплексе. Отмечено антропогенное подкисление по всему почвенному профилю, вплоть до глубины 120 см. Обменная кислотность пахотного слоя за годы исследований возросла с 6,5 до 5,4, тогда как на целине она оставалась в пределах 6,5-6,6 ед.

Keywords: *Luvic Retic Greyzemic Phaeozems, dark gray forest soils, arable land, cation exchange capacity, fertility, chemical properties.*

The subtype of dark gray forest soils in combination with chernozems is actively used in the arable lands of West Siberia. With the industrialization of agriculture, the anthropogenic load on them increased many times which negatively affected the fertility and productivity of arable lands. This paper deals with an analysis of changes in the chemical properties of dark gray forest soils under the influence of their long-term in arable lands. The research

targets were dark gray forest soils (*Luvic Retic Greyzemic Phaeozems* (WRB, 2014)) common in the forest-steppe of the Northern Trans-Urals. The research covered the time period from 1964 through 2018. During these years, 24 full-profile soil sections were dug on arable lands and virgin lands in the territory of 4 administrative districts of the south of the Tyumen Region. The joint research of the Dept. of Soil Science and Agrochemistry of the State Agricultural University of Northern Trans-Urals and the State Station of Agrochemical Service "Tyumenskaya" found that under the influence of long-term plowing, the chemical properties of arable dark gray forest soil significantly changed. The C:N ratio in the humus horizon of virgin dark gray forest soil was 9.5-9.9 units, while the old-arable analogues of this soil were characterized by lower-quality humus – C:N reaches 11.7-12.4 units. A clear trend of decreasing nitrogen content in soil organic matter was revealed. In arable dark gray forest soils, the organomineral matrix was destroyed which led to decreased cation exchange capacity from 34.9 to 31.8 cmol per kg of soil. The anthropogenic changes were detected up to a depth of 120 cm. On virgin lands, this index was characterized by a positive trend: over 54 years, the capacity of cation exchange increased from 40.5 to 42.1 cmol per kg of soil. Increased leaching of alkaline earth metal cations and increased hydrolytic acidity in the soil-absorbing complex were revealed. Anthropogenic acidification was observed along the entire soil profile up to a depth of 120 cm. The exchange acidity of the arable layer over the years of research increased from 6.5 to 5.4 while on virgin land it remained in the range of 6.5-6.6 units.

Котченко Сергей Григорьевич, директор, ФГБУ Государственная станция агрохимической службы «Тюменская», г. Тюмень. E-mail: soil-tyumen@yandex.ru.

Ерёмина Диана Васильевна, к.с.-х.н., доцент, каф. математики и информатики, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень. Тел.: (3452) 290-127. E-mail: soil-tyumen@yandex.ru.

Kotchenko Sergey Grigoryevich, Director, State Station of Agrochemical Service "Tyumenskaya", Tyumen. E-mail: soil-tyumen@yandex.ru.

Yeremina Diana Vasilyevna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Mathematics and Information Science State Agricultural University of Northern Trans-Urals, Tyumen. Ph.: (3452) 290-127. E-mail: soil-tyumen@yandex.ru.

Введение

Интенсивное развитие Сибири требует серьезного увеличения продуктов питания местного производства. Особенно актуальным это стало в последние десятилетия, когда приток населения в Западную Сибирь существенно возрос. Перед аграриями была поставлена четкая стратегическая задача – обеспечить население дешевыми продуктами питания. Однако им пришлось столкнуться с проблемой расширения сельскохозяйственных угодий [1, 2]. Наиболее плодородные почвы, к которым относятся черноземы, в Западной Сибири были распаханы еще в начале XX в., поэтому расширение площади было возможным только за счет вовлечения ме-

нее плодородных земель. Темно-серые лесные почвы по плодородию практически не уступают выщелоченным и оподзоленным черноземам, поэтому их распахали в первую очередь [3, 4]. В настоящее время антропогенная нагрузка на них крайне высока, что привело к серьезным изменениям элементов плодородия. Как показывают исследования Сибирских ученых, темно-серые лесные почвы не обладают устойчивостью к антропогенным воздействиям и быстро ухудшают физико-химические свойства [5, 6]. Проводимые ранее исследования кафедры почвоведения и агрохимии ГАУ Северного Зауралья также подтверждают деградацию темно-серых лесных

почв при вовлечении их в пахотный фонд региона [7].

Для уменьшения техногенной нагрузки на почву необходима разработка научно обоснованной системы земледелия, где используются достижения селекции, растениеводства и агрохимии на основе математического моделирования всех процессов [8-12]. Расширенное воспроизводство плодородия требует детальных знаний о формировании показателей плодородия [13, 14], поэтому многолетние исследования наиболее важны для ученых.

Цель исследований – изучение химических свойств целинных и пахотных темно-серых лесных почв лесостепной зоны Зауралья.

Объекты и методы исследования

В качестве методики исследований был взят сравнительно-аналитический метод, который проводился по сериям ключевых почвенных разрезов, заложенных на фиксированных площадках в 1964 и 2018 гг.

Исследования проводили на территории юга Тюменской области. Изучаемые почвы – темно-серые лесные осолоделые тяжелосуглинистые (Luvic Retic Greyzemic Phaeozems (WRB, 2014), сформировавшиеся на карбонатных покровных суглинках и глинах. По своим морфогенетическим признакам и основным свойствам они типичны для северной лесостепи Западной Сибири. Темно-серые лесные почвы формируются на повышенных элементах рельефа с глубоким залеганием уровня грунтовых вод под разреженными березовыми лесами. В Северном Зауралье эти почвы залегают крупными массивами среди выщелоченных и оподзоленных черноземов. Площадки для изучения были заложены в 4 административных районах южной части Тюменской области: Голышмановский, Викуловский, Бердюжский, Аромашевский. Основные почвенные разрезы были заложены под естественной растительностью, представленной разреженным березовым лесом с хорошо развитой разнотравно-злаковой растительностью с примесью бобовых трав. Из злаковых наиболее часто встречаются: вейник (*Calamagrostis* L.), полевица (*Agrostis* L.), тимо-

феевка (*Phleum* L.), мятлик (*Poa* L.); разнотравья – лабазник (*Filipendula* Mill.), тысячелистник (*Achillea* L.), девясил (*Inula* L.); из бобовых – клевер (*Trifolium* L.), мышиный горошек (*Vicia cracca* L.) и чина луговая (*Lathyrus pratensis* L.).

Дополнительно были заложены полнопрофильные разрезы на пашне, примыкающей к основным целинным площадкам. Расстояние между целинными и пахотными участками не превышало 1 км. Первоначальной точкой были почвенные исследования, проводимые в рамках государственной программы по созданию Почвенной карты юга Тюменской области масштаба (1:300000) под руководством профессора Л.Н. Каретина. В 1964 г. кафедрой почвоведения и агрохимии Тюменского СХИ было заложено на целине и пашне 4 и 12 основных разрезов соответственно. В 2018 г. на этих же площадках вновь были выкопаны разрезы. Общее количество разрезов составило по 24 на каждый вид угодий. Одновременно с морфологическим описанием из разрезов послойно были отобраны почвенные образцы для лабораторного анализа, который был проведен в аккредитованной испытательной лаборатории ФГБУ государственной станции агрохимической службы «Тюменская» и на кафедре почвоведения и агрохимии Государственного аграрного университета Северного Зауралья.

Агрохимические исследования проводили следующими методами: обменную кислотность определяли потенциметрически; гидролитическую кислотность – по Каппену; степень насыщения основаниями – по Каппену-Гильковицу, содержание органического углерода – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91); общий азот – по Къельдалю (ГОСТ 26107-84). Статистическую обработку результатов исследований проводили по Б.А. Доспехову с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Профиль распределения органического вещества темно-серых лесных почв характеризуется как резко убывающий – до 80% органического углерода сосредоточено в слое 0-30 см. Исследования 1964 г. показали, что в гумусовом гори-

зонте содержание $C_{орг.}$ составляло 3,76%, а на глубине 31-57 см – уже 0,81% (табл. 1). Значительная часть питательных веществ в темно-серых лесных почвах сосредоточена в слое 0-30 см, поэтому продуктивность пашни напрямую зависит от минеральных удобрений. Содержание общего азота в гумусовом слое составило 0,38%, что сопоставимо с выщелоченными черноземами Западной Сибири, содержащими 0,40-0,60% [15]. Глубже 30 см содержание общего азота резко убывает с 0,07 до 0,01%. Наличие азота обусловлено его миграцией с нисходящими токами воды и малой корневой массой, неспособной эффективно поглощать питательные вещества из этого слоя. Это подтверждается очень низким содержанием органического углерода.

Качественный состав почвенного органического вещества, выражаемый отношением углерода к азоту, соответствует высокой обеспеченности гумуса азотом [16]. C:N целинных темно-серых лесных почв в 1964 г. составило 9,9. В верхней части иллювиального горизонта (ELBt) отношение было шире – 11,6, что по шкале Орлова-Бирюковой несколько больше оптимума. С

глубины 58 см (Bt) величина C:N уменьшилась до 5-8 ед. Причиной столь резкого обогащения почвенного органического вещества на таких глубинах является миграция азота и водорастворимых органических веществ из вышележащих слоев.

За 54 года содержание органического углерода в гумусовом горизонте достоверно не изменилось – отклонение относительно 1964 г. составило 3,2%, что находится в пределах ошибки измерения. Однако содержание общего азота возросло на 8%, достигнув к 2018 г. 0,41%. Отношение C:N сузилось до 9,5, тем самым доказывая улучшение качественного состава почвенного органического вещества. Причиной этого служит осветление березового леса и активное развитие бобово-злаковой растительности. Глубже 30 см достоверных изменений содержания органического углерода и общего азота обнаружено не было. Данный факт указывает на отсутствие проникновения корневой массы травянистых растений в верхнюю часть иллювиального горизонта.

Таблица 1

Динамика содержания органического углерода и общего азота в темно-серой лесной почве

Горизонт	Глубина, см	Целина			Пашня			Отклонение, % относительно целины		
		Сорг.	Нобщ.	C:N	Сорг.	Нобщ.	C:N	Сорг.	Нобщ.	C:N
1964 г.										
A/Апах	0-30	3,76	0,38	9,9	3,62	0,31	11,7	-4	-18	+18
ELBt	31-57	0,81	0,07	11,6	0,95	0,08	11,9	+17	+14	+3
Bt	58-120	0,40	0,05	8,0	0,38	0,06	6,3	-5	20	-21
B _(Ca)	120-166	0,05	0,01	5,0	0,08	0,01	8,0	+60	0	+60
2018 г.										
A/Апах	0-30	3,88	0,41	9,5	3,34	0,27	12,4	-14	-34	+31
ELBt	31-57	0,80	0,08	10,0	0,92	0,06	15,3	+15	-25	+53
Bt	58-120	0,47	0,06	7,8	0,60	0,11	5,5	+28	+83	-30
B _(Ca)	120-166	0,08	0,01	8,0	0,10	0,03	3,3	+25	+200	-58

Примечание. НСР₀₅ для $C_{орг.}$: фактор А – 0,20; фактор В – 0,22; фактор АВ – 0,21 для $N_{общ.}$: А – 0,02; фактор В – 0,03; фактор АВ – 0,02.

Содержание органического углерода в пахотной темно-серой лесной почве на момент исходных исследований было на 4% ниже относительно значений целины. Отсутствие значительных изменений объясняется небольшим сроком использования темно-серых лесных почв в пахотном фонде (не более 15 лет). Однако достоверные изменения были обнаружены в содержании общего азота. Механические обработки способствовали увеличению аэрации гумусового горизонта, как следствие, активность аэробной микрофлоры возросла [17]. В 1964 г. содержание общего азота в пахотном слое составило 0,31%, что на 18% ниже относительно значений целинных участков. Качественный состав почвенного органического вещества ухудшился, о чем свидетельствует отношение C:N равное 11,7 ед. В подпахотных слоях достоверных изменений по содержанию органического углерода и общего азота обнаружено не было.

К 2018 г. содержание органического углерода в агросерой почве уменьшилось до 3,34%. При этом потери составили 7,8% относительно 1964 г. В пересчете на запасы пашня лишилась 17 т/га гумуса, что соответствует 0,33 т ежегодных потерь. Содержание общего азота в пахотном слое также уменьшилось с 0,31 до 0,27%,

что указывает на ухудшение качества почвенного органического вещества. Отношение углерода к азоту достигло 12,4 – отклонение относительно целины того же года составило 31%. Изменения содержания органического углерода и общего азота установлены также глубже 60 см. Содержание органического углерода в горизонте Bt увеличилось до 0,60%, тогда как на целине этого не происходило между периодами исследований. Причиной появления на такой глубине гумусовых веществ может быть только их миграция из вышележащих слоев. Этим же объясняется двукратное превышение общего азота в слое 120-166 см. Таким образом, потери гумуса в пахотных почвах Западной Сибири могут происходить не только за счет его минерализации, но и увеличения миграции подвижных фракций с нисходящим током воды. Миграция гумуса всегда есть в этих почвах.

Исследования в 1964 г. показали, что гумусовый горизонт характеризуется высокой емкостью катионного обмена (ЕКО) – 40,5 смоль/кг почвы (табл. 2). В иллювиальном горизонте ЕКО с глубиной постепенно уменьшается, достигая минимальных значений (30,7 смоль/кг почвы) в слое 58-120 см.

Таблица 2

Изменение химических свойств темно-серой лесной почвы лесостепной зоны Зауралья

Горизонт	Глубина, см	Целина					Пашня				
		pH _{KCl}	Hг	S	ЕКО	V	pH _{KCl}	Hг	S	ЕКО	V
		ед.	смоль/кг почвы			% от ЕКО	ед.	смоль/кг почвы			% от ЕКО
1964 г.											
A/Апах	0-30	6,5	4,7	35,8	40,5	88	6,5	4,5	30,4	34,9	87
ELBt	31-57	5,5	2,2	30,4	32,6	93	5,7	4,2	33,2	37,4	89
Bt	58-120	5,8	2,1	28,6	30,7	93	5,8	3,3	27,6	30,9	89
2018 г.											
A1/Апах	0-30	6,6	4,2	37,9	42,1	90	5,4	4,8	27	31,8	85
ELBt	31-57	6,4	3,1	30,8	33,9	91	5,2	5,4	26,4	31,8	83
Bt	58-120	5,7	2,4	28,8	31,2	92	5,0	4,7	22,1	26,8	82

Примечание. pH_{KCl} – обменная кислотность; Hг – гидролитическая кислотность; S – сумма обменных оснований; ЕКО – емкость катионного обмена; V – степень насыщенности основаниями.

На долю щелочноземельных катионов приходится от 88% в гумусово-элювиальном и до 93% в иллювиальном горизонтах. В составе катионов абсолютно доминирует кальций, на долю которого приходится 95-97% суммы обменных оснований [18]. Неоднократно отмечалось, что осолоделые почвы содержат незначительное количество поглощенного натрия. В наших исследованиях натрий встречался очень редко. Темно-серые лесные почвы склонны к подкислению – гидролитическая кислотность в гумусовом горизонте достигает 4,7 смоль/кг почвы. В иллювиальном горизонте ее значения существенно меньше – 2,0-2,5 смоль/кг почвы. Причиной этого является близость иллювиально-карбонатного горизонта, из которого периодически катионы кальция подтягиваются вверх по профилю, вытесняя ионы водорода и алюминия из почвенно-поглощающего комплекса. Обменная кислотность варьирует по профилю в пределах от 5,5 до 6,5 ед.

К 2018 г. основные химические свойства на целинных участках не претерпели достоверных изменений, кроме кислотно-основной характеристики горизонта ELBt (31-57 см). Гидролитическая кислотность увеличилась с 2,2 до 3,1 смоль/кг почвы, но вместе с этим произошло снижение обменной кислотности – pH_{KCl} достигла 6,4, тогда как в 1964 г. она была 5,5 ед. По нашему мнению, это связано с усилением процесса выщелачивания в предыдущие годы.

Сельскохозяйственная деятельность оказала непосредственное влияние на гумусовое состояние и гранулометрический состав [19], что привело к изменению емкости катионного обмена почвенного профиля до глубины 120 см. В 1964 г. ЕКО в пахотном слое составляла 34,9 смоль/кг почвы, что на 14% меньше значений целинных участков. Сумма обменных оснований была на 15% ниже значений целинной почвы и составляла 30,4 смоль/кг почвы. Это указывает на проявление процесса выщелачивания катионов из пахотного горизонта. Нужно заметить, что гидролитическая кислотность не возрастала, что характерно для процесса выщелачивания.

В 1964 г. степень насыщенности основаниями в агросерой почве была равна 87-89%, тогда

как на целине – 88-93% от емкости катионного обмена. Как показывают данные таблицы 2, на пашне происходит активная потеря катионов кальция, но без подкисляющего эффекта за счет проявления буферной способности почвы. К 2018 г. в профиле пахотной темно-серой лесной почвы произошло снижение степени насыщенности основаниями до 82-85% от ЕКО. Причиной является усиление процесса выщелачивания, что отражается в уменьшении суммы обменных оснований на 11-20% относительно 1964 г. Максимальное снижение произошло в иллювиальном горизонте (31-120 см). Одновременно с выщелачиванием катионов кальция возросла гидролитическая кислотность с 3,3-4,5 до 4,7-5,4 смоль/кг почвы. Необходимо отметить повышение обменной кислотности – pH солевой вытяжки в 2018 г. достигла 5,0-5,4 ед., что указывает на ослабление буферной способности темно-серой лесной почвы под действием сельскохозяйственной деятельности человека.

Заключение

В течение периода наблюдений (1964-2018 гг.) пахотная темно-серая лесная осолоделая почва претерпела изменения химических свойств. Было установлено, что в пахотном слое происходит разрушение органоминеральной матрицы за счет минерализации гумуса и вымывания илистой фракции. За 54 года содержание органического углерода и общего азота в почве уменьшилось, соответственно, на 14 и 34% относительно целины. Это привело к снижению емкости катионного обмена с 34,9 до 31,8 смоль/кг почвы. Выявлено антропогенное снижение суммы поглощенных оснований и повышение гидролитической кислотности в подпахотном слое с 4,2 до 5,2 смоль/кг почвы. Усиление процесса выщелачивания прослеживается в уменьшении степени насыщенности основаниями: на пашне до 85%; на целине до 90% от емкости катионного обмена. Отвальная система обработки с внесением минимальных доз органических и минеральных удобрений привела к подкислению темно-серой лесной почвы до глубины 120 см.

Библиографический список

1. Морковкин, Г. Г. Сельскохозяйственная наука на Алтае: становление и влияние на социальное и экономическое развитие Алтайского края: монография / Г. Г. Морковкин, Н. Г. Деев, В. А. Дёмин. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2010. – 255 с. – Текст: непосредственный.
2. Морковкин, Г. Г. Инновационный путь развития – реальная перспектива для Алтайского края / Г. Г. Морковкин, Н. Г. Деев, В. А. Демин. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2006. – № 5. – С. 7-10.
3. Sorokina, O. (2010). Diagnostic parameters of soil formation in gray forest soils of abandoned fields overgrowing with pine forests in the middle reaches of the Angara River. *Eurasian Soil Science*. 43. 867-875. Doi: 10.1134/S1064229310080041.
4. Еремин, Д. И. Изменение гумусового состояния серых лесных почв восточной окраины Зауральского Плато под действием длительной распашки / Д. И. Еремин, Н. А. Груздева. – DOI 10.1134/S0032180X18070110. – Текст: электронный // Почвоведение. – 2018. – № 7. – С. 826-835.
5. Кураченко, Н. Л. Агрофизическое состояние почв Красноярской лесостепи / Н. Л. Кураченко. – Красноярск, 2013. – 194 с. – Текст: непосредственный.
6. Хмелев, В. А. Черноземы Новосибирской области, проблемы их рационального использования и охраны / В. А. Хмелев, А. А. Танасиенко. – Текст: непосредственный // Сибирский экологический журнал. – 2009. – № 2. – С. 151-164.
7. Еремин, Д. И. Агрогенные изменения плотности серых лесных почв в Северном Зауралье / Д. И. Еремин, Н. А. Груздева. – DOI 10.26898/0370-8799-2017-5-2. – Текст: электронный // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 5(47). – С. 13-22.
8. Перспективы и проблемы информационного обеспечения точного земледелия / В. П. Якушев, А. Ф. Петрушин, В. В. Якушев, С. В. Шерстобитов. – Текст: непосредственный // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: сборник докладов IX Международной научно-практической конференции. – Углич, 2006. – Ч. 1. – С. 161-165.
9. Шахова, О. А. Особенности минерального питания яровой пшеницы в условиях внедрения ресурсосберегающих технологий в лесостепной зоне Северного Зауралья / О. А. Шахова, Д. И. Еремин. – Текст: непосредственный // Вестник Красноярского ГАУ. – 2007. – № 1. – С. 149-152.
10. Моторин, А. С. Оценка состава органического вещества осушаемых торфяных почв Северного Зауралья / А. С. Моторин, А. В. Игловиков. – Текст: непосредственный // Известия Оренбургского ГАУ. – 2018. – № 6. – С. 12-15.
11. Любимова, А. В. Изменение биотипного состава сортов яровой тритикале в процессе возделывания / А. В. Любимова, Э. Т. Ярова, Д. И. Еремин. – Текст: непосредственный // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 5 (140). – С. 3-8.
12. Миллер, С. С. Продуктивность культур зернового севооборота по основной и послеполевой обработкам почвы в ООО «Возрождение» Заводоуковского района Тюменской области / С. С. Миллер, В. В. Рзаева. – Текст: непосредственный // Аграрный научный журнал. – 2015. – № 9. – С. 24-26.
13. Логинов, Ю. П. Сорт – один из резервов в развитии картофелеводства Тюменской области / Ю. П. Логинов, А. А. Казак, Л. И. Якубышина. – Текст: непосредственный // Агропродовольственная политика России. – 2016. – № 10 (58). – С. 54-58.
14. Демин, Е. А. Решение проблемы засоренности кукурузы, выращиваемой по зерновой технологии в лесостепной зоне Зауралья / Е. А. Демин, Н. В. Фисунов. – Текст: непосредственный // АПК России. – 2017. – Т. 24, № 5. – С. 1077-1081.
15. Ерёмин, Д. И. Состояние старопашотных черноземов лесостепной зоны Зауралья / Д. И. Ерёмин, Д. В. Еремина, М. Г. Уфимцева. – Текст: непосредственный // Аграрная наука. – 2014. – № 6. – С. 5-8.
16. Назарюк, В. М. Баланс и трансформация азота в агроэкосистемах / В. М. Назарюк. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 257 с. – Текст: непосредственный.

17. Майсямова, Д. Р. Изменение микрофлоры пахотного чернозема лесостепной зоны Зауралья под действием механической обработки / Д. Р. Майсямова, Д. И. Ерёмин. – Текст: непосредственный // Известия Оренбургского ГАУ. – 2018. – № 1 (69). – С. 18-22.

18. Каретин, Л. Н. Почвы Тюменской области / Л. Н. Каретин. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1990. – 285 с. – Текст: непосредственный.

19. Еремин, Д. И. Гранулометрия пахотных серых лесных почв Северного Зауралья / Д. И. Еремин, Н. А. Груздева. – Текст: непосредственный // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1 (69). – С. 18-22.

References

1. Morkovkin G.G., Deev N.G., Demin V.A. Selskokhozyaystvennaya nauka na Altae: stanovlenie i vliyanie na sotsialnoe i ekonomicheskoe razvitie Altayskogo kraia: monografiya. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2010. – 255 s.

2. Morkovkin G.G., Deev N.G., Demin V.A. Innovatsionnyy put razvitiya - realnaya perspektiva dlya Altayskogo kraia // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2006. – No. 5. – S. 7-10.

3. Sorokina, O. (2010). Diagnostic parameters of soil formation in gray forest soils of abandoned fields overgrowing with pine forests in the middle reaches of the Angara River. *Eurasian Soil Science*. 43. 867-875. Doi: 10.1134/S1064229310080041.

4. Eremin D.I. Izmenenie gumusovogo sostoyaniya serykh lesnykh pochv vostochnoy okrainy Zauralskogo Plato pod deystviem dlitelnoy raspashki / D.I. Eremin, N.A. Gruzdeva // Pochvovedenie. – 2018. – No. 7. – S. 826-835. DOI: 10.1134/S0032180X18070110.

5. Kurachenko N.L. Agrofizicheskoe sostoyanie pochv Krasnoyarskoy lesostepi / N.L. Kurachenko. – Krasnoyarsk, 2013. – 194 s.

6. Khmelev V.A., Tanasienko A.A. Chernozemy Novosibirskoy oblasti, problemy ikh ratsionalnogo ispolzovaniya i okhrany // Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal. – 2009. – No. 2. – S. 151-164.

7. Eremin D.I., Gruzdeva N.A. Agrogennye izmeneniya plotnosti serykh lesnykh pochv v Severnom Zaurale // Sib. vestnik s.-kh. nauki. – 2017. – No. 5 (47). – S. 13-22. DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-2.

8. Yakushev V.P., Petrushin A.F., Yakushev V.V., Sherstobitov S.V. Perspektivy i problemy informatsionnogo obespecheniya tochnogo zemledeliya // Sb. dokladov IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Avtomatizatsiya i informatsionnoe obespechenie proizvodstvennykh protsessov v selskom khozyaystve». – Uglich, 2006. – Ch. 1. – S. 161-165.

9. Shakhova O.A., Eremin D.I. Osobennosti mineralnogo pitaniya yarovoy pshenitsy v usloviyakh vnedreniya resursosberegayushchikh tekhnologiy v lesostepnoy zone Severnogo Zauralya // Vestnik Krasnoyarskogo GAU. – 2007. – No. 1. – S. 149-152.

10. Motorin A.S., Iglovikov A.V. Otsenka sostava organicheskogo veshchestva osushaemykh torfyanykh pochv Severnogo Zauralya // Izvestiya Orenburgskogo GAU. – 2018. – No. 6. – S. 12-15.

11. Lyubimova A.V., Yarova E.T., Eremin D.I. Izmenenie biotipnogo sostava sortov yarovoy tritikale v protsesse vzdelyvaniya // Vestnik KrasGAU. – 2018. – No. 5 (140). – S. 3-8.

12. Miller S.S., Rzaeva V.V. Produktivnost kultur zernovogo sevooborota po osnovnoy i posleposevnoy obrabotkam pochvy v OOO «Vozrozhdenie» Zavodoukovskogo rayona Tyumenskoy oblasti // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. – 2015. – No. 9. – S. 24-26.

13. Loginov Yu.P., Kazak A.A., Yakubyshina L.I. Sort – odin iz rezervov v razvitiy kartofel-evodstva Tyumenskoy oblasti // Agroprodovolstvennaya politika Rossii. – 2016. – No. 10 (58). – S. 54-58.

14. Demin E.A. Reshenie problemy zasorennosti kukuruzy, vyrashchivaemoy po zernovoy tekhnologii v lesostepnoy zone Zauralya / E.A. Demin, N.V. Fisunov // APK Rossii. – 2017. – T. 24. No. 5. – S. 1077-1081.

15. Eremin D.I., Eremina D.V., Ufimtseva M.G. Sostoyanie staropakhotnykh chernozemov

lesostepnoy zony Zauralya // Agrarnaya nauka. – 2014. – No. 6. – S. 5-8.

16. Nazaryuk V.M. Balans i transformatsiya azota v agroekosistemakh. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2002. – 257 s.

17. Maysyamova D.R., Eremin D.I. Izmenenie mikroflory pakhotnogo chernozema lesostepnoy zony Zauralya pod deystviem mekhanicheskoy

obrabotki // Izvestiya Orenburgskogo GAU. – 2018. – No. 1 (69). – S. 18-22.

18. Karetin L.N. Pochvy Tyumenskoy oblasti. – Novosibirsk: Nauka. Sib. otd., 1990. – 285 s.

19. Eremin D.I. Granulometriya pakhotnykh serykh lesnykh pochv Severnogo Zauralya / D.I. Eremin, N.A. Gruzdeva // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 1 (69). – S. 18-22.



УДК 631.445.4:635.2(571.15)

С.В. Макарычев
S.V. Makarychev

ВОДНЫЙ РЕЖИМ В ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ПРИ ОРОШЕНИИ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР

WATER REGIME IN LEACHED CHERNOZEM DURING IRRIGATION OF ONION CROPS

Ключевые слова: лук репчатый, чернозем выщелоченный, температура, влажность завядания, наименьшая влагоемкость, общие и продуктивные запасы влаги, поливные нормы.

Репчатый лук является поверхностной культурой, корни которой распространяются на глубину до 20 см. Луковые культуры очень требовательны к почвенному плодородию, поэтому лучшими почвами для них будут легкосуглинистые гумусово-карбонатные черноземы, богатые органикой. Максимальный урожай лука репчатого имеет место при увлажнении, близком к 75-80% от НВ. Листья лука обладают малой транспирацией, но его корни слабо всасывают влагу, поэтому постоянно нуждаются в поливах. Продуктивные запасы влаги в течение вегетации 2005 г. оказались ниже влажности завядания, что потребовало регулярного орошения. Но поливы были бессистемны, а нормы оказались произвольными и не компенсировали дефицит влаги. Так, в мае он составил 28 мм, а в июне – даже 32 мм. Да и продуктивные запасы влаги в метровом слое почвы в конце августа были неудовлетворительными. В 2006 г. майский полив лука кратковременно обеспечил оптимальные общие и продуктивные влагозапасы в первой половине вегетации. В июне в гумусовом горизонте возник большой недостаток доступной влаги. Поэтому для обеспечения оптимального увлажнения до 0,75 НВ нужно было организовать орошение поливной нормой 40 т/га до глубины 20 см. Влагосодержание на исследуемых вариантах в теплое время 2007 г. определялось, прежде всего, осадками и поливами лука в отдельные сроки. Поэтому общие запасы влаги как в пахотном слое, так и в метровой толще почвы в течение вегетации оказались достаточно высокими. В слое 0-20 см ПЗВ под луком так же, как и в предыдущие го-

ды, были на низком уровне, особенно в июле и августе. В результате дефицит доступной влаги оказался равен 34 и 38 мм соответственно. Поэтому поливная норма, например, в июле, должна была составлять не менее 340 т/га только для гумусово-аккумулятивного горизонта.

Keywords: bulb onion, leached chernozem, temperature, wilting moisture, lowest moisture capacity, total and available moisture, irrigation rates.

Bulb onion is a surface crop with the roots spreading to a depth of 20 cm. Onion crops are very demanding to soil fertility so the best soils for onions are light loamy humus-carbonate chernozems rich in organic matter. The maximum yield of bulb onion is obtained when the moisture content is close to 75-80% of the minimum moisture-holding capacity. Onion leaves have low transpiration but their roots absorb moisture poorly, therefore they constantly need irrigation. The available moisture during the growing season of 2005 was lower than the wilting moisture so regular irrigation was required. But the irrigation was irregular and the rates were random and did not compensate for the moisture deficit. In May, the moisture deficit was 28 mm and in June reached 32 mm. The available moisture level in one meter layer of soil at the end of August was unsatisfactory. In 2006, the irrigation of onions in May for a short time ensured optimal total and available moisture in the first half of the growing season. But in June, there was a significant available moisture deficit in the humus horizon. Therefore, to ensure the optimal moisture up to 0.75 of the minimum moisture-holding capacity, it was required to perform irrigation with a rate of 40 t ha to a depth of 20 cm. The moisture content in the studied variants in the warm season of 2007 was determined, first of all, by precipitation