

metodicheskie rekomendatsii. – Novosibirsk, 1984. – 24 s.

14. Gashkov A.V. Osnovnye selskokhoziaistvennye kultury Glycine max (L.) Merr. - Soia kulturnaia. http://agroAtlas.ru/ru/content/cultural/Glycine_max_K/ (data obrashcheniia: 19.07.2023).

Работа выполнена в рамках Программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан (BR10764991) «Создание высокопродуктивных сортов и гибридов масличных и крупяных культур на основе достижений биотехнологии, генетики, физиологии, биохимии растений для устойчивого их производства в различных почвенно-климатических зонах Казахстана».



УДК 630*114:631.436:630(571.15)
DOI: 10.53083/1996-4277-2023-227-9-32-37

В.Ю. Патрушев, С.В. Макарычев
V.Yu. Patrushev, S.V. Makarychev

СЕЗОННЫЙ РЕЖИМ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПРОФИЛЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПОД НАСАЖДЕНИЯМИ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ В АЛТАЙСКОМ ПРИОБЬЕ

SEASONAL TEMPERATURE REGIME IN THE PROFILE OF SOD-PODZOLIC SOIL UNDER GARDEN STRAWBERRY PLANTATIONS IN THE ALTAI REGION'S OB RIVER AREA

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, земляника садовая, влажность, температура, сумма температур, тепловой поток.

Основным фактором для повышения урожайности ягодных культур является формирование благоприятных агрофизических свойств и режимов тепла и влаги в почвенном профиле, поскольку они обеспечивают интенсивность биологических процессов, пищевой режим и тем самым жизнедеятельность растений. При этом тепловые потоки в почве напрямую определяются распределением термических полей в ее генетических горизонтах. Объектом исследований была выбрана дерново-подзолистая орошаемая почва, предметом исследований – температурный режим генетических горизонтов почвенного профиля в течение осенне-зимне-весеннего сезонов 2022-2023 гг. В конце октября 2022 г. в гумусовом горизонте до глубины 25 см имели место высокие положительные температуры. Но в начале ноября наступило резкое похолодание, которое обусловило постепенное охлаждение почвы. Сумма температур в профиле чернозема за то же время опустилась до +5°C, а максимальный исходящий теплопоток в конце осени составил -6,6 Вт/м². Наличие снежного покрова в декабре предохранило почву от промерзания. В течение трех зимних месяцев температура ее поверхности опустилась лишь до -2°C. Длительный период стабилизации термического режима был отмечен в нижележащих горизонтах чернозема. Значение теплового потока было стабильно с начала января до середины февраля. Весной 2023 г. в почвенной толще до глубины 1 м возникла полная стабилизация термического режима, которая сохранялась в течение месяца. Так, в слое 0-50 см установилась нулевая темпера-

тура, а на 100 см она составила 1,5°C. В апреле почва начала прогреваться. В течение мая она возросла до 22°C на поверхности и 10°C на метровой глубине. Тепловой поток вплоть до 05.04 сохранял нулевое значение. С середины апреля он стал положительным, достигнув к середине мая +30,8 Вт/м².

Keywords: sod-podzolic soil, garden strawberries, moisture content, temperature, accumulated temperature, heat flow.

The main factor for increasing berry crop yields is the formation of favorable agrophysical properties and thermal and moisture regimes in the soil profile since they ensure the intensity of biological processes, the nutritional regime and, thereby, the vital activity of plants. In this case, heat flows in the soil are directly determined by the distribution of thermal fields in its genetic horizons. The object of research was sod-podzolic irrigated soil. The research target was the temperature regime of the genetic horizons of the soil profile during the autumn-winter-spring seasons of 2022-2023. At the end of October 2022, high positive temperatures occurred in the humus horizon to a depth of 25 cm. But at the beginning of November there was quick cooling which caused gradual cooling of the soil. The accumulated temperature in the chernozem profile during the same time dropped to +5°C, and the maximum outgoing heat flow at the end of autumn was -6.6 W m². The presence of snow cover in December protected the soil from freezing. During three winter months, its surface temperature dropped to only -2°C. A long period of stabilization of the thermal regime was observed in the underlying chernozem horizons. The heat flow value was stable from early January to mid-February. In the spring of 2023, a complete

stabilization of the thermal regime occurred in the soil thickness to a depth of one meter which persisted for a month. Thus, in the 0-50 cm layer the temperature was zero, and at 100 cm it was 1.5°C. In April the soil began to

warm up. During May it increased to 22°C at the surface and 10°C at one meter depth. The heat flow remained zero until April 5. From mid-April it became positive reaching +30.8 W m² by mid-May.

Патрушев Владимир Юрьевич, нач. отдела снабжения, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: vvp0477@yandex.ru.

Макарычев Сергей Владимирович, д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: Makarychev1949@mail.ru.

Patrushev Vladimir Yurevich, Head, Supply Dept., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: vvp0477@yandex.ru.

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: Makarychev1949@mail.ru.

Введение

Основным фактором для повышения урожайности ягодных культур является формирование благоприятных агрофизических свойств и режимов тепла и влаги в почвенном профиле, поскольку они обеспечивают интенсивность биологических процессов, пищевой режим и тем самым жизнедеятельность растений [1]. При этом тепловые потоки в почве напрямую определяются распределением термических полей в ее генетических горизонтах. В настоящее время знаний о температурном состоянии почвенного покрова при возделывании земляники садовой в условиях оросительных мелиораций явно недостаточно [2]. Поэтому проведенные нами исследования остаются актуальными. Таким образом, **целью** исследований явилось изучение температурного режима в сезонном цикле.

Агротехнические методы ухода за насаждениями земляники сводятся к удалению сорняков, рыхлению поверхностного слоя почвы, поливам, внесению органических удобрений и, что немаловажно, к удалению лишних побегов (усов) [3, 4]. При этом влагосодержание почвы должно поддерживаться на уровне 0,7-0,8 НВ при поливной норме до 200 т/га, чтобы почва не «заплавала». В целях сохранения растений зимой проводят снегозадержание, а в частном производстве ягод используют нетканый укрывной материал.

Объекты и методы

Объектом исследований была выбрана дерново-подзолистая орошаемая почва. Предмет исследований – температурный режим генетических горизонтов почвенного профиля в течение осенне-зимне-весеннего сезонов 2022-2023 гг. Измерение температуры проводилось электронными зондами, выполненными на основе программируемых датчиков, расположенных на поверхности чернозема и на глубинах

нах 25, 50 и 100 см [5, 6]. Кроме того, были рассчитаны тепловые потоки в верхнем корнеобитаемом слое почвы [7]. Влажность определена взвешиванием образцов почвы и частотным методом, гранулометрический состав – по Н.А. Качинскому [8, 9].

Результаты исследований

Нами были организованы исследования сезонного температурного режима, формирующегося в профиле дерново-подзолистой орошаемой почвы супесчаного гранулометрического состава при возделывании садовой земляники сорта Первоклассница в течение 2022-2023 гг. Почвенный профиль содержит до 80% различных песчаных фракций. Особенно много крупного песка (до 60%). При этом количество илистых частиц не превышает 7%, которые распределены равномерно по генетическим горизонтам почвы в результате интенсивной фильтрации почвенной влаги. Максимальное содержание глины отмечено в гумусовом горизонте (13%). При переходе к нижним горизонтам оно снижается до 9% от общего количества. Плотность сложения в почвенном профиле закономерно увеличивается с глубиной: от 1130 кг/м³ в пахотном слое до 1370 в иллювиальном горизонте и до 1520 кг/м³ в почвообразующей породе. Влажность завядания колеблется в пределах от 6,8 до 4,2% от массы сухой почвы, или от 15,4 до 18,5 мм. Соответственно, наименьшая влагоемкость варьирует по глубине от 14,2 до 9,1%, или от 32,1 до 48,4 мм. Была также измерена теплопроводность 25-сантиметрового гумусового горизонта при НВ, которая составила 1,05 Вт/(м К).

Результаты измерений температуры в почвенном профиле осенью 2022 г. представлены в таблице 1, а сумма температур и величина теплотока показаны на рисунке 1.

Динамика температуры в профиле дерново-подзолистой почвы в 13:00 ч в октябре-ноябре 2022 г.

h, см	Дни наблюдений								
	20.10	25.10	30.10	05.11	10.11	15.11	20.11	25.11	30.11
0	25,5	27,0	0,5	2,5	0,5	1,0	0,0	-0,5	-1,0
25	26,0	26,5	2,5	2,0	1,5	1,5	1,5	1,0	0,5
50	24,0	25,5	6,5	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0	1,5
100	23,0	22,5	8,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0



Рис. 1. Осенние изменения суммы температур в профиле чернозема и теплового потока в пахотном горизонте, 2022 г.

Анализ данных таблицы 1 дает возможность рассмотреть динамику температуры в профиле чернозема под насаждениями земляники осенью 2022 г. Конец октября характеризовался высоким прогреванием. Так, в гумусовом горизонте до глубины 25 см отмечались повышенные температуры до 26-27°C, а на 100 см – около 23°C. В начале ноября наступило резкое похолодание, что привело к охлаждению всей почвенной толщи. С течением времени температура постепенно снижалась в пахотном слое до -1°C, а на метровой глубине – до +4°C. При этом термический режим почвы в течение суток не изменялся. В то же время за указанный период времени профиль чернозема сохранял положительные температуры.

Рисунок 1 демонстрирует изменение суммы температур, начиная с поверхности почвы, а также на 25, 50 и 100 см в 13:00 ч.

Так, сумма температур в профиле чернозема 25 октября скачкообразно упала с 99 до 18°C, затем постепенно, согласно арифметической прогрессии, снижалась вплоть до конца ноября, составив 5°C выше нуля. В то же время тепловой поток в слое 0-25 см изменялся произволь-

ным образом. При этом наблюдались положительные значения теплопотока в те дни, когда температура поверхности повышалась. Но в основном имели место отрицательные величины, когда тепло выходило из почвы. Максимальный теплопоток был приурочен к концу ноября, достигнув -6,6 Вт/м².

Данные таблицы 2 характеризуют температурное состояние чернозема в зимнее время года.

Снежный покров в декабре мощностью до 40 см, сформировавшийся под влиянием снегозащитных полос на участке исследований, предохранил почву от сильного промерзания. В течение трех зимних месяцев температура ее поверхности опустилась только до -2°C. Длительный период стабилизации термического режима был отмечен в нижележащих горизонтах чернозема: на глубине 25 см температура оставалась на уровне -0,5 °C, на 50 см была нулевой, а на 100 см оставалась положительной.

На рисунке 2 показаны изменения суммы температур и теплопотоков за аналогичный промежуток времени.

Динамика температуры в профиле дерново-подзолистой почвы в 13:00 ч с декабря 2022 г. по февраль 2023 г.

h, см	Дни наблюдений								
	05.12	15.12	25.12	05.01	15.01	25.01	05.02	15.02	25.02
0	-2,0	-1,5	-1,0	-0,5	-1,0	-1,0	-1,5	-1,5	-0,5
25	0,0	-0,5	-0,5	0,0	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
50	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,5	-0,5
100	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5

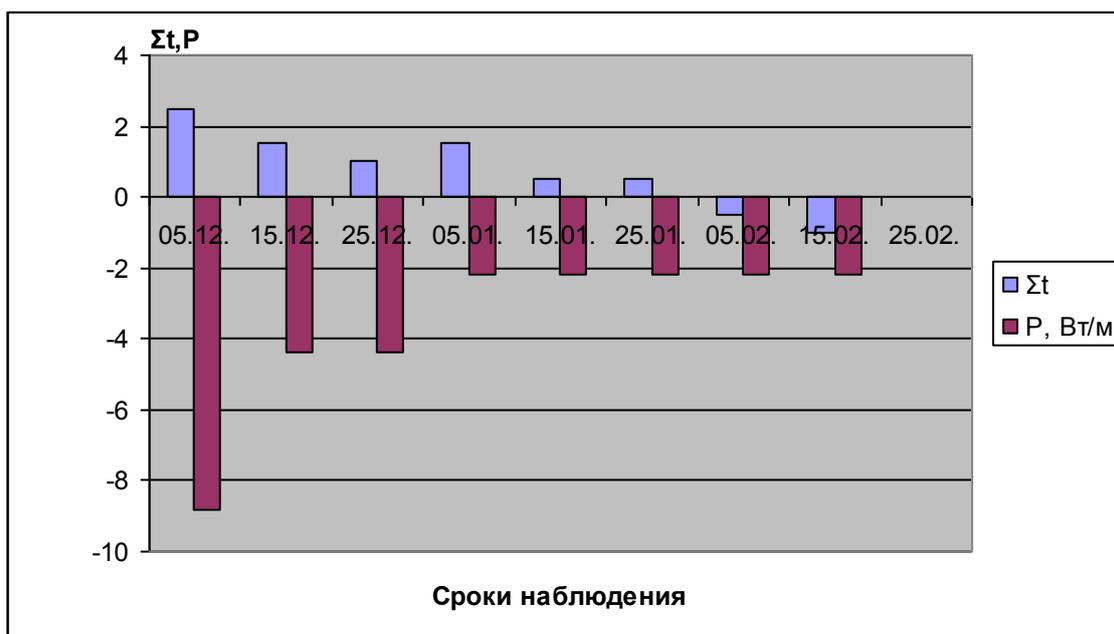


Рис. 2. Зимние изменения суммы температур в профиле чернозема и теплового потока в пахотном горизонте. 2022-23 гг.

Можно заметить, что представленная гистограмма соответствует гиперболическому снижению суммы температур, которая в декабре составляла +2,5°С, ноябре – 0,5, а в декабре – -1°С. Для теплопотока характерна аналогичная зависимость, которая показала, какое количество теплоты истекает из профиля чернозема [10]. На 20.10 отрицательный поток равнялся -8,8 Вт/м², а затем постоянно снижался. Так, его

величина была стабильна с начала января до середины февраля, составляя -2,2 Вт/м², после чего наступило динамическое равновесие при нулевом теплопотоке. Следовательно, в течение зимних месяцев тепло в той или иной степени выходило из почвенного профиля в атмосферу.

В таблице 3 представлены результаты температурных измерений за март-апрель 2023 г.

Динамика температуры в профиле дерново-подзолистой почвы в 13:00 ч с марта по май 2023 г.

h, см	Дни наблюдений								
	05.03	15.03	25.03	05.04	15.04	25.04	05.05	15.05	25.05
0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	7,0	12,0	18,5	22,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	4,5	8,0	11,5	21,0
50	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,5	6,0	10,5	12,0
100	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	5,0	8,5	10,0

Весной 2023 г. в почвенной толще до глубины 1 м возникла полная стабилизация термического режима, которая сохранялась в течение месяца. Так, в слое 0-50 см установилась нулевая температура, а на 100 см она составила 1,5°C. Сложившаяся ситуация начала меняться только в середине апреля, когда почва стала прогреваться. 25.04 на поверхности почвы после

снеготаяния температура достигла 7°C, а в нижних слоях – соответственно, 4,5; 2,5 и 2,0°C. В течение мая она возросла до 22°C на поверхности и 10°C на метровой глубине. В течение этого промежутка времени проявились суточные колебания термического режима, которые были более значимыми в верхней части почвенного профиля, но с 50 см отсутствовали.

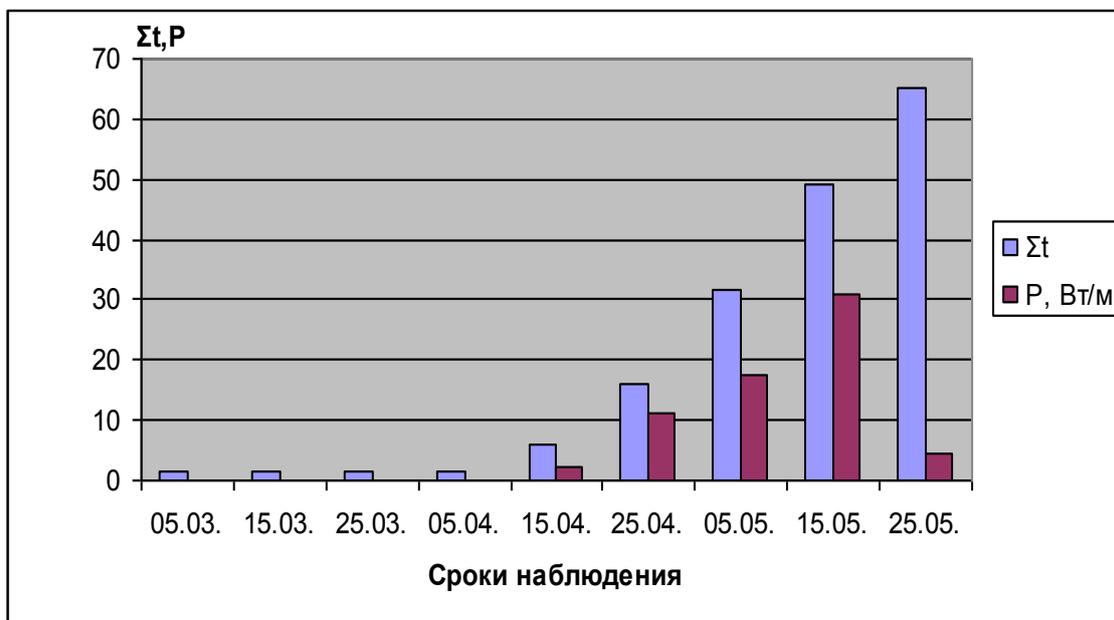


Рис. 3. Весенние изменения суммы температур в профиле чернозема и теплового потока в пахотном горизонте. 2023 г.

Рисунок 3 иллюстрирует динамику суммы температур и теплового потока по всему почвенному профилю. При этом они имели линейную зависимость и быстро изменялись с начала апреля до конца мая. Тепловой поток вплоть до 05.04 сохранял нулевое значение, поскольку тепловая энергия не поступала в почву и не выходила из неё. С середины апреля она стала положительной и начала резко возрастать, достигнув к середине мая +30,8 Вт/м².

Выводы

1. В конце октября 2022 г. в гумусовом горизонте до глубины 25 см имели место температуры, равные 26-27°C. Но в начале ноября наступило резкое похолодание, которое обусловило постепенное охлаждение почвы до -1°C, на метровой глубине – до +4°C. Сумма температур в профиле чернозема за то же время опустилась до +5°C, максимальный исходящий теплопоток в конце осени составил -6,6 Вт/м².

2. Наличие снежного покрова в декабре предоохранило почву от промерзания. В течение трех зимних месяцев температура ее поверхности опустилась лишь до -2°C. Длительный период стабилизации термического режима был отмечен в нижележащих горизонтах чернозема. При этом температура в феврале на глубине 50 см равнялась нулю, на 100 см – +1,5°C. Значение теплового потока было стабильно с начала января до середины февраля.

3. Весной 2023 г. в почвенной толще до глубины 1 м возникла полная стабилизация термического режима, которая сохранялась в течение месяца. Так, в слое 0-50 см установилась нулевая температура, а на 100 см она составила 1,5°C. В апреле почва начала прогреваться. В течение мая она возросла до 22°C на поверхности и 10°C на метровой глубине. Тепловой поток вплоть до 05.04 сохранял нулевое значение. С середины апреля он стал положительным, достигнув к середине мая +30,8 Вт/м².

Библиографический список

1. Бурлакова, Л. М. Плодородие Алтайских черноземов в системе агроценоза / Л. М. Бурлакова. – Новосибирск: Наука СО, 1984. – 88 с. – Текст: непосредственный.
2. Макарычев, С. В. Теплофизические основы мелиорации почв: учебное пособие / С. В. Макарычев, М. А. Мазиров. – Москва, 2004. – 278 с. – Текст: непосредственный.
3. Говорова, Г. Ф. Земляника / Г. Ф. Говорова, Д. Н. Говоров. – Москва: Изд-кий Дом МСП, 2003. – 160 с. – Текст: непосредственный.
4. Звонарев, Н. М. Земляника. Клубника. Сорта, уход, сезонный календарь. – Москва: Центрполиграф, 2010. – 128 с. – Текст: непосредственный.
5. Болотов, А. Г. Электронный измеритель температуры почвы / А. Г. Болотов, Ю. В. Беховых, С. В. Макарычев. – Текст: непосредственный // Проблемы природопользования на Алтае: сборник научных трудов. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2001. – С. 87-91.
6. Определение профильного распределения температуры почвы на основании температуры ее поверхности / А. Г. Болотов, Е. В. Шеин, М. А. Мазиров, А. И. Мартынов. – Текст: непосредственный // Земледелие. – 2018. – № 7. – С. 26-29.
7. Макарычев, С. В. Физические свойства, гидротермические режимы почв и методы их исследования: учебное пособие. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2020. – 57 с. – Текст: непосредственный.
8. Измерение влажности почв методом частотной диэлькометрии / А. Г. Болотов, Т. А. Карась, А. А. Лёвин [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 12 (110). – С. 36-39.
9. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почвы / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 416 с. – Текст: непосредственный.
10. Горяев, В. Е. Агрофизические основы и методы регулирования гидротермического ре-

жима почв / В. Е. Горяев. – Новосибирск: СО РАН, 2003. – 135 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Burlakova L.M. Plodorodie Altaiskikh chernozemov v sisteme agrotsenoza. – Novosibirsk: Nauka SO, 1984. – 88 s.
2. Makarychev S.V. Teplofizicheskie osnovy melioratsii pochv: ucheb. posobie / S.V. Makarychev, M.A. Mazirov. – Moskva, 2004. – 278 s.
3. Govorova G.F. Zemlianika / G.F. Govorova, D.N. Govorov. – Moskva: Izd. dom MSP, 2003. – 160 s.
4. Zvonarev N.M. Zemlianika. Klubnika. Sorta, ukhod, sezonnyi kalendar. – Moskva: Tsentrpoligraf, 2010. – 128 s.
5. Bolotov A.G. Elektronnyi izmeritel temperatury pochvy. / A.G. Bolotov, Yu.V. Bekhovyykh, S.V. Makarychev // Problemy prirodopolzovaniia na Altae: sb. nauch. tr. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2001. – S. 87-91.
6. Bolotov A.G. Opredelenie profilnogo raspredeleniia temperatury pochvy na osnovanii temperatury ee poverkhnosti / A.G. Bolotov, E.V. Shein, M.A. Mazirov, A.I. Martynov // Zemledelie. – 2018. – No. 7. – S. 26-29.
7. Makarychev S.V. Fizicheskie svoistva, gidrotermicheskie rezhimy pochv i metody ikh issledovaniia: uchebnoe posobie. – Barnaul: Izd-vo AGAU.
8. Bolotov A.G. Izmerenie vlazhnosti pochv metodom chastotnoi dielkometrii / A.G. Bolotov, T.A. Karas, A.A. Levin i dr. // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – No. 12 (110). – S. 36-39.
9. Vadiunina A.F. Metody issledovaniia fizicheskikh svoistv pochvy / A.F. Vadiunina, Z.A. Korchagina. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 416 s.
10. Goriaev V.E. Agrofizicheskie osnovy i metody regulirovaniia gidrotermicheskogo rezhima pochv. – Novosibirsk: SO RAN, 2003. – 135 s.

