

УДК 616.34-002-06-07

Оценка значимости метода лазерной спекл-оптической диагностики состояния кровотока в пульпе интактных зубов, при кариесе дентина и его осложнениях

Чистякова Г. Г.

Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

Реферат. Определение параметров микроциркуляции в пульпе позволяет прогнозировать как непосредственные, так и отдаленные результаты лечения болезней твердых тканей зубов, выявить изменения гемодинамики на доклиническом этапе развития патологии в пульпе зуба. Работа посвящена исследованию параметров состояния кровотока в пульпе интактных зубов, при кариесе дентина и его осложнениях. Проведен сопоставительный анализ гемодинамики и состояния нервно-рецепторного аппарата в пульпе зуба на этапах лечения кариеса дентина. Дана оценка чувствительности и специфичности разработанного метода лазерной спекл-оптической диагностики состояния регионарного кровотока в пульпе зуба.

Ключевые слова: микроциркуляция, уровень кровотока, интенсивность кровотока, кариес дентина, ROC-анализ.

Введение. Большое значение в сохранении жизнеспособности пульпы имеет состояние ее микроциркуляции и транскапиллярного обмена. Особенностью кровоснабжения пульпы зуба в целом является то, что оно осуществляется в камере с жесткими стенками — полости зуба. Строение вен и наличие в них пульсации обеспечивают высокую скорость венозного оттока в момент пульсовых колебаний артерий и предотвращают застой в пульпе. Анастомозирование микрососудистых комплексов пульпы создает благоприятные условия для поддержания гемодинамического баланса в пределах данной системы кровообращения. При жевании, температурных, химических воздействиях открываются артериовенозные анастомозы, которые обеспечивают отток крови в вены, минуя капилляры, и способствуют выравниванию давления при указанных воздействиях. Особую важность в лечении кариеса дентина имеет точная диагностика. В настоящее время широко известны такие методы, как термодиагностика, электроодонтометрия, рентгенография, трансиллюминация, люминесцентная диагностика. Однако функциональное состояние пульпы зуба определяется состоянием ее микроциркуляторного русла, поэтому при диагностике заболеваний пульпы весьма важной является проблема выявления нарушений ее кровоснабжения [2].

В настоящее время методы ультразвуковой и лазерной доплеровской флоуметрии нашли свое широкое применение в стоматологии, помогают в клинических условиях выявлять нарушения гемомикроциркуляции в пульпе зуба и позволяют следить за динамикой восстановительных процессов. На основании вышеуказанных методов оценки состояния кровотока в пульпе зуба сведения научной периодической печати свидетельствуют, что при глубоком кариесе изменяется функциональное состояние сосудов пульпы и наступает вазоконстрикция (тонус сосудов повышен), что уменьшает просвет в сосудах и снижает пульсовый объем кровенаполнения пульпы. Вследствие этого амплитуда пульсовых колебаний в исследуемом зубе уменьшается в два раза по сравнению с интактным зубом. В немногочисленных источниках специальной литературы указывается динамика изменений в сосудистой системе пульпы зуба в процессе лечения среднего и глубокого кариеса светоотверждаемыми материалами и проведены при этом клиничко-функциональные параллели. Установлено, что динамика изменений функционального состояния сосудов пульпы с течением времени неоднозначна: при увеличении времени светополимеризации повышается, либо снижается интенсивность кровотока, что зависит от исходного функционального состояния сосудов пульпы и пародонта [3, 4].

В стоматологической практике применяется реодентография как еще один из методов функциональной диагностики состояния сосудов пульпы зуба. В единичных публикациях методом реодентографии проведена оценка реакции сосудов пульпы на действие различных адгезивных систем, где было установлено, что наличие ацетона в адгезивных системах способно сразу же вызывать констрик-

торную реакцию, которая быстро проходит или же сохраняется еще некоторое время после пломбирования. В связи с тем, что выраженность вазоконстрикторной реакции невелика и эта реакция не вызывает спазма сосудов пульпы (а следовательно, ее ишемии), изменения в пульпе носят обратимый характер. Авторы данного исследования пришли к заключению, что меньше раздражает сосуды пульпы адгезивная система без ацетона [1].

Оценка реакции сосудов пульпы зуба является важным прогностическим критерием при одонтопрепарировании и реставрации коронки зуба современными композитными материалами. Определение параметров микроциркуляции в пульпе позволяет прогнозировать как непосредственные, так и отдаленные результаты лечения болезней твердых тканей зубов, выявить изменения гемодинамики на доклиническом этапе развития патологии в пульпе зуба, что может служить основой своевременного и адекватного лечения [5].

Бурное внедрение лазерных технологий в медицинскую практику и, в частности, в стоматологию, открыло новые возможности для разработки метода диагностики состояния кровотока микроциркуляторного русла в пульпе зуба, что обусловило актуальность данной работы.

Цель работы — исследование состояния гемодинамики кровотока в пульпе интактных зубов и кариесе дентина с учетом их групповой принадлежности, а также при воспалении пульпы, установление чувствительности и специфичности разработанного метода лазерной спекл-оптической диагностики.

Материалы и методы. На базе ГУ «Республиканская клиническая стоматологическая поликлиника» г. Минска на кафедре общей стоматологии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» проведена регистрация и оценка параметров микроциркуляции в сосудах пульпы зуба лазерным спекл-оптическим аппаратам «Спеклометр» (номер гос. регистрации Мт-7.1504–0108).

Для достижения поставленной цели была проведена диагностика состояния кровотока в пульпе 330 зубов у 242 пациента (женщин — 147, мужчин — 95) в возрасте от 20 до 40 лет с нейтральным прикусом, интактным периодонтом и без соматической патологии. Оценка регионарного кровотока интактных зубов проведена у группы добровольцев с полными зубными рядами, обязательным акцентом являлось установление равномерной жевательной эффективности или преимущество стороны жевания. Если выявлялось преимущество стороны жевания (рабочая, противоположная нерабочая), то такие добровольцы входили в группу исключения.

Из них группу с 120 интактными зубами составили 52 пациента, 90 зубов с диагнозом средней кариес составили 70 пациентов, 120 зубов в равных долях с диагнозом гиперемия пульпы, острый пульпит, хронический пульпит, глубокий кариес составили 120 пациентов. Лечение проведено в 90 зубах с диагнозом средней кариес в зависимости от групповой принадлежности (резцов, премоляров верхней и нижней челюсти) и детализацией гемомикроциркуляции на этапе адгезивной обработки. Диагноз ставили в соответствии с принятой международной классификацией болезней МКБ 10 на основании данных анамнеза с учетом основных и дополнительных методов исследования. Исследование состояния гемодинамики кровотока в пульпе зуба было выполнено разработанным методом оценки параметров микроциркуляции в сосудах пульпы зуба. Клиническое обследование при диагностике кариеса дентина состояло из выявления жалоб, проведения осмотра и инструментального обследования кариозной полости. В жалобах отмечались реакции на механические, химические и температурные раздражители. После выяснения жалоб проводили осмотр и зондирование кариозной полости. Для дифференциальной диагностики кариозной полости средней глубины и глубокой кариозной полости, а также для дифференциальной диагностики с пульпитом и периодонтитом осуществляли электроодонтометрию (ЭОМ) и лучевые методы исследования.

Для лечения зубов с кариесом дентина использовали разработанный реставрационный комплекс «Мигрофил — Мигробонд» (Беларусь) (государственная регистрация № ИМ-7.96569/1507, № ИМ-7.96568/1507). Оценка параметров микроциркуляции в сосудах пульпы зуба проводили на этапах лечения кариеса дентина и в контрольные сроки наблюдения через 3, 14 суток, 1, 3, 6, 12 месяцев.

Результаты считали хорошими, когда показатели уровня кровотока (мощность спектра) отн. ед — 338 (331–348), интенсивность кровотока (средняя частота) Гц — 271 (268–275) ($p < 0,05$) для среднего кариеса находились в установленных пределах нормы. Удовлетворительными результатами считали, когда показатели уровня кровотока и его интенсивности имели отклонения от нормы.

Методы статистического анализа. Динамика повторяющихся измерений количественных показателей мощности спектра (отн. ед) и средней частоты (Гц) на этапах лечения и в установленные пе-

риоды наблюдения изучалась с помощью модели смешанных эффектов. На основании модели оценивались средние значения, и 95 % доверительные интервалы для средних значений. По полученным данным строились соответствующие графики. Размер эффекта определялся как отношение средних между интересующими точками и представлен в исследовании оценкой среднего эффекта и ее 95 % доверительным интервалом. Качественные характеристики состоятельности реставраций по клиническим критериям представлены частотами и процентами в каждой группе. При сравнении групп по качественным характеристикам использовался критерий хи-квадрат, в случае нарушения предположений, лежащих в основе критерия хи-квадрат, использовался точный критерий Фишера. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался, равным 0,05. Все расчеты проводились в статистическом пакете R, версия 3.4.

Оценка чувствительности и специфичности метода лазерной спекл-оптической диагностики установлена путем ROC-анализа на основе определения мощности и средней частоты спектров. Информативность оценивалась площадью под кривой (AUC) и ее 95 % доверительным интервалом (ДИ). При расположении 95 % ДИ выше 0,5 соответствующий показатель считался информативным для определения принадлежности к одной из двух тестируемых групп [7].

Результаты и их обсуждение. Результаты средних значений уровня кровотока (мощность) и его интенсивности (средняя частота спекла) в интактных зубах представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Результаты гемомикроциркуляции интактных зубов, среднее, (95 % ДИ)

Исследуемые интактные зубы	Уровень гемодинамики интактных зубов		
	Среднее значение	Нижний 95 % ДИ	Верхний 95 % ДИ
Резцы центральные	335	333	338
Резцы латеральные	338	336	341
Премоляры ВЧ	333	331	336
Премоляры НЧ	343	341	346
Исследуемые интактные зубы	Интенсивность кровотока интактных зубов		
Резцы центральные	270	268	272
Резцы латеральные	271	269	273
Премоляры ВЧ	269	267	270
Премоляры НЧ	273	271	275

Из сводной таблицы следует, что уровень кровотока у премоляров верхней челюсти выше, чем у резцов центральных, латеральных и премоляров верхней челюсти в 1,02, 1,01 и 1,03 раза соответственно, а их интенсивность соответственно в 1,01, 1,0 и 1,02 раза.

Сравнительный анализ показал, что уровень кровотока премоляров нижней челюсти статистически значимо выше, чем центральных резцов ($p < 0,001$), латеральных резцов ($p = 0,002$) и премоляров верхней челюсти ($p < 0,001$). Также выявлены статистически значимо более высокие ($p = 0,003$) различия уровня кровотока латеральных резцов в сопоставлении с премолярами верхней челюсти. Результаты попарного сравнения уровня кровотока и его интенсивности в зависимости от групповой принадлежности зубов представлены в таблицах 2, 3.

Таблица 2 — Попарное сравнение уровня кровотока в зависимости от групповой принадлежности зубов

Сравнение, <i>p-value</i>	Уровень кровотока в зубах в зависимости от их групповой принадлежности		
	Резцы латеральные	Премоляры ВЧ	Премоляры НЧ
Резцы центральные	0,075	0,209	<0,001
Резцы латеральные	—	0,003	0,002
Премоляры ВЧ	—	—	<0,001

Что касается интенсивности кровотока, то он был статистически значимо выше в группах сравнения латеральных резцов по отношению к премолярам верхней челюсти ($p = 0,046$) и премолярам нижней челюсти с центральными резцами ($p = 0,044$) и премолярами верхней челюсти ($p = 0,002$).

Таблица 3 — Парное сравнение интенсивности кровотока в зависимости от групповой принадлежности зубов

Сравнение, <i>p-value</i>	Интенсивность кровотока в зубах в зависимости от их групповой принадлежности		
	Резцы латеральные	Премоляры ВЧ	Премоляры НЧ
Интенсивность кровотока			
Резцы центральные	0,408	0,241	0,044
Резцы латеральные	—	0,046	0,233
Премоляры ВЧ	—	—	0,002

Таким образом, на основании анализа результатов исследования можно констатировать, что у премоляров верхней челюсти кровотоки в пульпе зуба ниже, чем у резцов верхней челюсти и премоляров нижней челюсти, что также может послужить ранним прогностическим признаком об их наименьшей устойчивости и одним из первых в группе риска в развитии периодонтальной патологии.

По данным лазерной спекл-оптической диагностики (ЛСОД), после препарирования твердых тканей зуба уровень капиллярного кровотока (*S*) увеличивался более чем в 1,2 раза при кариозной полости средней глубины в премолярах верхней и нижней челюсти и 1,5 раза в резцах верхней челюсти. При этом интенсивность кровотока $\langle f \rangle$ снижалась в премолярах верхней и нижней челюсти в 0,93 и 0,92 раза, в резцах верхней челюсти в 0,91 раза, что свидетельствовало о гиперемии и затрудненном венозном оттоке. Это доказывало, что при кариозной полости средней глубины в ответ на одонтопрепарирование развивается вазоконстрикция, однако в резцах верхней челюсти она имеет более выраженный характер.

После протравливания твердых тканей зуба резцов верхней челюсти и эмали премоляров верхней и нижней челюсти 37 % ортофосфорной кислотой, после протравливания дентина премоляров верхней и нижней челюсти 20 % ортофосфорной кислотой. При кариозной полости средней глубины в премолярах верхней и нижней челюсти, резцах верхней челюсти регистрировали снижение перфузии кровотока в 1,06, 1,02 и 1,00 раза соответственно, на фоне усиления интенсивности кровотока в 1,01, 0,94 и 0,96 раза соответственно, что выявляло состояние гиперемии в микрососудах. Однако имела место тенденция к снижению механизма активной модуляции кровотока из-за сохранения вазоконстрикции и наибольшее ее проявление регистрировалось в резцах верхней челюсти. После обработки твердых тканей коронки зуба адгезивом Мигробонд вне зависимости от их групповой принадлежности уровень капиллярного кровотока снизился в среднем в 0,85–0,87 раза на фоне уменьшения его интенсивности от исходного уровня в 0,85–0,87 раза, что свидетельствовало о снижении кровообращения в пульпе зуба, и было связано с усилением вазоконстрикции, которая имела кратковременный характер. После реставрации (пломбирования) кариозных полостей средней глубины в тестируемых группах зубов композиционным материалом Мигрофил уровень кровотока и его интенсивность повышались в 0,99–1,02 и 1,00–1,04 раза соответственно, что было статистически значимо ($p < 0,05$). Анализ показателей, характеризующих механизмы модуляции тканевого кровотока показал, что фотополимеризация вызывает вазодилатацию микрососудов. На фоне роста уровня кровотока увеличивалась его интенсивность, что свидетельствовало о гиперемии в гемомикроциркуляторном русле. После обработки пломбы (шлифовка, полировка) в исследуемых группах зубов уровень кровотока достоверно увеличивался ($p > 0,05$) на фоне снижения интенсивности кровотока в 0,92 раза в премолярах верхней и нижней челюсти и 0,95 раза в резцах верхней челюсти ($p < 0,05$), что характеризовало вазоконстрикцию в микроциркуляторном русле. Гемодинамика через 3 суток характеризовалась снижением уровня кровотока в 1,06 раза от исходных значений только в резцах верхней челюсти ($p < 0,05$). Однако интенсивность кровотока была повышена во всех исследуемых группах зубов от дебютного значения в 0,93–0,98 раза, что свидетельствовало о снижении застойных явлений в микроциркуляторном русле пульпы зуба. Изменения показателя интенсивности кровотока в пульпе зуба статистически значимы в премолярах верхней и нижней челюсти ($p < 0,05$). Гемодинамика через 14 суток после лечения — отмечали тенденцию снижения уровня кровотока и его интенсивности, что свидетельствовало о восстановлении нормальной гемодинамики ($p < 0,05$). Через месяц, 3 месяца, 6 месяцев, 12 месяцев гемодинамика в пульпе зуба имела положительную тенденцию, значения показателей микроциркуляции имели стационарную фазу ($p < 0,05$). В резцах верхней челюсти установленные изменения показателей кровотока в пульпе зуба не являлись статистически значимыми ($p > 0,05$).

Таким образом, анализ результатов гемодинамики в пульпе зуба показал, что в ответ на механическое, химическое и световое воздействие при проведении реставрации зубов она резко изменяется (рисунки 1, 2).

Разновекторной была динамика кровотока и в зависимости от групповой принадлежности зуба. Основопологающим фактором являлся объем сошлифованных твердых тканей, который вызывал выраженную вазоконстрикцию микроциркуляторного русла пульпы зуба. На этапе адгезивной обработки, после пломбирования независимо от групповой принадлежности последнего гемодинамические показатели кровотока находились почти в одном ряду, поскольку использовалась рествращионная система «Мигрофил — Мигробонд».

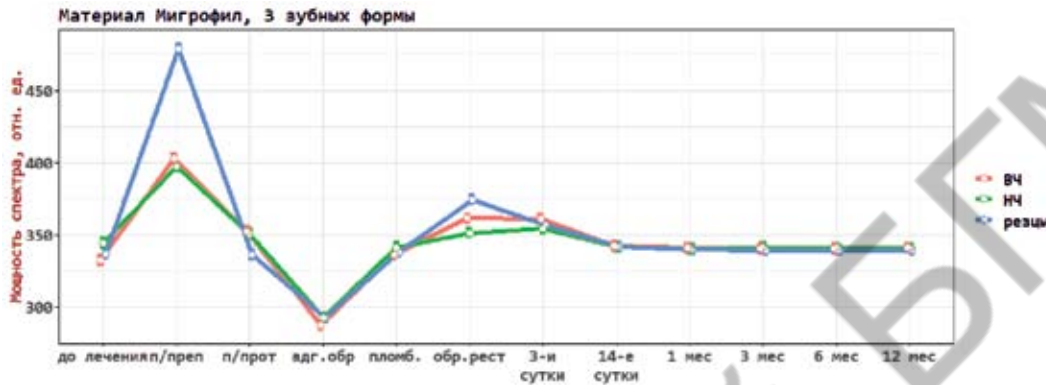


Рисунок 1 — Динамика показателя уровня кровотока в пульпе зуба при лечении кариеса дентина (средний кариес) в зависимости от групповой принадлежности зубов

Однако после обработки реставраций показатели гемомикроциркуляции имели отличительные характеристики. Положительная динамика была отмечена у премоляров нижней челюсти, на фоне уровня кровотока росла его интенсивность ($p < 0,05$), чего не скажешь о других группах зубов. С увеличением уровня кровотока его интенсивность снижалась.

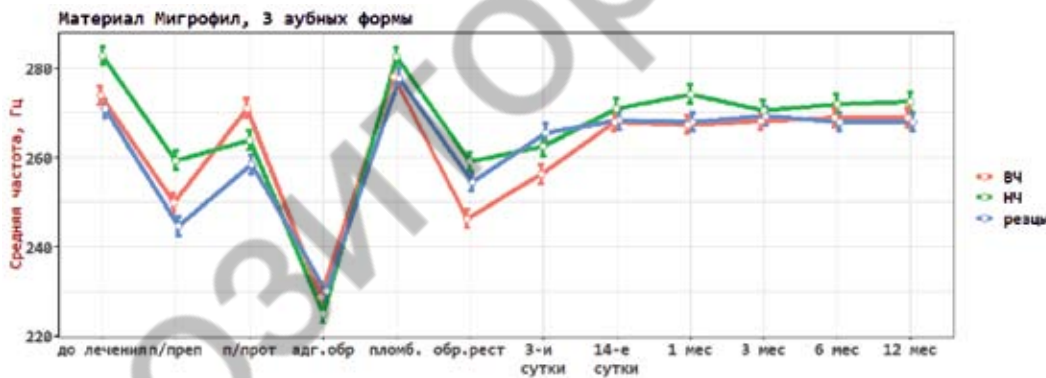


Рисунок 2 — Динамика показателя интенсивности кровотока в пульпе зуба при лечении кариеса дентина (средний кариес) в зависимости от групповой принадлежности зубов

Наибольший уровень кровотока в 1,11 раза и в 0,94 раза его интенсивность от исходного значения зарегистрированы у резцов, поскольку мы, как все практические врачи-стоматологи, уделяем повышенное внимание, моделированию реставраций фронтальных зубов, стремясь получить оптимальный эстетический результат, прибегая к неоправданно обширным иссечениям твердых тканей зубов.

Снижение интенсивности кровотока у премоляров верхней челюсти обусловлено наложением эффекта кровообращения данной функциональной группы. Увеличение же интенсивности кровотока у премоляров нижней челюсти мы объясняем анатомо-функциональными особенностями регионарного кровоснабжения.

Наибольший интерес представляла сравнительная оценка данных ЛСОД и электроодонтометрии (ЭОМ). Анализ динамики изменений показателей ЛСОД и ЭОМ выявил, что не существует четкой корреляционной связи между показателями ЛСОД и данными ЭОМ. Вместе с тем динамика гистограммы, характеризующей интенсивность кровотока, повторяет кривую показателей электровозбуди-

мости пульпы. Обращает на себя внимание и обратная зависимость между значениями ЭОМ и средней частотой, то есть при снижении интенсивности кровотока значения показателей ЭОМ возрастают.

Это позволяет из двух протестированных методов оценки состояния кровотока пульпы избирать наиболее доступный в лечебной практике ЭОМ, используя его не только как индикатор состояния нервно-рецепторного аппарата, но и гемодинамики пульпы. При выборе реставрационного материала в большинстве своем практические врачи-стоматологи обращают внимание на свойства пломбировочных материалов и возможные осложнения после их применения. Действительно справедливым является высказывание Ludek Perinka (2003) о том, что пульпа для лечащего врача и для исследователя является практически недоступной, была и до сих пор остается причиной господства противоречивых мнений: какие материалы и методы вредят пульпе, а какие нет [6].

Нами отмечено снижение электровозбудимости пульпы зуба в 2,27 раза после одонтопрепарирования, что легко объясняется механическим и температурным воздействием в процессе обработки кариозной полости. Формирование полости в зубе в рамках адгезивной техники связано со стремлением усилить микроетенцию за счет создания дополнительных пунктов удержания пломбы, а следовательно, иссечением части здоровых твердых тканей зуба и пролангированным препарированием. Это нашло отражение в изменении гемодинамики в пульпе, что проявляется гиперемией и затрудненным венозным оттоком.

В зависимости от глубины кариозной полости рецепторный аппарат зуба разнохарактерно реагирует на кислотное травление. При кариозной полости средней глубины значения показателей снижаются, порог электровозбудимости повышается. При глубокой кариозной полости порог электровозбудимости снижется, а его значения возрастают. На значения показателей электроодонтометрии влияет и концентрация протравочного геля. Более высокая концентрация вызывает вазоконстрикцию микроциркуляторного русла пульпы, но за счет выхода ионов кальция показатель электроодонтометрии снижается, следовательно, порог чувствительности повышается.

Очевидно, что на восстановительное лечение болезней твердых тканей зубов с использованием светоотверждаемых композиционных материалов влияет большее число факторов, которые необходимо учитывать: одонтопрепарирование, кондиционирование поверхности твердых тканей, воздействие адгезивной системы, физико-химические свойства материалов, применение полимеризационных ламп, шлифовка и полировка реставрации.

Вместе с тем электроодонтометрия простая и достаточно доступная в клиническом применении, однако не позволяет детально отследить особенности течения кариозного процесса и оценить эффективность восстановительного лечения. По нашему мнению, электроодонтометрия, отражая общую картину развития патологии, позволяет только косвенно оценить гемодинамику в пульпе зуба. Полученные результаты показателей электроодонтометрии сведены в таблицу 4 и представлены на рисунке 3.

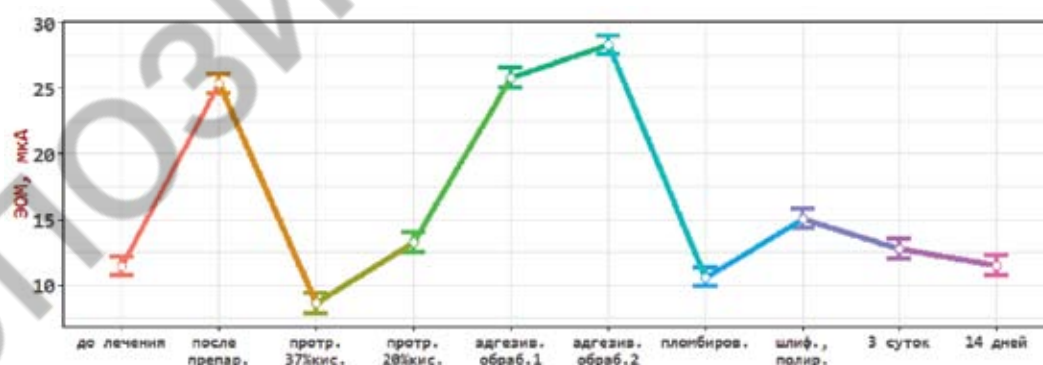


Рисунок 3 — Динамика показателей электроодонтометрии в пульпе зуба при лечении кариеса дентина (средний кариес)

Для анализа характера гемодинамики в пульпе при воздействии адгезивных систем проводили измерения параметров кровотока в зубах ($n = 60$) на этапе лечения после нанесения адгезивных систем и после их «засвечивания». Аттестацию проходила ацетонсодержащая адгезивная система (АЦА) «Мигробонд» ($n = 30$) и этанолсодержащая адгезивная система (ЭТА) «SinglBond 2» ($n = 30$). Экспозиция от момента нанесения адгезивных систем до начала «засвечивания» составляла 20 с.

Таблица 4 — Динамика показателей электроодонтометрии в пульпе зуба резцов верхней челюсти при лечении кариеса дентина (средний кариес), среднее, (95 % ДИ)

Этап лечения и контрольное измерение	Среднее значение	Нижний 95 % ДИ	Верхний 95 % ДИ	Разы, в среднем	Нижний 95 % ДИ	Верхний 95 % ДИ	<i>p</i>
Контроль	8,2	7,5	9,1				<0,05
До лечения	11,4	10,7	12,2				
После препар.	25,3	24,6	26,1	2,27	2,13	2,42	<0,05
Протр. 37 % кис.	8,6	7,9	9,4	0,79	0,65	0,94	<0,05
Протр. 20 % кис.	13,3	12,5	14,0	1,21	1,06	1,35	<0,05
Адгезив. обраб. эт.	25,8	25,0	26,5	2,32	2,18	2,47	<0,05
Адгезив. обраб. ац.	28,3	27,5	29,0	2,56	2,42	2,71	<0,05
Пломбиров.	10,6	9,9	11,3	0,95	0,81	1,10	>0,05
Шлиф. полир.	15,1	14,3	15,8	1,37	1,23	1,52	<0,05
3 суток	12,8	12,0	13,5	1,16	1,02	1,30	<0,05
14 дней	11,5	10,7	12,2	1,03	0,89	1,17	>0,05

При нанесении АЦА при кариозной полости средней глубины уровень капиллярного кровотока снизился в 0,82 раза на фоне падения его интенсивности в 0,80 раза от исходного уровня, что свидетельствовало о снижении кровообращения в пульпе зуба и было связано с усилением вазоконстрикции ($p < 0,05$). После нанесения ЭТА уровень капиллярного кровотока снизился в 0,84 раза на фоне падения его интенсивности в 0,81 раза от исходного уровня, что свидетельствовало о снижении кровообращения в пульпе зуба и указывало на вазоконстрикцию микроциркуляторного русла ($p < 0,05$).

После светодиодного «засвечивания» отмечалось увеличение показателей кровотока: при использовании АЦА уровень кровотока и его интенсивность возросли в 0,90 и 0,86 раза, соответственно ($p < 0,05$). С ЭТА уровень кровотока и его интенсивность возросли в 0,88 и 0,84 раза соответственно ($p < 0,05$). Результаты тестирования представлены в таблицах 5, 6.

Таблица 5 — Гемодинамика уровня кровотока в пульпе зуба на этапах лечения кариеса дентина (средний кариес) по данным ЛСОД в зависимости от типа адгезивной системы, среднее, (95 % ДИ)

Этапы лечения	Материал	Среднее значение	Нижний 95 % ДИ	Верхний 95 % ДИ	Разы, в среднем	Нижний 95 % ДИ	Верхний 95 % ДИ	<i>p</i>
До лечения	Мигрофил	335	328	342				
П/преп	Мигрофил	430	423	437	1,29	1,26	1,31	<0,05
П/прот	Мигрофил	336	329	343	1,01	0,98	1,03	>0,05
АЦА нанесен.	Мигрофил	275	268	282	0,82	0,80	0,85	<0,05
АЦА засвеч.	Мигрофил	301	294	308	0,90	0,87	0,93	<0,05
ЭТА нанесен.	Мигрофил	282	275	289	0,84	0,82	0,87	<0,05
ЭТА засвеч.	Мигрофил	294	287	301	0,88	0,85	0,91	<0,05

Таблица 6 — Гемодинамика интенсивности кровотока в пульпе зуба на этапах лечения кариеса дентина (средний кариес), по данным ЛСОД, в зависимости от типа адгезивной системы, среднее, (95 % ДИ)

Этапы лечения	Материал	Среднее значение	Нижний 95 % ДИ	Верхний 95 % ДИ	Разы, в среднем	Нижний 95 % ДИ	Верхний 95 % ДИ	<i>p</i>
До лечения		269	266	272				
П/преп		235	232	238	0,87	0,86	0,89	<0,05
П/прот		266	263	268	0,99	0,97	1,00	>0,05
АЦА нанесен.	Мигрофил	215	212	218	0,80	0,79	0,81	<0,05
АЦА засвеч.	Мигрофил	231	229	234	0,86	0,85	0,87	<0,05
ЭТА нанесен.	Мигрофил	218	215	221	0,81	0,80	0,82	<0,05
ЭТА засвеч.	Мигрофил	227	224	230	0,84	0,83	0,86	<0,05

Таким образом, адгезивные системы вызывают вазоконстрикцию микрососудов, приводя к снижению уровня и интенсивности кровотока. Однако в зависимости от типа растворителя показатели гемомикроциркуляции различались. На основании полученных результатов исследований имеются основания предположить, что после засвечивания в этанолсодержащих адгезивных системах растворитель не элиминируется, что проявляется более стойкой вазоконстрикцией, чем у ацетонсодержащих.

Вместе с тем это позволяет предполагать, что раздражающее действие адгезивных систем в большей или меньшей степени продолжает сохраняться, раздражая чувствительные нервные волокна через какой-то срок после пломбирования, могут генерировать гиперчувствительность. Лечебные мероприятия по восстановлению анатомической формы зуба не только не позволили вернуться показателям микроциркуляторного статуса пульпы к исходному положению, а, наоборот, существенно изменили их. Восстановление кровотока в пульпе зуба не наблюдается непосредственно после восстановительного лечения, а отсрочено и обусловлено репаративными свойствами этой ткани. Развитие деструктивных процессов в твердых тканях зубов при среднем кариесе сопровождается незначительными нарушениями гемодинамики в пульпе и зависит от формы течения кариеса. Исследования позволили выявить экспрессивность такого показателя, как интенсивности кровотока. При хроническом течении болезни значения данного показателя значимо ниже 268 (266–269) ($p < 0,05$) в сопоставлении с острой формой 274 (272–278) ($p < 0,05$). Значения показателей гемодинамики при лечении среднего кариеса независимо от формы его течения и групповой принадлежности зубов стремятся к исходным значениям только через 14 дней.

Следующий блок исследований включал оценку параметров кровотока в пульпе зуба в зависимости от нозологической формы кариеса и пульпита. Результаты средних значений уровня кровотока (мощность) и его интенсивности (средняя частота спекла) при кариесе дентина и его осложнениях представлены в таблицах 7, 8.

По данным метода лазерной спекл-оптической диагностики, установлены показатели состояния кровотока в пульпе зуба в зависимости от нозологической формы поражения. При кариесе дентина средней глубины полости с хроническим течением уровень кровотока и его интенсивность снижены по сравнению с показателями интактных зубов в 0,96, 0,97 раза соответственно ($p < 0,05$). При глубоком кариесе уровень кровотока значимо выше в сопоставлении со средним кариесом в 1,4 раза, а его интенсивность значимо ниже в 1,1 раза ($p < 0,05$). В зубах с гиперемией пульпы установлено статистически значимое повышение уровня кровотока по сравнению со средним кариесом в 2,4 раза и его интенсивности в 1,5 раза. В зубах с диагнозом острый пульпит показатели кровотока в пульпе были иными. Зарегистрировано снижение уровня кровотока по сравнению с гиперемией пульпы в 1,3 раза, однако в сопоставлении с глубоким кариесом он был повышен в 1,3 раза, интенсивность кровотока снижена по сравнению с глубоким кариесом в 1,5 раза, с гиперемией пульпы в 2,5 раза, что указывало на вазодилатацию и выраженный венозный застой. С диагнозом хронический пульпит зарегистрировано значимое снижение как уровня кровотока, так и его интенсивности.

На основании апостериорного анализа попарных сравнений исследуемых групп с кариесом дентина и его осложнениями установлены статистически значимые различия гемодинамики в пульпе зуба. Результаты попарного сравнения уровня кровотока и его интенсивности в зависимости от нозологической формы кариеса и его осложнений представлены в таблицах 9, 10.

Таким образом, следует отметить, при кариесе дентина с хроническим течением (кариозная полость средней глубины), по данным ЛСОД, уровень кровотока и его интенсивность в пульпе зубов имела сниженные значения, что свидетельствовало о замедлении микрогемодинамики в пульпе зуба. При остром течении, напротив, выявлено как незначительное увеличение уровня кровотока, так и его интенсивности. При кариесе дентина с глубокой полостью отмечалось умеренное снижение интенсивности кровотока и увеличение его уровня, что характеризовало повышение резистентности микрососудов, как компенсаторный механизм регуляции гемодинамики.

Таблица 7 — Результаты уровня гемомикроциркуляции в пульпе зуба от характера патологии, среднее, (95 % ДИ)

Диагноз	Среднее значение	Нижний 95 % ДИ	Верхний 95 % ДИ
Средний кариес	328	321	334
Глубокий кариес	446	443	448
Гиперемия пульпы	788	739	837
Острый пульпит	585	584	586
Хронический пульпит	122	120	124
$p < 0,05$			

Таблица 8 — Результаты интенсивности гемомикроциркуляции в пульпе зуба от характера патологии, среднее, (95 % ДИ)

Диагноз	Среднее значение	Нижний 95 % ДИ	Верхний 95 % ДИ
Средний кариес	268	266	269
Глубокий кариес	240	238	245
Гиперемия пульпы	408	401	414
Острый пульпит	163	156	172
Хронический пульпит	66	62	73
$p < 0,05$			

Таблица 9 — Парное сравнение интенсивности кровотока в зависимости от нозологической формы кариеса и пульпита

Диагноз		<i>p</i>
Глубокий кариес	Средний кариес	<0,001
Гиперемия пульпы	Средний кариес	<0,001
Острый пульпит	Средний кариес	<0,001
Хронический пульпит	Средний кариес	<0,001
Гиперемия пульпы	Глубокий кариес	<0,001
Острый пульпит	Глубокий кариес	<0,001
Хронический пульпит	Глубокий кариес	<0,001
Острый пульпит	Гиперемия пульпы	<0,001
Хронический пульпит	Гиперемия пульпы	<0,001
Хронический пульпит	Острый пульпит	<0,001

Таблица 10 — Парное сравнение интенсивности кровотока в зависимости от нозологической формы кариеса и пульпита

Диагноз		<i>p</i>
Глубокий кариес	Средний кариес	<0,001
Гиперемия пульпы	Средний кариес	<0,001
Острый пульпит	Средний кариес	<0,001
Хронический пульпит	Средний кариес	<0,001
Гиперемия пульпы	Глубокий кариес	<0,001
Острый пульпит	Глубокий кариес	<0,001
Хронический пульпит	Глубокий кариес	<0,001
Острый пульпит	Гиперемия пульпы	<0,001
Хронический пульпит	Гиперемия пульпы	<0,001
Хронический пульпит	Острый пульпит	<0,001

При гиперемии пульпы обращает на себя внимание тот факт, что все показатели кровотока имели выраженный характер повышения, что сопряжено с воспалительными изменениями в пульпе.

Для оценки значимости метода лазерной спекл-оптической диагностики состояния кровотока в пульпе зуба был проведен ROC-анализ по оценке чувствительности и специфичности метода.

Чувствительность — показатель частоты получения положительных результатов у пациентов, имеющих данное заболевание, который отражает истинно положительный результат. Применительно к нашему методу по оценке состояния кровотока в пульпе зуба чувствительность — способность установить нарушения регионарного кровотока в пульпе зуба.

Специфичность — показатель частоты получения отрицательных результатов у пациентов, не имеющих данное заболевание. Иными словами — это способность констатировать об отсутствии гемодинамических нарушений в пульпе зуба.

Результаты ROC-анализа (чувствительности, специфичности) для среднего и глубокого кариеса, гиперемии пульпы представлены в таблицах 11, 12, 13 и гистограммах рисунков 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Таблица 11 — Чувствительность, специфичность и информативность метода ЛСОД при среднем кариесе

Параметры кровотока	Уровень разделения	Чувствительность, %	Специфичность, %	AUC (95 % ДИ AUC)
Мощность спектра	330	75	53	0,6 (0,46–0,74)
Средняя частота	270	47	83	0,54 (0,39–0,69)

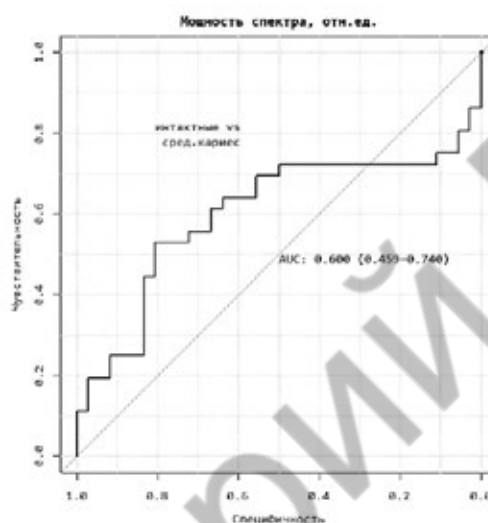


Рисунок 4 — Чувствительность и специфичность метода ЛСОД при среднем кариесе по уровню кровотока

Из данных, представленных в таблице 11 и гистограммах рисунков 4, 5, следует, что метод ЛСОД имеет низкую информативность состояния кровотока в диагностике между средним кариесом и интактными зубами — это объясняется отсутствием выраженных морфофункциональных изменений в пульпе.

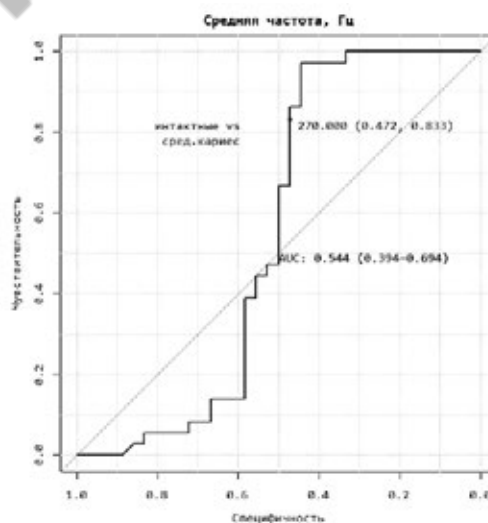


Рисунок 5 — Чувствительность и специфичность метода ЛСОД при среднем кариесе по интенсивности кровотока

Таблица 12 — Чувствительность, специфичность и информативность метода ЛСОД при глубоком кариесе

Параметр кровотока	Уровень разделения	Чувствительность, %	Специфичность, %	AUC (95 % ДИ AUC)
Мощность спектра	400	100	100	1 (1–1)
Средняя частота	250	100	100	1 (1–1)

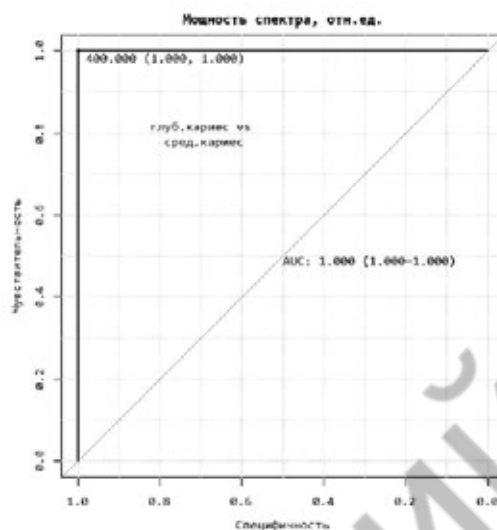


Рисунок 6 — Чувствительность и специфичность метода ЛСОД при глубоком кариесе по уровню кровотока

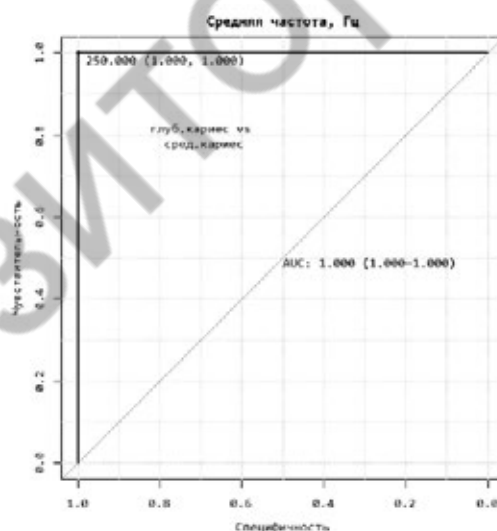


Рисунок 7 — Чувствительность и специфичность метода ЛСОД при глубоком кариесе по интенсивности кровотока

Таблица 13 — Чувствительность, специфичность и информативность метода ЛСОД при гиперемии пульпы

Параметр кровотока	Уровень разделения	Чувствительность, %	Специфичность, %	AUC (95 % ДИ AUC)
Мощность спектра	530	100	100	1 (1–1)
Средняя частота	320	100	100	1 (1–1)

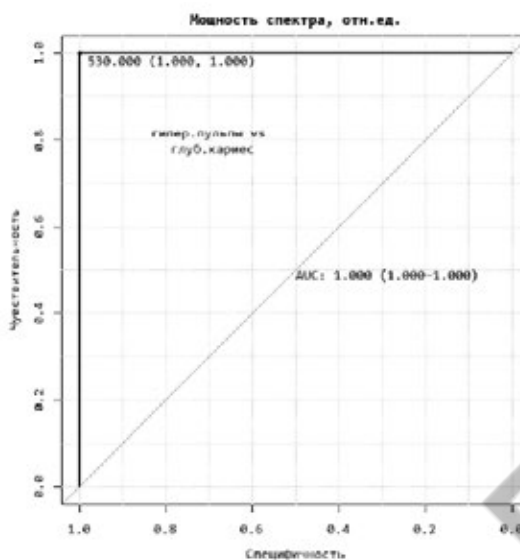


Рисунок 8 — Чувствительность и специфичность метода ЛСОД при гиперемии пульпы по уровню кровотока

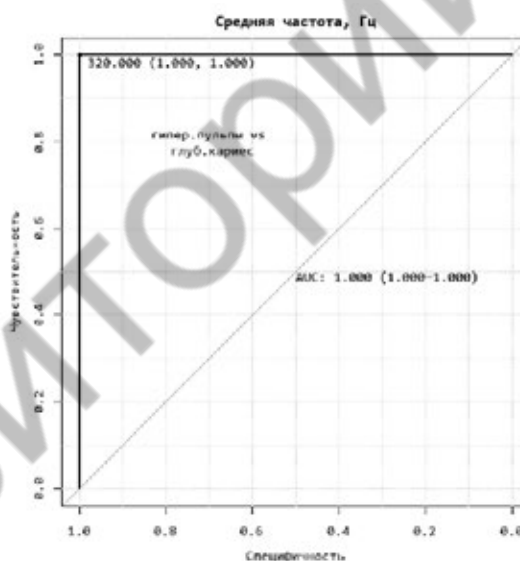


Рисунок 9 — Чувствительность и специфичность метода ЛСОД при гиперемии пульпы по интенсивности кровотока

Из данных, представленных в таблицах 12, 13 и гистограммах 6, 7, 8, 9, следует, что метод ЛСОД имеет высокую информативность состояния кровотока в диагностике между средним и глубоким кариесом, между глубоким кариесом и гиперемией пульпы — это объясняется гемодинамическими изменениями в пульпе зуба при глубоком кариесе и гиперемии пульпы.

Заключение. Данное исследование позволило сделать следующие выводы:

1. Уровень кровотока и его интенсивность в пульпе премоляров нижней челюсти статистически значимо выше, чем центральных резцов, латеральных резцов и премоляров верхней челюсти ($p < 0,05$).

2. Анализ параметров микроциркуляции в сосудах пульпы зуба позволил выявить изменения гемодинамики в ответ на воздействие комплекса раздражителей одонтопрепарирования, кондиционирования, фотополимеризации, используемой адгезивной системы, шлифовки и полирования реставрации при лечении кариеса дентина.

3. Анализ динамики изменений показателей ЛСОД и ЭОД выявил, что не существует четкой корреляционной связи между показателями ЛСОД и данными ЭОМ. Однако обращает на себя внимание обратная зависимость между значениями ЭОМ и средней частотой, т. е. при снижении интенсивности кровотока значения показателей ЭОМ возрастают.

4. После засвечивания этанолсодержащие адгезивные системы вызывают значимо большую вазоконстрикцию микрососудов пульпы зуба, чем ацетонсодержащие адгезивные системы.

5. Значения показателей гемодинамики при лечении среднего кариеса независимо от формы его течения и групповой принадлежности зубов стремятся к исходным значениям только через 14 дней.

6. Чувствительность и специфичность метода лазерной спекл-оптической диагностики (ЛСОД) при глубоком кариесе и его осложнениях составляет 100 %.

Литература

1. Макеева, И. М., Панина, Т. М., Аманатиди, Г. Е., Погабало, И. В. Исследование реакции сосудов пульпы на применение различных адгезивных систем // *Стоматология*. — 2002. — № 6. — С. 20–23.
2. Логинова, Н. К. Кровоснабжение пульпы зуба // *Стоматология*. — 1970. — № 5. — С. 94–98.
3. Логинова, Н. К., Троицкая Т. В. Лазерная доплеровская флоуметрия пульпы зуба. Часть 2 // *Институт стоматологии*. — Спб., 2007. — № 2. — С. 72–73.
4. Лазерная доплеровская флоуметрия как метод оценки гемодинамики пульпы зуба / Е. И. Уткина [и др.] // *Dental Forum*. — 2014. — № 1. — С. 27–31.
5. Орехова, Л. Ю., Кучумова, Е. Д., Стюф, Я. В. Кровоснабжение пульпы зуба. Методы исследования состояния пульпы зуба. Часть 1 // *Пародонтология*. — 2006. — № 4. — С. 12–15.
6. Перинка, Л. Подкладывать или не подкладывать / Л. Перинка // *Новое в стоматологии*. — 2003. — № 4. — С. 28–33.
7. DeLong, E. R., DeLong, D. M., Clarke-Pearson, D. L. Comparing the areas under two or more correlated receiver operating characteristic curves: a nonparametric approach // *Biometrics*. — 1988. — Т. 44, № 3. — С. 837–845.

Assessment of the significance of the method of laser speckle-optical diagnosis of the state of blood flow in the pulp of intact teeth, with caries of dentin and its complications

Chistyakova G. G.

Educational Establishment "The Belarusian State Medical University", Minsk, Republic of Belarus

The determination of the parameters of microcirculation in the pulp allows us to predict both immediate and long-term results of treatment of diseases of hard tissues of the teeth, to identify changes in hemodynamics at the preclinical stage of the development of pathology in the tooth pulp. The work is devoted to the study of the parameters of the state of blood flow in the pulp of intact teeth, with caries of dentin and its complications. A comparative analysis of hemodynamics and the state of the neuro-receptor apparatus in the pulp of the tooth at the stages of treatment of dentin caries was carried out. The sensitivity and specificity of the developed method of laser speckle-optical diagnostics of the state of regional blood flow in the tooth pulp are evaluated.

Keywords: microcirculation, blood flow level, blood flow intensity, dentin caries, ROC analysis.

Поступила 01.10.2019