

## References

1. Rex, L. M. Do we need drainage in the Volga region? / L. M. Rex // Steppe expanses. - 1977. - No. 4. - P. 34-35, No. 5 – P. 39-40.
2. Kostyakov, A. N. Selected works / A. N. Kostyakov - M.: Selkhozgiz, 1961. - Vol. 1. - 743 p., Vol. 2 - 807 p.
3. Averyanov, S. F. Fight against salinization of irrigated lands. - M.: "Kolos", 1978. - 288 p.
4. Reshetkina, N. M. Vertical drainage / N. M. Reshetkina, H. I. Yakubov. – M.: «Kolos», 1978. – 320 p.
5. Dukhovny , V. A. Horizontal drainage of irrigated lands / V. A. Dukhovny, M. B. Baklushin, E. D. Tomin, F. V. Serebrennikov. – M.: Kolos, 1979. – 256 p.
6. Aidarov, I. P. Regulation of water-salt and nutrient regimes of irrigated lands / I. P. Aidarov. - M.: Agropromizdat, 1985. - 304 p.
7. Liskonov, A. T. Closed drainage in irrigation / A. T. Liskonov, N. N. Bredikhin, D. P. Savchuk. - Krasnoyarsk: Krasnoyarsk University Press, 1992. - 288 p.
8. Parfenova, N. I. Ecological principles of regulation of the hydrochemical regime of irrigated lands / N. I. Parfenova, N. M. Reshetkina. - St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1995. - 360 p.
9. Kireicheva, L. V. Drainage systems on irrigated lands / L. V. Kireicheva. - M.: VNIIGiM, 1999. – 202 p.
10. Kapustyan, A. S. Cleaning and utilization of drainage and discharge waters of irrigation systems / A. S. Kapustyan, V. P., Palstov, A.V. Shchedrina. - M.: "Meliovodinform", 2000. - 242 p.
11. Kontorovich, I. I. Utilization of drainage runoff from irrigated lands / I. I. Kontorovich. - Riga: Lambert Academic Publishing, 2018. - 203 p.
12. The scheme of zoning drainage in the Volga region / L. G. Balaev, V. V. Beylin, V. I. Bobchenko, E. I. Goldenberg, D. M., Katz, B. I. Kostin, N. M. Reshetkina. – M.: VNIIGiM, 1980. – 28 p.
13. Indicators for the assessment and accounting of the reclamation status of irrigated agricultural land and the technical condition of irrigation systems in the Volgograd region. - Volgograd: Volgograd Hydrogeological and Reclamation Party, 1985-2020.

УДК 911.143(476)

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КРУПНОМАСШТАБНОЙ МЕЛИОРАЦИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ НА ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ**

**Борушко В.В., Волчек А.А.**

УО «Брестский Государственный технический университет». Брест, Республика Беларусь

***Аннотация.** В статье приведены результаты моделирования распространения тепла в почве при различных нормах осушения. Предложена методика позволяет, используя математическое моделирование, получить температурный профиль почв, что положено в основу оценки изменения температурного и теплового режимов естественных и осушенных торфяных почв Белорусского Полесья. Полученные в работе результаты могут быть использованы при управлении водным режимом мелиорированных почв.*

***Ключевые слова:** Белорусское Полесье, торфяно-болотная почва, мелиорация, температура, теплоемкость, количество теплоты.*

# EVALUATION OF THE INFLUENCE OF LARGE-SCALE RECLAIMING OF THE BELARUSIAN POLESIE ON THE THERMAL REGIME OF PEAT SOILS

**Barushka V. V., Volchak A. A.**

Brest State Technical University, Republic of Belarus, Brest

***Abstract.** The article presents the results of modeling the distribution of heat in the soil at various rates of drainage. The proposed method allows, using mathematical modeling, to obtain the temperature profile of soils, which is the basis for assessing changes in the temperature and thermal regimes of natural and drained peat soils of the Belarusian Woodland. The results obtained in the work can be used in managing the water regime of reclaimed soils.*

***Keywords:** Belarusian Woodland, peat-bog soil, land reclamation, temperature, heat capacity, amount of heat.*

## **Введение**

Проведенные крупномасштабные мелиорации Белорусского Полесья во второй половине XX века успешно решили задачу комплекса организационно-хозяйственных и технических мероприятий для обеспечения производства сельскохозяйственной продукции и оптимизации водно-воздушного режима. Как показала практика, мелиорация в целом справилась с поставленной перед ней задачей, но оказала существенное влияние на природные экосистемы, в том числе, и на тепловой режим территорий.

Тепловой режим, наряду с водно-воздушным, определяет, главным образом, сельскохозяйственную продуктивность земель. По этой причине изучение закономерностей формирования теплового режима почв является одной из актуальных задач земледелия. Целенаправленное регулирование данного процесса будет способствовать повышению урожайности и улучшению качества возделываемых сельскохозяйственных культур.

Несмотря на то, что микроклимат оказывает существенное влияние на рост сельскохозяйственных культур и их урожайность, в настоящее время недостаточно внимания уделяется этому фактору. Как правило, рассматриваются вопросы о внесении удобрений, использовании новых сортов, средств борьбы с сорной растительностью и т.д. [1].

Белорусское Полесье располагается в пределах Брестской и Гомельской областей, с площадью осушенных земель 7315,9 и 1415,5 тыс. га соответственно. Это составляет примерно 19 % всех земель этих областей [2].

В ближайшее время расширение сельскохозяйственных угодий не представляется возможным, поэтому одной из основных задач является повышение урожайности мелиоративного гектара. Безусловно, главным фактором ее повышения, помимо улучшения качества семян и внесения удобрений, является количество теплоты, которое приходится на поверхность почвы, а также влагообеспеченность корнеобитаемого слоя.

Характер изменения теплового режима осушенных и неосушенных территорий имеет различную структуру и определяется как климатическими факторами, так и степенью мелиорированности. В первую очередь меняется коэффициент теплопроводности, который варьируется от 0,1 Вт/(мК) для сухого торфа и до 0,5 Вт/(мК) для увлажненного. За счет лучшей теплопроводности нижние слои влажной почвы сильнее прогреваются и дольше удерживают тепло при уменьшении температуры атмосферного воздуха.

Основным источником тепла является лучистая энергия солнца. Поглощаемая почвой, она превращается в тепловую, которая передается в нижние горизонты, либо возвращается в атмосферу посредством явления теплопроводности или теплового излучения и отражения. Разность поглощаемой и излучаемой энергий представляет собой энергию, которая идет на нагревание земной поверхности. При возрастании градиента температур между верхними и нижними слоями почвы, большее количество тепла уходит вниз [3].

Целью настоящего исследования является оценка изменения теплового режима мелиорированных торфяно-болотных почв Белорусского Полесья.

#### **Методика исследований**

В основу исследований положено решение уравнения радиационного баланса, который формирует тепловой режим почв [4].

Для описания закономерностей формирования температурного профиля почв использовано уравнение теплопроводности [5]:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = k \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (1)$$

где:  $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $C_p$  – теплоемкость, Дж/(мольК);  $k$  – теплопроводность, Вт/мК;  $T$  – температура, К;  $\nabla$  – гамильтониан.

Численное моделирование теплового режима почв сводится к вычислениям профильного распределения их температур [6].

Для количественной оценки изменения теплоемкости почв проведен численный эксперимент по следующей схеме: в качестве условного объема принят элемент почвы 5 м<sup>3</sup> с размерами 1 м – ширина, 1 м – длина и 5 м – глубина; выбранное значение глубины с запасом соответствует уровню, на котором прекращаются колебания температуры, связанные со степенью прогрева воздуха солнечными лучами [7].

Торфяно-болотные почвы занимают около 20% почв Белорусского Полесья [3]. В исследовании рассматриваемая модель состоит из верхнего слоя торфа глубиной 2 м, и нижнего слоя песка глубиной 3 м. Расчеты проводились для уровней грунтовых вод (УГВ) 0 м; 0,4 м и 0,8 м.

Численное решение математической модели получено методом конечных элементов.

На базе специализированного программного обеспечения создана модель переноса тепла в почве и исследована динамика ее прогрева в естественных условиях [8].

Исходными данными послужила метеорологическая информация по метеостанции Полесская, которая находится в центре Белорусского Полесья и является репрезентативной для данного региона. Температура воздуха принималась равной среднему многолетнему значению для данного дня в 19:00, что является равным среднему значению температуры в рассматриваемый день.

С использованием приведенной выше методики выполнен численный эксперимент по построению температурного профиля почв для следующих граничных условий:

1. На верхней поверхности почвы задавался поток теплоты, равный среднемесячному потоку солнечного излучения, падающего на единицу площади горизонтальной поверхности.
2. На нижней поверхности почвы задавалось условие термостабилизации при температуре  $9,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , равной среднегодовой температуре воздуха над поверхностью [9].
3. На поверхности почвы также задавалось условие конвективного теплообмена [5]:  $-\nabla(-k\nabla T) = 0$ .
4. На боковых границах выделенного объема применялись условия теплоизоляции.
5. Испарение с поверхности почвы определялось как изменение внутренней энергии воды при испарении по формуле:

$$Q = Lm - \nu RT, \quad (2)$$

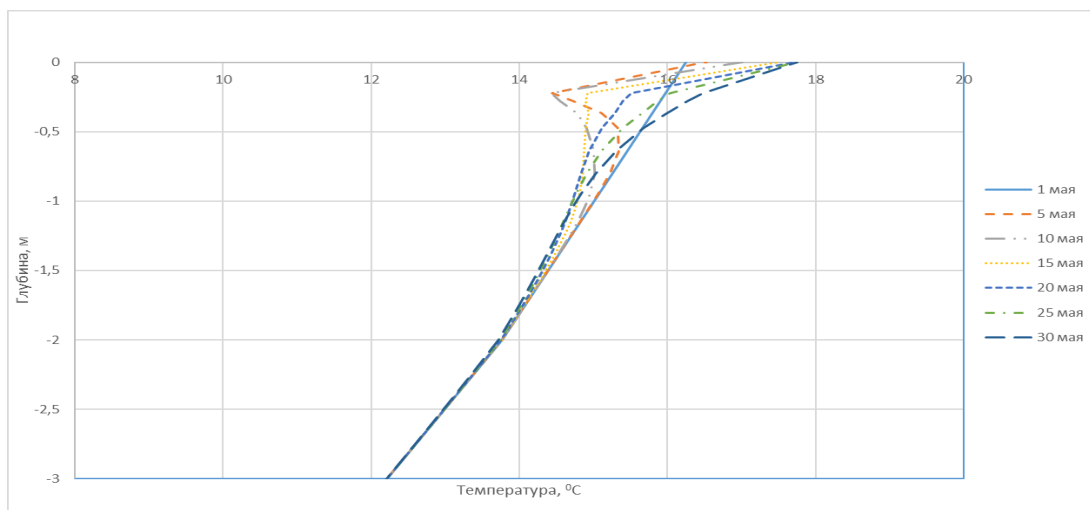
где:  $L$  – удельная теплота парообразования, Дж/кг;  $m$  – масса испарившейся воды, кг;  $\nu$  – количество вещества испарившейся воды, моль;  $T$  – температура воздуха, К;  $R$  – молярная газовая постоянная, Дж/мольК.

### Результаты и обсуждение

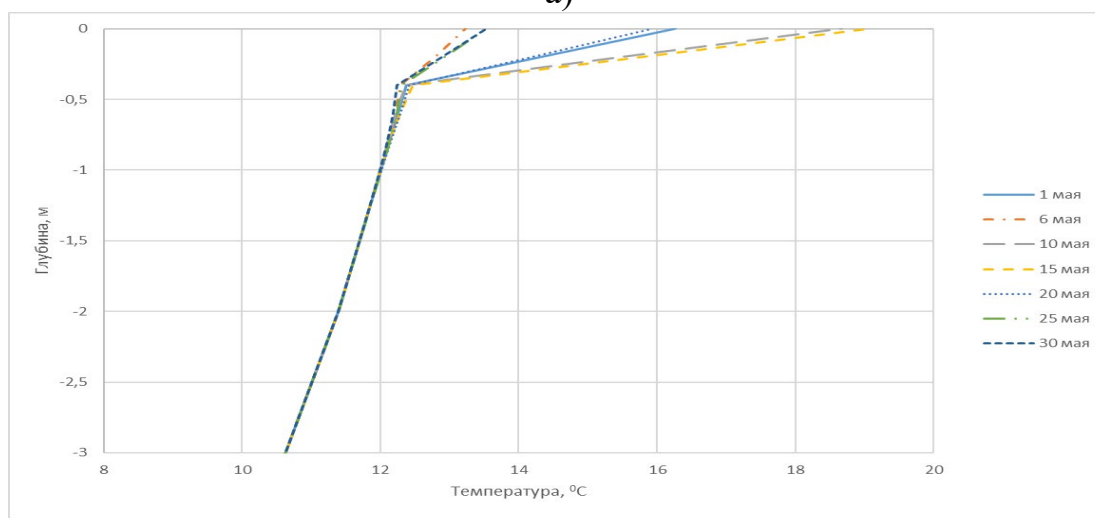
В результате численного эксперимента получено распределение температуры почвы по всей толщине моделируемой системы с интервалом осреднения за сутки с мая месяца по октябрь включительно. В качестве примера на рисунке 1 приведены графики зависимостей для мая месяца.

В зависимости от свойств почвы на глубине от 0,35 м до 1 м суточные колебания температуры почвы затухают [10]. Так для почвы без осушения колебания температурных величин практически не наблюдаются на глубине около 1 м, а для осушенной это происходит уже на глубине около 0,8 м.

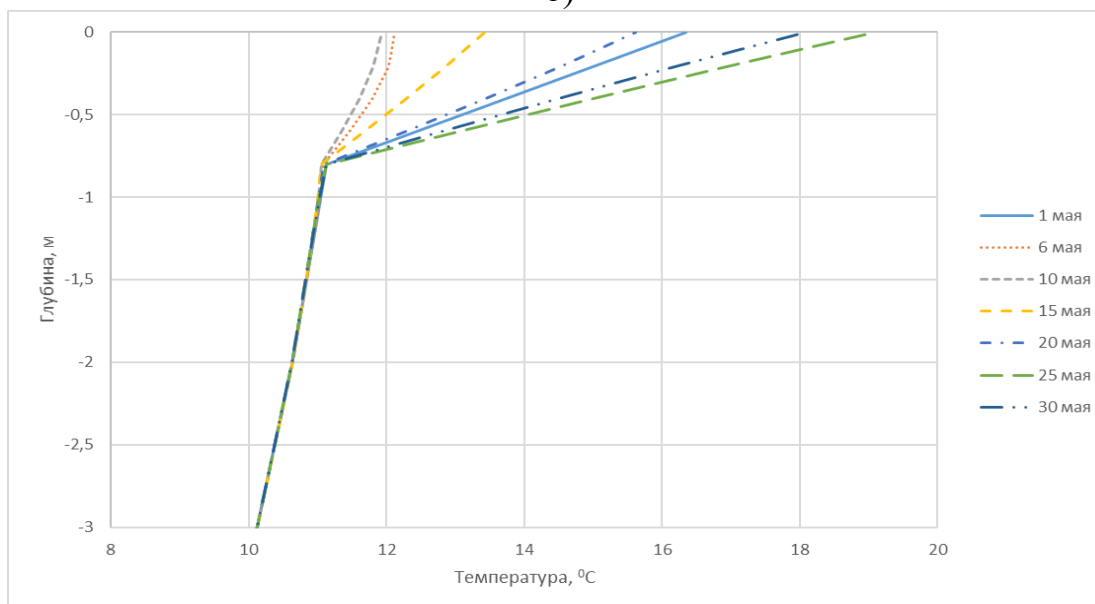
В слое почвы без осушения колебания температур происходят примерно до глубины 2,5 м. С приближением к поверхности температура равномерно возрастает. На глубине 2,5 м в исследуемой модели лежит слой постоянной температуры. Скачки температуры, которые наблюдаются в отдельные дни на глубине около 0,2 м, связаны с инертностью процесса нагревания почвы.



а)



б)



в)

Рисунок 1 - Распределение температуры торфяно-болотной почвы по глубине для выбранных дней:

а) без осушения, б) с осушением на 0,4 м, в) с осушением на 0,8 м

При снижении УГВ на 0,8 м колебания температуры атмосферного воздуха оказывают существенное влияние на температуру почвы уже на глубине верхнего уровня воды.

В процессе осушения, как видно из диаграммы, изображенной на рисунке 2, количество теплоты, аккумулированной почвой, понижается с уменьшением УГВ. Для торфяно-болотных почв разность энергий до сброса воды и с осушением на 0,8 м достигает максимума в июле и составляет  $2,7 \cdot 10^{10}$  Дж.

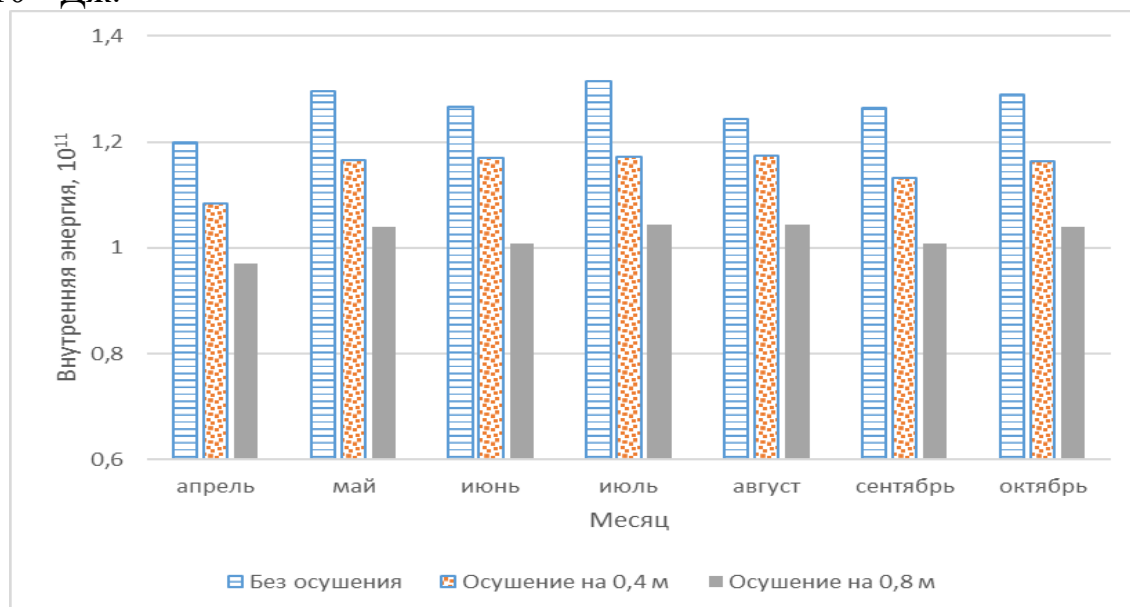


Рисунок 2 - Аккумулируемая энергия торфяно-болотными почвами

### Заключение

При осушении болот вместе с водой безвозвратно уходит большое количество энергии, которое составляет порядка  $10^{10}$  Дж с  $1 \text{ м}^2$  или  $10^6$  Дж с га. Если учесть, что Белорусское Полесье, площадь которого около 5 млн га [4], осушено полностью, то количество теплоты, что недополучает почва региона за вегетационный период, будет порядка  $10^{16}$  Дж. Для сравнения: установленная мощность генерирующих энергоисточников Республики Беларусь составляет 10 073,99 МВт, что равно  $8,7 \cdot 10^{14}$  Дж в сутки или  $2,4 \cdot 10^{12}$  Дж в год.

Уменьшение средней теплоемкости и теплопроводности почвы ведет к снижению количества энергии, аккумулированной почвой. Это может приводить к поздним заморозкам весной и ранней осенью, которые регулярно наблюдаются на территории Белорусского Полесья.

### Список использованных источников

1. Моторин А.С. Плодородие торфяных почв Западной Сибири /А.С. Моторин // Мелиорация и водное хозяйство, 2020. № 1. С 16–22.
2. Государственный земельный кадастр Республики Беларусь (по состоянию на 1 января 2021 г.). Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии. Минск, 2021.
3. Природообустройство Полесья: монография в 4 кн.; под общ. науч. ред. Ю.А. Мажайского [и др.]. Брест; Ровно; Варшава; Рязань: Мещерский филиал ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2019. Кн. 1: Белорусское Полесье. Т. 2: Преобразование и использование природных ресурсов. – 503 с.

4. Волчек, А.А., Шведовский П.В., Шешко Н.Н. Гидравлика, гидрология, гидрометрия: учебное пособие; под общ. ред. А.А. Волчека. М.: Изд-во Кнорус, 2021. – 520 с.
5. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Изд-во МГУ, 1999. – 799 с.
6. Хворова Л.А., Жариков А.В. Численное моделирование составляющих теплового режима почв Алтайского Приобья. // Известия АГУ, 2013. № 1. Т. 1. С. 126–130.
7. Волчек А.А., Борушко В.В. Оценка влияния осушения на тепловой режим почв Полесья. Комплексные проблемы техносферной безопасности. Научный и практический подходы к развитию и реализации технологий безопасности. Сборник статей по материалам XVII Междун. науч.-практ. конф., Воронеж, 2021. С. 368–374.
8. Борушко В.В., Волчек А.А., Гладковский В.И. К вопросу о влиянии осушения на тепловой режим мелиорированных земель Белорусского Полесья. Актуальные проблемы наук о земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды. Сб. материалов междун. науч.-практ. конф., посвященной Году науки в Республике Беларусь. Брест: БрГУ имени А. С. Пушкина, 2017. Ч. 2. С. 6–9.
9. Зубашенко Е.М., Шмыков В.И., Немыкин А.Я., Полякова Н.В. Региональная физическая география. Климаты Земли: учебно-методическое пособие. Часть 1. Воронеж: ВГПУ, 2007. – 183 с.
10. Горбылева А.И., Андреева Д.М., Воробьев В.Б., Петровский Е.И. Почвоведение с основами геологии: учебн. пособие. Мн.: Новое знание, 2002. – 480 с.

#### References

1. Motorin A.S. Fertility of peat soils of Western Siberia /A.S. Motorin // Land reclamation and water management, 2020. No. 1. From 16-22.
2. State Land Cadastre of the Republic of Belarus (as of January 1, 2021). Committee on Land Resources, Geodesy and Cartography. Minsk, 2021.
3. Nature management of Polesie: a monograph in 4 books; under the total. scientific ed. by Yu.A. Mazhaisko [et al.]. Brest; Rivne; Warsaw; Ryazan: Meshchersk branch of VNIIGiM named after A.N. Kostyakova, 2019. Book 1: Belorusskoe Polesie. Vol. 2: Transformation and use of natural resources. – 503 p .
4. Volchek, A.A., Shvedovsky P.V., Sheshko N.N. Hydraulics, hydrology, hydrometry: textbook; under the general editorship of A.A. Volchek. M.: Knorus Publishing House, 2021.- 520 p.
5. Tikhonov A.N., Samarsky A.A. Equations of mathematical physics. Moscow: Publishing House of Moscow State University, 1999. - 799 p.
6. Khvorova L.A., Zharikov A.V. Numerical modeling of the components of the thermal regime of the soils of the Altai Ob region. // Izvestiya ASU, 2013. No. 1. Vol. 1. pp. 126-130.
7. Volchek A.A., Borushko V.V. Assessment of the effect of drainage on the thermal regime of Polesie soils. Complex problems of technosphere security. Scientific and practical approaches to the development and implementation of security technologies. Collection of articles based on the materials of the XVII International Scientific and Practical Conference.. Voronezh, 2021. pp. 368-374.
8. Borushko V.V., Volchek A.A., Gladkovsky V.I. On the issue of the influence of drainage on the heat regime of reclaimed lands of the Belarusian Polesie. Actual problems of earth sciences: the use of natural resources and the preservation of the environment. Collection of materials of the international scientific and practical conference dedicated to the Year of Science in the Republic of Belarus. Brest: BrSU named after A. S. Pushkin, 2017. Part 2. pp. 6-9.
9. Zubashchenko E.M., Shmykov V.I., Nemykin A.Ya., Polyakova N.V. Regional physical geography. Climates of the Earth: an educational and methodological guide. Part 1. Voronezh: VSPU, 2007. – 183 p.
10. Gorbyleva A.I., Andreeva D.M., Vorobyev V.B., Petrovsky E.I. Soil science with the basis of geology: textbook. manual. Mn.: New knowledge, 2002. – 480 p.