



УДК 57.022

DOI 10.22263/2313-2310-2017-25-1-21-28

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АДАПТАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ

Н.В. Кутафина, А.Н. Краснопивцева

Курский государственный университет  
ул. Радищева, д. 33, Курск, Россия, 305000

Растения, ведущие прикрепленный образ жизни, вынуждены быть особенно пластичными в ответах на воздействия окружающей среды. К наиболее важным внешним факторам относятся свет, являющийся не только источником энергии для фотосинтеза, но и сигналом, активирующим и изменяющим программу развития растения. *Цель:* изучение содержания и соотношения разных форм фотосинтетических пигментов в листьях растений, произрастающих только в условиях естественного освещения (лесной массив), в сравнении с особями, имеющимися в условиях дополнительного освещения (расположенными вблизи уличных фонарей и освещенных окон домов). В опыт были включены особи растений березы, произрастающие в лесном массиве урочища Гуторево (густые насаждения березы в пределах соснового леса) и деревья рядовой посадки парка Лира (южная зона пригорода Курска). Листья взвешивали. Содержание пигментов определяли в лабораторных условиях в четырех аналитических повторностях. Содержание хлорофиллов и каротиноидов определяли расчетным путем. Оценивали объемную долю пигментов. Статистический анализ вели с использованием *t*-критерия Стьюдента. Изучено содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях березы повислой в результате искусственного увеличения продолжительности светового периода в условиях умеренного климата Курской области. У растений отмечено увеличение содержания хлорофиллов ( $a + b$ ) на 12,0%, каротиноидов в листьях — на 23,0%. Есть основания считать, что адаптация пигментного аппарата растений березы, произрастающих в условиях естественного освещения (лесной массив) и у расположенных в зоне искусственного освещения, происходит путем трансформации светособирающего комплекса. Комплекс факторов урбанизированной среды, в том числе освещенность, уплотнение почвы в области подкоронового пространства, которые в большей степени испытывают парковые биомы, не приводит к уменьшению содержания пигментов в конце вегетации по сравнению с особями лесного биотопа. Это свидетельствует об их высокой устойчивости и лучшей адаптации к действию природных и антропогенных факторов.

**Ключевые слова:** растения, береза повислая, урбанизированная среда, фотопериод, хлорофиллы

### Введение

Процессы адаптации свойственны всей живой природе [1–3]. Многие аспекты этого процесса прослежены на различных видах животных [4; 5] и на человеке [6]. Точно установлено, что на развитие данного процесса оказывает влияние генетика организма [7; 8], его реактивность на текущий момент [9] и факторы среды [10]. Биологическая роль адаптации заключается в максимально полном

приспособлении живого организма к существующим условиям и направлена на его выживание [11]. Это обеспечивается течением адаптации в условиях нормы и патологии [12]. Все эти закономерности вполне справедливы и для растительных организмов, находящихся в любых зонах нашей планеты [13]. Представляет большой интерес дальнейшее изучение аспектов этого процесса у растений, находящихся в урбанизированной зоне, т.е. в условиях городской среды [14]. Было замечено, что городская среда имеет существенные отличия от естественных природных условий, в которых сформированы физиологические особенности растительных организмов и особенно древесных растений. В урбоэкосистемах растения вынуждены приспосабливаться не только к неблагоприятным для них условиям, но и к изменению продолжительности светового дня во втором периоде вегетации за счет своеобразного светового климата: вечернего и утреннего освещения уличными фонарями, которое сказывается на фотопериодических явлениях [15].

Растения, ведущие прикрепленный образ жизни, вынуждены быть особенно пластичными в ответах на воздействия окружающей среды. К наиболее важным внешним факторам относится свет, являющийся не только источником энергии для фотосинтеза, но и сигналом, активирующим и изменяющим программу развития растения.

Интенсивность фотосинтеза характеризуется общей тенденцией постепенного понижения к концу вегетационного периода, которое объясняется старением листьев. В снижении интенсивности фотосинтеза листьев во второй половине вегетации играют роль многие факторы. Среди них наибольшее значение имеют изменения, наступающие в пластидах и хлорофилле по мере старения фотосинтетического аппарата. Известно, что старение листьев сопровождается деструкцией пластидов и уменьшением содержания хлорофилла, что приводит к понижению интенсивности фотосинтеза. Вместе с тем значительно понижается и содержание воды в листьях, являющееся одним из важных условий фотосинтеза [13; 15].

При исследовании состояния растений немаловажное значение имеет изучение пластичности фотосинтетического аппарата, его способности приспосабливаться к изменяющимся внешним условиям. Одним из информативных и наиболее распространенных параметров, характеризующих фотосинтетический аппарат растений, является его пигментный состав.

Пигментная система растений — основа для фотосинтетического преобразования солнечной энергии в энергию химических связей. Хлорофиллы являются основными фотосинтетическими пигментами, а каротиноиды, выполняя свето собирающую функцию, также выполняют светозащитную функцию, так как отводят избыточную энергию от хлорофиллов. В условиях высокой инсоляции часто повышена доля каротиноидов, выполняющих в данных условиях функцию защиты от фотоингибирования [16].

Эффективность работы пигментной системы зависит от соответствия ее структуры и функции экологическим условиям, прежде всего условиям освещения. Уровень инсоляции не одинаков в условиях лесных насаждений и в рядовых парковых посадках [17].

Указанные условия изменяют не только режим солнечной радиации, но и обеспечивают дополнительный источник света от уличных фонарей и освещенных окон домов, фар автомобилей, что должно отражаться на пигментной системе листьев, от эффективности работы которой напрямую зависит фотосинтетическая продуктивность растений. Адаптация к дополнительному режиму инсоляции может затрагивать как содержание фотосинтетических пигментов, так и соотношение их форм. Сведения об изменениях, происходящих в пигментном комплексе растений в условиях городской иллюминации, немногочисленны. Большинство известных работ посвящено изучению содержания пигментов растений в отдельных экстремальных условиях обитания — пустынях, высокогорьях и тундрах, крайнесеверной тайге [16] и содержат сведения об изменениях, происходящих в пигментном комплексе растений вдоль глобальных широтных градиентов [18].

В связи с этим целью нашей работы было изучение содержания и соотношения разных форм фотосинтетических пигментов в листьях растений, произрастающих только в условиях естественного освещения (лесной массив) в сравнении с особями, произрастающими в условиях дополнительного освещения (расположенными вблизи уличных фонарей и освещенных окон домов).

### **Материалы и методы исследования**

Исследования проводили в 2016 г. в период осеннего расцветивания листьев в условиях лесостепи Центрально-Черноземной зоны (южная зона пригорода Курска). В опыт были включены особи растений березы, произрастающие в лесном массиве урочища Гуторево (густые насаждения березы в пределах соснового леса) и деревья рядовой посадки парка Лира. В темное время суток парк освещен уличными фонарями и получает дополнительное освещение от расположенных по сторонам двух высотных домов. Территориально исследуемые виды находятся на расстоянии, не превышающем 150—200 м, а следовательно, почвенные и климатические условия равнозначны и соответствуют типично умеренному климату.

Оценка фаз развития объектов исследования проводилась на основе методики фенологических наблюдений в ботанических садах [5]. Сбор листьев растений проводили в октябре. Объектами исследования были выбраны растения березы повислой *Bétula péndula*, произрастающие в условиях естественного освещения (лесной массив) и особи, расположенные вблизи уличных фонарей и освещенных окон домов (парковая зона).

Измерения проводили на листьях среднего яруса. Листья взвешивали для сравнительной характеристики их массы в зависимости от места произрастания. Содержание пигментов определяли в лабораторных условиях в четырех аналитических повторностях. Пигменты экстрагировали 96% этанолом, их количество определяли на спектрофотометре Odyssey DR/2500 (“НАСН”, США). Содержание хлорофиллов и каротиноидов рассчитывали по формулам Vernon и Wettstein [15] в расчете на единицу сухого веса листа. Для определения соотношения объемной доли пигментов использовали метод разделения пигментов по Краусу по [15]. Статистический анализ вели с применением t-критерия Стьюдента.

### Результаты исследования и их обсуждение

Живые организмы на нашей планете чутко реагируют на меняющиеся условия среды, состав почвы [19; 20] и любые внешние воздействия, в том числе искусственного характера [21]. Это было подтверждено и в проведенном исследовании, когда весовой анализ листьев в зоне наблюдения показал тенденцию к уменьшению их массы у древесных форм лесного массива. Их масса составляла 78,8% от опытных экземпляров на момент исследования. При этом площадь листьев имела обратный характер по причине их большей ксероморфности, что связано не только с наличием дополнительного освещения, но и с лучшим освещением из-за отсутствия затенения соседних деревьев, характерного для лесной полосы. Уменьшение массы связано с более быстрыми темпами подготовки листьев растений лесного биоценоза к периоду покоя, т.е. оттоку ассимилятов из листовой пластинки.

Данная зависимость имела отражение и в общем количестве выделенного пигмента с единицы массы листа при том же объеме растворителя: объем вытяжки с контрольных листьев имел показатели на 12,6% ниже парковых берез. Данный факт объясняется не только замедлением разрушения хлорофиллов, но и большим количеством каротиноидов как светозащитающих пигментов в результате повышенной инсоляции.

Более важным показателем, характеризующим степень изменения программы развития растения, является пигментный состав листа. Содержание фотосинтетических пигментов имеет незначительную прямую связь с объемным соотношением полученных вытяжек ( $r = 0,63$ ,  $p < 0,05$ ).

Исследование содержания пигментов у растений парковой зоны показало, что содержание хлорофилла в расчете на единицу сухого веса листа в 1,6 раза больше лесных экземпляров, в то время как содержание каротиноидов увеличивалось в 2,3 раза. Иными словами, содержание фотосинтетических пигментов в фазу начала осеннего расцветивания листьев зависит не только от уровня инсоляции. В экосистеме с высоким уровнем солнечной инсоляции было отмечено более высокое содержание хлорофилла. При этом, согласно исследованиям ряда авторов, в условиях высокого уровня солнечной инсоляции отмечается низкое содержание хлорофилла в растениях [15]. Являясь адаптивным признаком в условиях высокой освещенности, невысокое количество хлорофилла в ходе протекания фотосинтетического процесса уменьшает опасность фотодеструкции клетки. По причине зависимости протекания всех физиологических процессов у растений от продолжительности светового дня его сокращение у растений парковой зоны менее выражено и процессы старения листа более замедлены. Это позволяет говорить о большей сохранности фотосинтетической системы растений, претерпевающей меньшую фотодеструкцию.

Содержание каротиноидов положительно коррелировало с содержанием хлорофиллов, так как они являются обязательными компонентами пигмент-белковых комплексов фотосинтеза I и II. В проведенном исследовании такая связь прослежена на уровне  $r = 0,73$  ( $p < 0,01$ ). Это может означать, что с изменением уровня освещенности изменяются функциональные свойства хлоропластов, свя-

занные с составом фотосинтетических единиц, в светособирающий комплекс которых входят и каротиноиды.

Увеличение доли каротиноидов у растений парковой зоны связано не только с их фотозащитной, но и со светособирающей функцией. Изменение количества каротиноидов может быть связано с адаптацией пигментного аппарата парковых растений, как форм открытого местообитания к изменению интенсивности солнечного света и более продолжительному периоду светового дня.

### Заключение

Комплекс факторов урбанизированной среды, в том числе освещенность, уплотнение почвы в области подкоронового пространства, которые в большей степени испытывают парковые биомы, не приводит к уменьшению содержания пигментов в конце вегетации в сравнении с особями лесного биома. Это свидетельствует об их высокой устойчивости и лучшей адаптации к действию природных и антропогенных факторов. У растений, произрастающих в пределах 150–200 м, но в условиях более продолжительного светового периода, обнаружена функциональная перестройка пигментного аппарата растений, которая связана с увеличением доли хлорофиллов и каротиноидов, а также изменение их соотношения в пользу последних у растений лесного биоценоза. Полученные результаты позволяют предположить, что увеличение доли каротиноидов связано с возрастанием их светозащитной роли у растений в урбанизированной зоне.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Кузьмин П.А., Иванова Е.В. Жизненное состояние древесных растений в городе Набережные Челны // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие современной науки». Уфа, 2014. С. 233–235.
- [2] Завалишина С.Ю. Физиология возбудимых тканей. Курск: РГСУ, 2012.
- [3] Медведев И.Н., Завалишина С.Ю., Кутафина Н.В. Физиологическая регуляция организма. СПб.: Лань, 2016.
- [4] Иванов Л.А., Иванова Л.А., Ронжина Д.А., Юдина П.К. Изменение содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных растений вдоль широтного градиента на Южном Урале // Физиология растений. 2013. № 6. С. 856–864.
- [5] Александрова М.С., Булыгин Н. Е., Ворошилов В.Н., Фролова Л.А. Фенологические наблюдения в ботанических садах // Бюллетень Главного ботанического сада. 1979. Вып. 113.
- [6] Медведев И.Н., Наумов М.М., Беспарточный Б.Д. Медицинская экология региона КМА. «Курский край: социальная экология». М., 2004. Т. 4.
- [7] Амелина И.В., Медведев И.Н. Проявления транскрипционной активности ядрышкообразующих районов хромосом в Курском регионе // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2009. Т. 147. № 6. С. 671–673.
- [8] Амелина И.В., Медведев И.Н. Активные ядрышкообразующие районы хромосом и белковый синтез // Фундаментальные исследования. 2007. № 1. С. 32.
- [9] Максимов В.И., Медведев И.Н. Основы физиологии. Санкт-Петербург: Лань, 2013.
- [10] Кутафина Н.В. Клеточное деление в норме и патологии // Материалы Международной научно-практической конференции «Теоретические и прикладные проблемы современной науки и образования». Курск, 2015. С. 44–49.
- [11] Медведев И.Н., Амелина И.В. Уровень хромосомных aberrаций и активность ядрышкообразующих районов хромосом в Курском регионе // Вестник Российского университета

- дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 2. С. 70–76.
- [12] *Медведев И.Н., Завалишина С.Ю., Кутафина Н.В.* Физиология висцеральных систем // Успехи современного естествознания. 2014. № 10. С. 87–88.
- [13] *Медведев И.Н., Беспарточный Б.Д., Наумов М.М., Язева Г.Г.* Агроэкология региона КМА. Т. 3 Пятитомного издания «курский край: социальная экология». М., 2004.
- [14] *Брагина О.М., Власова Н.В.* Некоторые биоэкологические особенности древесных и травянистых растений в модельных насаждениях города Самары // Вестник молодых ученых и специалистов Самарского государственного университета. 2013. № 2. С. 12–16.
- [15] *Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М.* Большой практикум по физиологии растений. М.: Высшая школа, 1975.
- [16] *Головки Т.К., Табаленкова Г.Н., Дымова О.В.* Пигментный комплекс растений Приполярного Урала // Ботанический журнал. 2007. Т. 92. С. 1732–1741.
- [17] *Demmig-Adams B., Gilmore A.M., Adams W.W.* In vivo function of carotenoids in higher plants // FASEB J. 1996. Vol. 10. P. 403–412.
- [18] *Попова И.А., Маслова Т.Г., Попова О.Ф.* Особенности пигментного аппарата растений различных ботанико-географических зон // Эколого-физиологические исследования фотосинтеза и дыхания растений / под ред. О.А. Семихатовой. Ленинград: Наука, 1989. С. 115–139.
- [19] *Жукова Л.А., Глаголева Т.И.* Особенности концентрационной зависимости устойчивых комплексов кадмия от природных факторов в серых лесных почвах Курской области // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Региональные проблемы повышения эффективности агропромышленного комплекса». Курск, 2007. С. 57–58.
- [20] *Глаголева Т.И.* Влияние ионов СД в серых лесных почвах на экологическое равновесие агробиоценоза // Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы повышения эффективности агропромышленного комплекса». Курск, 2008. С. 111–113.
- [21] *Бондорина И.А.* Древесные растения в контейнерном озеленении городов // Материалы XIII международной научно-практической конференции «Проблемы озеленения крупных городов». М., 2010. С. 32–36.

© Кутафина Н.В., Краснопивцева А.Н., 2017

#### **История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 26 ноября 2016

Дата принятия к печати: 28 ноября 2016

#### **Для цитирования:**

**Кутафина Н.В., Краснопивцева А.Н.** Физиологические основы адаптации растительных организмов в условиях урбанизированной среды // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности.* 2017. Т. 25. № 1. С. 21–28.

#### **Сведения об авторах:**

*Кутафина Надежда Викторовна*, младший научный сотрудник лаборатории биотехнологии микроорганизмов Всероссийского НИИ физиологии, биохимии и питания животных, г. Боровск Калужской области. *Контактная информация:* e-mail: ilmedv1@yandex.ru

*Краснопивцева Алина Николаевна*, бакалавр направления подготовки 06.03.01 «Биология профиля “Биоэкология”», Курский государственный университет. *Контактная информация:* e-mail: ilmedv1@yandex.ru

## THE PHYSIOLOGICAL BASIS OF ADAPTATION OF A PLANT SPECIES IN URBANIZED ENVIRONMENT

N.V. Kutafina, A.N. Krasnopivceva

Kursk State University, Kursk, Russia  
*Radishcheva str., 33, Kursk, Russia, 305000*

Plants, the leading fixed way of life, are forced to be particularly plastic on environmental impact responses of the environment. The most important external factors include the light, which is not only a source of energy for photosynthesis, but also a signal, activating and changing the program of development of the plant. Objective: To study the content and ratio of different forms of photosynthetic pigments in leaves of plants that grow only in natural light (forest) and compared to individuals present in the conditions of an additional light (located near the street lamps and lighted windows of houses). The experience included birch specimens of plants growing in a forest tract Gutorevo (dense stands of birch within the pine forest) and tree planting ordinary Lear Park (southern suburbs of Kursk area). The leaves are weighed. pigment content was determined by in vitro analysis in four replicates. The content of chlorophylls and carotenoids were determined by calculation. Volume fraction pigments evaluated. Statistical analysis were Student t-criterion. The content of chlorophyll and carotenoid in the leaves of birch in an artificial increase in the duration of the light period in the temperate climate of the Kursk region. In plants, an increase of chlorophyll content (a + b) 12.0% of carotenoids in the leaves 23.0%. There is reason to believe that the adaptation of the pigment apparatus birch plants growing under natural light (forest) and located in the area of artificial lighting is done by transforming the light-harvesting complex. Factor complex urban environment, including sunlight, soil compaction podkronovogo space in which increasingly suffering park biome, does not reduce the content of pigments in the end of the growing season, in comparison with individuals forest biome. This testifies to their high stability and better adaptation to the effects of natural and anthropogenic factors.

**Key words:** plants, birch, urbanized environment, photoperiod, chlorophyll

### REFERENCES

- [1] Kuz'min, P., Ivanova, E. The living condition of woody plants in the city of Naberezhnye Chelny. *Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Innovacionnoe razvitie sovremennoj nauki»*. Ufa, 2014: 233–235.
- [2] Zavalishina, S. *Physiology of excitable tissues*. Kursk, 2012.
- [3] Medvedev, I., Zavalishina, S., Kutafina, N. *The physiological regulation of the body*. Sankt-Peterburg: «Lan'», 2016.
- [4] Ivanov, L., Ivanova, L., Ronzhina, D., Judina, P. A change in the content of chlorophylls and carotenoids in the leaves of steppe plants along the latitudinal gradient in the southern Urals. *Fiziologija rastenij*. 2013. 6: 856–864.
- [5] Aleksandrova, M., Bulygin, N., Voroshilov, V., Frolova, L. Phenological observations in Botanical gardens. *Bjulleten' Glavnogo botanicheskogo sada*. 1979. 113: 114.
- [6] Medvedev, I., Naumov, M., Bespartochnyj, B. Medical ecology of the region of the Kursk magnetic anomaly. *Kurskij kraj: social'naja jekologija*. Moscow, 2004. 4.
- [7] Amelina, I., Medvedev, I. Transcriptional activity of chromosome nucleolar organizing regions in population of Kursk region. *Bjulleten' jeksperimental'noj biologii i mediciny*. 2009. 147 (6): 671–673.
- [8] Amelina, I., Medvedev, I. Active nucleolus organizer regions of chromosomes and protein synthesis. *Fundamental'nye issledovanija*. 2007. 1: 32.
- [9] Maksimov, V., Medvedev, I. *Basic physiology*. Sankt-Peterburg: «Lan'», 2013.

- [10] Kutafina, N. Cell division in health and disease. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno–prakticheskoy konferencii «*Teoreticheskie i prikladnye problemy sovremennoj nauki i obrazovanija*». Kursk, 2015: 44–49.
- [11] Medvedev, I., Amelina, I. The level of chromosomal aberrations and activity of nucleolar organizer regions of chromosomes in the Kursk region. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Serija: Jekologija i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2009. 2: 70–76.
- [12] Medvedev, I., Zavalishina, S., Kutafina, N. Physiology of the Visceral Systems. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2014. 10: 87–88.
- [13] Medvedev, I., Bespartochnyj, B., Naumov, M., Jazeva, G. Agroecology in the region of the Kursk magnetic anomaly. *Kurskij kraj: social'naja jekologija*. Moscow, 2004. 3.
- [14] Bragina, O., Vlasova, N. Some biological and ecological features of woody and herbaceous plants in the model stands the city of Samara. *Vestnik molodyh uchenyh i specialistov Samarskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013. 2: 12–16.
- [15] Gavrilenko, V., Ladygina, M., Handobina, L. *Large workshop on plant physiology*. Moscow: Vysshaja shkola, 1975.
- [16] Golovko, T., Tabalenkova, G., Dymova, O. Large workshop on plant physiology. *Botanicheskij zhurnal*. 2007. 92: 1732–1741.
- [17] Demmig-Adams, B., Gilmore, A.M., Adams, W.W. *In vivo function of carotenoids in higher plants*. FASEB J. 1996. 10: 403–412.
- [18] Popova, I., Maslova, T., Popova, O. Features of pigment apparatus of plants from different Botanical-geographical areas. *Jekologo-fiziologicheskie issledovaniya fotosinteza i dyhanija rastenij*. editor. Semihatovoj O.A. Leningrad: Nauka, 1989: 115–139.
- [19] Zhukova, L., Glagoleva, T. Features of concentration dependence of stable complexes of cadmium from natural factors in the gray forest soils of Kursk region. Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «*Regional'nye problemy povyshenija jeffektivnosti agropromyshlennogo kompleksa*». Kursk, 2007: 57–58.
- [20] Glagoleva, T. Influence CD ions in gray forest soils in the ecological balance agrobiocenosis. Mezhdunarodnoj nauchno–prakticheskoy konferencii «*Aktual'nye problemy povyshenija jeffektivnosti agropromyshlennogo kompleksa*». Kursk, 2008: 111–113.
- [21] Bondorina, I. Woody plants in container gardening of cities. Materialy XIII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «*Problemy ozelenenija krupnyh gorodov*». Moscow, 2010: 32–36.

#### Article history:

Received: 26 November 2016

Revised: 28 November 2016

Accepted: 10 January 2016

#### For citation:

**Kutafina N.V., Krasnopivceva A.N. (2017) The physiological basis of adaptation of a plant species in urbanized environment. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 21–28.**

#### Bio Note:

*Kutafina N.V.*, Junior Researcher at the Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of animals, Borovsk, Kaluga oblast. *Contact information*: e-mail: ilmedv1@yandex.ru

*Krasnopivceva A.N.*, Bachelor specialization 06.03.01 Biology, profile Bioecology, Kursk State University. *Contact information*: e-mail: ilmedv1@yandex.ru