



Давидовский С.В.

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Биомаркеры в суицидологии (обзор)

Конфликт интересов: не заявлен.

Подана: 09.09.2025

Принята: 17.11.2025

Контакты: davidouski@yandex.by

Резюме

В последнее время отмечается растущий интерес к потенциальным нейробиологическим маркерам суицидальной уязвимости, что привело к поиску биомаркеров суицидального риска. Проводимые в Российской Федерации и Республике Беларусь исследования выявили несколько потенциальных биомаркеров суицидального поведения. К ним относятся наличие дефицита витамина D в периферической крови, показатель содержания белка SAT1 в периферической крови у лиц мужского пола и показатель содержания митохондриального белка пероксиредоксина-5 (PRDX5) у лиц женского пола, склонных к истинному суицидальному поведению, а также показатель содержания норадреналина в периферической крови. На данный момент наибольшую клиническую пригодность продемонстрировал показатель содержания норадреналина в периферической крови (оценка чувствительности составляет 72%; оценка специфичности – 90%), однако при этом также учитывались социально-психологические характеристики лиц, склонных к суицидальному поведению (возраст, наличие образования, особенности воспитания, черта характера «демонстративность»), и выраженность депрессивной симптоматики.

Ключевые слова: биомаркер, суицид, норадреналин, белок SAT1, витамин D, митохондриальный белок пероксиредоксин-5

Davidouski S.

Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

Biomarkers in Suicidology (Review)

Conflict of interest: nothing to declare.

Submitted: 09.09.2025

Accepted: 17.11.2025

Contacts: davidouski@yandex.by

Abstract

Modern statistical methods and meta-analysis data do not confirm previously identified patterns, showing low sensitivity and clinical suitability for suicide prediction. This may explain the growing interest in potential neurobiological markers of suicidal vulnerability,

which has led to the search for biomarkers of suicide risk. Studies conducted in the Russian Federation and the Republic of Belarus have identified several potential biomarkers of suicidal behavior. These are the presence of vitamin D deficiency in peripheral blood, the SAT1 protein content in peripheral blood in males and the mitochondrial protein peroxiredoxin-5 (PRDX5) content in females prone to true suicidal behavior, as well as the norepinephrine content in peripheral blood in individuals prone to true suicidal behavior. At present, the indicator of norepinephrine content in peripheral blood has shown the greatest clinical suitability (sensitivity assessment is 0.72; specificity assessment is 0.90), however, the socio-psychological characteristics of individuals prone to suicidal behavior (age, education, upbringing characteristics, the character trait of "demonstrativeness") were also taken into account.

Keywords: biomarker, suicide, norepinephrine, SAT1 protein, vitamin D, mitochondrial peroxiredoxin protein 5

Количество исследований суицидального поведения за последнее десятилетие увеличивается в геометрической прогрессии, что позволяет установить сложную систему факторов, как предрасполагающих к суицидальному поведению, так и провоцирующих его. Данная система включает в себя: наличие психического расстройства, жизненный опыт, социальные и семейные взаимодействия, соматические заболевания, а также особенности нейробиологии, позволяющие лучше понять процесс формирования суицидального поведения. Однако современные методы статистической обработки и данные метаанализа не подтверждают ранее выявленные закономерности или устоявшиеся представления о факторах суицидального риска, показывая низкую чувствительность и клиническую пригодность для прогнозирования суицида [1, с. 1191; 2, с. 296; 3, с. 561]. Так, G. Carter и соавт. [4, с. 387] выполнили систематический обзор и метаанализ 39 шкал риска, используемых в прогнозировании суицидального поведения. Было установлено, что позитивная предиктивная ценность этих шкал находится в диапазоне от 5,5% для суицида до 38,7% для самоповреждения и самоубийства. B. Belsher и соавт. [5, с. 870] представили данные о 17 исследованиях с моделями прогнозирования самоубийств, которые были протестированы экспериментально. Сделан вывод, что способность таких моделей прогнозировать суицидальные события в будущем близка к нулю. Этим можно объяснить растущий интерес к потенциальным нейробиологическим коррелятам и специфическим наследственным маркерам суицидальной уязвимости, что привело к поиску биомаркеров суицидального риска. Биомаркер можно определить как характеристику, которая объективно измеряется и оценивается как показатель нормальных биологических или патогенных процессов, способных надежно предсказать, как люди будут переносить болезнь или как будут реагировать в ситуации переносимого психоэмоционального стресса (например, совершить суицидальную попытку) [6, с. 11]. Сам термин «биомаркер» был впервые использован в 1973 г. для обозначения биологического материала, играющего важную роль при диагностике заболевания. Однако сама концепция начала формироваться в более ранний период («биохимический маркер» в 1949 г. [7, с. 4], «биологический маркер» в 1957 г. [7, с. 4]). За последние 50 лет определение

биомаркера было изменено в соответствии с научным и клиническим прогрессом. В 2000 г. Рабочая группа по определению биомаркеров, поддерживаемая Национальным институтом здравоохранения США, определила биомаркер как «характеристику, которая объективно измеряется и оценивается как указание на нормальные биологические процессы, патогенные процессы или фармакологические реакции на терапевтическое вмешательство» [8, с. 91]. Управление по контролю за продуктами и лекарствами (FDA) в сотрудничестве с Объединенным руководящим советом создало в 2016 г. Рабочую группу по биомаркерам. Эта группа упростила определение биомаркера, рассматривая его как «определенную характеристику, которая измеряется как индикатор нормальных биологических процессов, патогенных процессов или ответов на воздействие или вмешательство» [9, с. 10]. В зависимости от их применения биомаркеры могут предоставлять дополнительную информацию о рассматриваемом заболевании или вмешательстве. Они могут быть идентифицированы в любом событии, происходящем с момента патогенеза, начала первых клинических проявлений, диагностики, результата лечения или выздоровления. В случае заболеваний центральной нервной системы (ЦНС), таких как психиатрические и неврологические расстройства, особый интерес представляет доступ к образцам мозга. Однако систематические биохимические исследования с использованием этих образцов редки и ограничены. В этом отношении прогресс в отношении нейровизуализации позволил определить некоторые нейронные функции, включая изменения локального мозгового потока, энергетического метаболизма и плотности рецепторов нейротрансмиттеров, у пациентов с разнообразными психическими заболеваниями. Тем не менее функциональная нейровизуализация не может предоставить информацию на уровне клеточной биохимии, и доступ к этой методике ограничен из-за ее высоких экономических затрат. В то же время некоторые исследования указывают на тесное двунаправленное взаимодействие между ЦНС и иммунной системой, в частности с лимфоцитами [10, с. 273]. Например, периферические цитокины, выделяемые лимфоцитами, изменяют функции ЦНС, включая ее автономный контроль, а также нейроэндокринные и поведенческие реакции. Кроме того, имеются доказательства того, что изменения в нейротрансмиттерах и оси гипоталамус – гипофиз – надпочечники в ЦНС сопутствуют изменениям в функции и метаболизме лимфоцитов, что позволяет рассматривать периферические факторы воспаления в качестве биомаркеров суицидального поведения.

Сами биомаркеры можно разделить на скрининговые биомаркеры (характеристики, помогающие прогнозировать возникновение тех или иных заболеваний), диагностические биомаркеры – выявлять характеристики тех субъектов, у которых есть заболевание, и прогностические биомаркеры – выявлять те характеристики, которые информативны для клинических исходов [11, с. 949]. В рамках модели «стресс – диатез» суицидального поведения [12, с. 181] биомаркеры можно разделить на биомаркеры диатеза (ответ на вопрос «Кто в группе риска?») и биомаркеры стресса (ситуация, когда человек предпримет попытку самоубийства). Следует отметить, что многие современные теории суицидальности основаны на модели, предложенной Д. Шлоттом и Д. Кламом [13, р. 52–53] в 80-е годы XX века, которые предположили, что ранее существовавшие уязвимости, будь то биологические или когнитивные, становятся острыми факторами риска в момент, когда они усугубляются сильным

для человека стрессом [12, р. 185]. Это привело к поиску биомаркеров суицидального риска. В настоящее время наиболее релевантными биомаркерами для оценки суицидального риска являются:

- отсутствие снижения уровня кортизола в периферической крови в тесте на подавления дексаметазона (ТПД), который отражает дисфункцию гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси (ГГНО) у индивида в ситуации стресса [14, с. 748; 15, с. 189];
- определение концентрации метаболита серотонина 5-гидроксииндолуксусной кислоты (5-ГИУК) в спинномозговой жидкости (ликворе) [16, с. 1193; 17, с. 472].

Исследования связи нарушений обмена серотонина и суицидальности начались в 1960-е годы XX века, когда было установлено снижение уровня серотонина и его метаболитов (в частности, 5-ГИУК) в тканях мозга самоубийц [17, с. 472]. Таким образом, было показано, что низкое содержание производных серотонина в спинномозговой жидкости человека коррелирует со склонностью к агрессии, что часто приводит к самоубийству [16, с. 1193; 18, с. 821]. Проводимые исследования показали, что снижение уровня 5-ГИУК в спинномозговой жидкости может увеличить риск самоубийства в 4,5 раза [17, с. 472]. Однако данный метод диагностики травматичен и не может быть использован в качестве биомаркера определения вероятности суицида.

Одним из основных элементов системы стресс-реакции является ГГНО [17, с. 187]. Значение измененного функционирования ГГНО в ситуации суицидального кризиса выявлено в исследованиях, в которых изучалось изменение показателей кортизола под влиянием подавления дексаметазона [14, с. 748; 15, с. 189]. Ожидаемый ответ на введение в 23:00 экзогенного стероида (дексаметазона) обуславливает активацию петли отрицательной обратной связи ГГНО и приводит к снижению уровня кортизола в периферической крови на следующее утро. Такая неспособность снизить уровень кортизола может быть рассмотрена как предполагаемый предиктор риска суицида. Например, в депрессивном состоянии когорту лиц, склонных к суицидальному поведению, наблюдали в течение 15 лет, отсутствие подавления уровня кортизола в периферической крови в начале исследования повышало вероятность самоубийств в 14 раз [15, с. 190]. В другом исследовании стационарных пациентов с депрессией сообщалось, что попытки суицида, на фоне которой тест подавления дексаметазона был отрицательный, чаще приводили к самоубийству [19, с. 297]. Однако, как было в дальнейшем установлено, влияние измененной реакции ГГНО на суицидальное поведение может быть опосредовано психическими расстройствами [18, с. 820]. Таким образом, дисфункция ГГНО может указывать на физиологическую чувствительность к стрессу, которая транслируется в повышенный риск суицидального поведения во время острых депрессивных эпизодов или когда переживают неблагоприятные жизненные события [17, с. 472; 18, с. 821].

В дополнение к ТПД и определению 5-ГИУК в ликворе были предприняты попытки, направленные на поиск других возможных биомаркеров самоубийства, например, снижение уровня холестерина (ХС) или нейротрофического фактора головного мозга (BDNF) в сыворотке крови.

Гипотеза о том, что сниженный по сравнению со статистической нормой холестерин имеет отношение к риску самоубийства, возникла случайно при изучении смертности лиц, принимавших холестерол-снижающие препараты для профилактики атеросклероза и инфаркта [20, с. 649]. Было установлено, что низкие уровни ХС

в сыворотке крови отмечались у лиц, совершивших серьезные попытки самоубийства, поэтому предлагалось использовать данный показатель в качестве предполагаемого биомаркера суицидального риска [21, с. 419; 22, с. 125–133]. Считается, что дислипидемия способствует изменениям в мембранах серотонинергических нейронов и поэтому может вызывать формирование суицидального поведения [22, с. 133]. В настоящее время предложен механизм, который предполагает, что снижение уровней ХС-ЛПНП в ЦНС вызывает уменьшение вязкости клеточной мембраны, что способствует снижению активности 5-HT_{1A} (серотониновых) рецепторов и приводит к импульсивности и агрессивному суицидальному поведению, вторичному по отношению к низкому уровню холестерина [22, с. 131]. Это указывает на то, что суицидальное поведение связано с холестерином мозга, который отвечает за регуляцию таких процессов, как функционирование ионных каналов, синаптическая передача, образование синапсов, дендритов и аксонов, нарушения которых связаны с расстройствами настроения. В настоящее время некоторые авторы считают, что показатель ОХС 60 мг/дл или 3,3 ммоль/л сопряжен с увеличенным риском смерти от самоубийства [22, с. 133]. В то же время четких доказательств возможности использования показателя ОХ в качестве биомаркера суицидального риска до настоящего времени не получено. Установлено, что взаимосвязь между сывороточным холестерином и суицидом значима только тогда, когда учитывается пол [23, с. 468] и возраст [23, с. 468; 24, с. 36], а также показатели холестерина липопротеинов низкой плотности [24, с. 468].

BDNF рассматривается как регулятор генерализованных физиологических процессов, связанных с адаптацией организма к окружающей среде, а также реализацией когнитивных функций. Молекулярный и физиологический механизмы BDNF определяются способностью данного нейротрофина модулировать синаптическую пластичность, регулировать активность различных нейротрансмиттерных систем и индуцировать необходимое течение сигнальных трандукторных реакций. Имеющиеся нарушения в нейрогенезе выражаются в более низком уровне BDNF в префронтальной коре и гиппокампе самоубийц [22, р. 140–143]. Более того, у депрессивных людей, которые совершают самоубийства, отмечается снижение экспрессии мРНК и уровня белка BDNF в мозге, независимо от предшествующих психических расстройств [25, р. 142; 26, р. 11]. Однако наличие связи между уровнем BDNF в периферической крови и риском самоубийства остается недоказанным. Проведенный в 2015 г. [26, р. 5] систематический обзор ассоциаций между уровнями BDNF и суицидальным поведением не выявил значимой связи между уровнем BDNF в периферической крови и попытками самоубийства. Исследования BDNF, которые проводились на базе ГУ «РНПЦ психического здоровья», также не подтвердили возможность его использования в качестве биомаркера суицида, в то же время его снижение было индикатором самоповреждающего поведения вне зависимости от пола.

В последнее время активно обсуждается вопрос использования показателей воспаления для предсказания суицидального риска [27, р. 203]. Отмечено наличие депрессивных симптомов и суицидальных мыслей или попытки самоубийства у пациентов, получавших иммунотерапию, которая вызывает сильные воспалительные реакции [28, р. 105]. Периферические воспалительные биомаркеры, связанные с риском самоубийства, включают повышенный уровень С-реактивного белка (СРБ), соотношение нейтрофилов и лимфоцитов, провоспалительные интерлейкины (ИЛ),

цитокины, которые регулируют иммунный ответ (например, ИЛ-1b и ИЛ-6), λ -фактор некроза опухоли (λ -ФНО), β 1-фактор роста тканей (β 1-ФРТ-) и фактор роста эндотелия сосудов. Отмечено, что низкие уровни противовоспалительных ИЛ-2, ИЛ-4 и g-интерферона (g-ИФН) встречаются у лиц, совершивших суицидальную попытку [28, р. 105; 29, р. 16]. Установлено, что более выраженные суицидальные мысли связаны с более высокими уровнями СРБ [30, р. 449], ИЛ-6 и ИЛ-10 [31, р. 312] и изменениями пути триптофана-кинуренина, обусловленного активированной микроглией [32, р. 209–211]. Это говорит о том, что регуляция воспалительных путей может меняться в зависимости от выраженности суицидальных мыслей и, следовательно, риска суицида [33, р. 11]. Однако недавнее исследование не выявило связи между выраженностью суицидальных мыслей и экспрессией мРНК маркера цитокинового пути [34, р. 5–6], что требует проведения дальнейших исследований, направленных на поиск возможной корреляции между выраженностью симптомов суицида и тяжестью воспаления.

Проводимые в Российской Федерации и Республике Беларусь исследования выявили еще несколько потенциальных биомаркеров суицидального поведения. Это наличие дефицита витамина D в периферической крови у лиц с депрессией, содержание белка SAT1 (spermidine/spermine N1-acetyltransferase 1) у лиц мужского пола, показатель уровня митохондриального белка пероксиредоксин 5 (PRDX5) в периферической крови у лиц женского пола, показатель содержания норадреналина в периферической крови у лиц, склонных к истинному суицидальному поведению.

В настоящее время доказано, что витамин D влияет на работу мозга посредством нейротрофического и нейропротекторного действия. В головном мозге нейронная активность зависит от внутриклеточного потока кальция, который играет важную роль в процессе развития, включая нейрогенез, синаптогенез, миелинизацию и высвобождение нейромедиаторов [35, р. 990]. Выявлена связь между суицидальными мыслями, депрессивными симптомами и низким уровнем витамина D [36, р. 1037; 37, р. 1008–1009]. В частности, исследование, проводимое в Российской Федерации [38], показало, что у пациентов с выраженной депрессией (по шкале Гамильтона 18 баллов), у которых суицидальные мысли сочетались с наличием плана осуществить самоубийство, уровень 25-ОН холекальциферола был ниже 12 нг/мл, что позволило построить уравнение регрессии для определения интенсивности суицидальных идей пациентов с депрессией:

$$Y = 3,81 - 0,09 \times X,$$

где Y – интенсивность суицидных идей;

X – уровень 25-ОН холекальциферола в сыворотке крови (в нг/мл).

Однако данные результаты были получены на сравнительно небольшой выборке (100 человек, из которых только 15 (15%) имели интенсивные суицидальные идеи, сопровождаемые суицидальными планами). Не оценивались чувствительность, специфичность, предсказательная ценность положительного и отрицательного результата данного показателя.

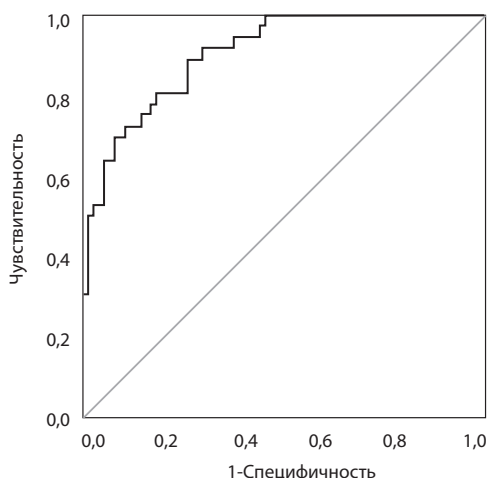
Белок SAT1 вовлечен в регуляцию внутриклеточной концентрации полиаминов и их транспорта во внеклеточную среду. Полиамины повсеместно присутствуют в живых организмах и считаются необходимыми элементами для пролиферации, дифференцировки и роста клеток, активно участвуя в регуляции ионных каналов. SAT1

является ключевым ферментом в этих процессах, его содержание корректируется в ответ на изменения содержания полиаминов. Известно, что уровень полиаминов связан с интенсивностью стрессора и поведенческой реакции на него, что важно для регуляции депрессивного эффекта [39, р. 980]. Исследователи, наблюдавшие пациентов с диагностированным биполярным аффективным расстройством, установили, что высокий уровень экспрессии гена SAT1 у лиц, совершивших попытку самоубийства в прошлом, коррелирует с будущими суицидальными действиями [40, р. 288].

Исследование, проведенное в Республике Беларусь на базе отделения токсикологии Городской клинической больницы скорой медицинской помощи г. Минска и государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр психического здоровья» Министерства здравоохранения Республики Беларусь в отделениях для лечения кризисных состояний, выявило зависимость между уровнем белка SAT1 в периферической крови и суицидальным поведением, которая имела гендерные различия [41, с. 46]. У мужчин сниженный уровень SAT1 являлся индикатором истинно суицидального поведения, у женщин – индикатором парасуицидального, в том числе и самоповреждающего, поведения, однако отсутствие изменений в показателях нейротрофического белка SAT1 не исключало вероятности совершения суицида. Следует отметить, что чувствительность данного показателя составила 67,9%; оценка предсказательной ценности положительного результата – 46,3%; оценка прогностической ценности отрицательного результата – 80,9%, что не позволяет использовать его в качестве биомаркера определения вероятности суицида.

Белок PRDX5 выполняет антиоксидантные и цитопротекторные функции во время окислительного стресса. В исследованиях лиц, склонных к истинному суицидальному поведению, было установлено, что показатель уровня митохондриального белка PRDX5 0,115 нг/мл и выше коррелировал с вероятностью совершения суицида лицами женского пола в отличие от мужчин, полученные различия были достоверны ($p=0,021$) [42, с. 288]. Данные показатели митохондриального белка PRDX5 в периферической крови были получены при проведении научно-исследовательской работы «Разработать метод диагностики преднамеренного самоповреждения на основе комплексного анализа социально-психологических факторов и молекулярно-биологических маркеров» (2020–2022 гг.). Однако полученные результаты были определены в сравнительно небольшой выборке (129 человек), не оценивались чувствительность и специфичность данного показателя, что требует проведения дальнейших исследований.

Следует отметить, что биомаркер, который может быть клинически значимым, должен обладать высокой чувствительностью (>90%), специфичностью (>90%) и сильной прогностической ценностью. На данный момент в наибольшей степени этим требованиям отвечает показатель содержания норадреналина в периферической крови. Впервые на обмен норадреналина обратили внимание в конце 70-х годов XX века. Оказалось, что в крови и моче самоубийц концентрация 3-метокси-4-гидроксифенилгликоля (метаболита норадреналина) была ниже, чем у пациентов без суицидальных попыток [22, р. 29]. Однако в дальнейшем было установлено, что у лиц, склонных к агрессивному поведению, в ситуации суицидального кризиса содержание этого метаболита, наоборот, повышалось [43, р. 135–136]. Данные противоречивые результаты могли быть обусловлены существовавшим на тот момент отсутствием разграничений между самоповреждающим и суицидальным поведением.



ROC-кривая
ROC curve

В рамках научно-исследовательской работы, проводимой в Республике Беларусь и направленной на изучение суицидального поведения, суицидальная попытка дифференцировалась в зависимости от выраженности мотивации к совершению суицида и ее травматичности [44, с. 124–126]. Это позволило установить, что для лиц, мотивированных к совершению суицида (выраженность мотивации была 8 баллов и более) и совершивших суицидальные попытки с использованием высокотетальных способов самоповреждения (повешение, глубокие парезы шеи), характерно наличие более низких показателей содержания норадреналина в периферической крови по сравнению с лицами, совершившими нежизнеопасные способы самоповреждения или вообще их не совершавшими, различия значимы ($p=0,01$). Предсказательная способность модели исследована с помощью ROC-кривой, площадь под кривой (точность модели) составила 91% (см. рисунок).

Чувствительность модели – 72%; специфичность – 90%; предсказательная ценность положительного результата равна 76%; оценка прогностической ценности отрицательного результата – 88%.

Следует отметить, что отсутствие разграничения самоповреждающего и суицидального поведения, даже при комбинации некоторых биологических маркеров, обескураживает своей прогностической ценностью. Например, модель предсказания суицида, основанная на тесте подавления дексаметазона и определения содержания 5-ГИУК в ликворе, показала чувствительность 36,5% и 88% [17, р. 465]. В другом исследовании у пациентов с расстройствами настроения и низким уровнем холестерина в сыворотке крови, а также отсутствием реакции на подавления дексаметазона отмечалась только на 40% выше вероятность совершения самоубийства [15, р. 189].

Таким образом, проводимые исследования показывают возможность использования биомаркеров с различной прогностической ценностью в качестве индикаторов вероятности совершения суицида у лиц, находящихся в состоянии суицидального кризиса, однако при этом важно разграничивать самоповреждающее и суицидальное поведение.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Fawcett J., Scheftner W.A., Fogg L., et al. Time-related predictors of suicide in major affective disorder. *Am J Psychiatry*. 1990;147(9):1189–1194. doi: 10.1176/ajp.147.9.1189
2. Simon R.J. Imminent suicide: The illusion of short-term prediction. *Suicide Life Threat Behav*. 2006;36(3):296–301. doi: 10.1521/suli.2006.36.3.296
3. Beck A.T., Steer R.A., Kovacs M., Garrison B. Hopelessness and eventual suicide: A 10-year prospective study of patient hospitalized with suicidal ideation. *Am J Psychiatry*. 1985;142(5):559–563. doi: 10.1176/ajp.142.5.559
4. Carter G., Milner A., McGill K., et al. Predicting suicidal behaviors using clinical instruments: systematic review and meta-analysis of positive predictive values for risk scales. *Br J Psychiatry*. 2017;210(6):387–395. doi: 10.1192/bjp.bp.116.182717
5. Belsher B.E., Smolenski D.J., Pruitt L.D. Positive Predictive Values and Potential Success of Suicide Prediction Models-Reply. *JAMA Psychiatry*. 2019;76(8):870–871. doi: 10.1001/jamapsychiatry.2019.1510
6. Jones R. Biomarkers: casting the net wide. *Nature*. 2010;466(7310):S11–S12. doi: 10.1038/466S11a
7. Salud García-Gutiérrez M., Navarrete F., Sala F., et al. Biomarkers in Psychiatry: Concept, Definition, Types and Relevance to the Clinical Reality. *Front Psychiatry*. 2020;11:432. doi: 10.3389/fpsyt.2020.00432
8. Biomarkers Definitions Working Group. Biomarkers and surrogate endpoints: preferred definitions and conceptual framework. *Clin Pharmacol Ther*. 2001;69(3):89–95. doi: 10.1067/mcp.2001.113989
9. *BEST (Biomarkers, Endpoints, and other Tools) Resource*. Available at: <https://pharmadvisors.ru/document/tr3877/> (accessed 01.09.2025). (in Russian)
10. Quan N., Herkenham M. Connecting cytokines and brain: a review of current issues. *Histol Histopathol*. 2002;17(1):273–288. doi: 10.14670/HH-17.273
11. Gerstzen R.E., Wang T.J. The search for new cardiovascular biomarkers. *Nature*. 2008;451(7181):949–952. doi: 10.1038/nature06802
12. Mann J.J., Watanaux C., Haas G.L., Malone K.M. Toward a clinical model of suicidal behavior in psychiatric patients. *Am J Psychiatry*. 1999;156(2):181–189. doi: 10.1176/ajp.156.2.181
13. Schotte D.E., Clum G.A. Problem-solving skills in suicidal psychiatric patients. *J Consult Clin Psychol*. 1987;55(1):49–54. doi: 10.1037/0022-006X.55.1.49
14. Coryell W., Schlesser M. The dexamethasone suppression test and suicide prediction. *Am J Psychiatry*. 2001;158:748–753. doi: 10.1176/appi.ajp.158.5.748
15. Coryell W., Schlesser M. Combined biological tests for suicide prediction. *Psychiatry Res*. 2007;150(2):187–191. doi: 10.1016/j.psychres.2006.01.021
16. Asberg M.L., Traskman P. Thoren 5-HIAA in the cerebrospinal fluid: a biochemical suicide predictor? *Arch Gen Psychiatry*. 1976;33(10):1193–1197. doi: 10.1001/archpsyc.1976.01770100055005
17. Mann J.J., Currier D., Stanley B., et al. Can biological tests assist prediction of suicide in mood disorders? *Int J Neuropsychopharmacol*. 2006;9(4):465–474. doi: 10.1017/S1461145705005687
18. Mann J.J. Neurobiology of suicidal behaviour. *Nature Rev Neurosci*. 2003;4(10):819–828. doi: 10.1038/nrn1220
19. Jokinen J., Carlberg A., Martensson B., et al. DST non- suppression predicts suicide after attempted suicide. *Psychiatry Res*. 2007;150(3):297–303. doi: 10.1016/j.psychres.2006.12.001
20. Zureik M., Courbon D., Ducimetiere P. Serum cholesterol concentration and death from suicide in men: Paris prospective study I. *BMJ*. 1996;313(7058):649–651. doi: 10.1136/bmj.313.7058.649
21. Golier J.A., Marzuk P.M., Leon A.C., et al. Low serum cholesterol level and attempted suicide. *Am J Psychiatry*. 1995;152(3):419–423. doi: 10.1176/ajp.152.3.419
22. Dwivedi Y. *The neurobiological basis of suicide*. University Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis; 2012;482 p.
23. Davidowski S., Ibragimova J., Leonov H., et al. Features of the content of cholesterol and its lipoprotein fractions in the peripheral blood of persons who had suicidal attempt. *Laboratory Diagnostics. Eastern Europe*. 2019;8(4):461–469. (in Russian)
24. Danbaev S. The relationship between cholesterol in the blood and suicidal behavior. *Valeologiya*. 2009;1:5–8. (in Russian)
25. Dwivedi Y., Rizavi H.S., Conley R.R., et al. Altered gene expression of brain-derived neurotrophic factor and receptor tyrosine kinase B in postmortem brain of suicide subjects. *Arch Gen Psychiatry*. 2003;60(8):804–815. doi: 10.1001/archpsyc.60.8.804
26. Eisen R., Perera S., Bawor M., et al. Association between BDNF levels and suicidal behaviour: A systematic review protocol. *Syst Rev*. 2015;4:56. doi: 10.1186/s13643-015-0047-x
27. Ducasse D., Olié E., Guillaume S., et al. A meta-analysis of cytokines in suicidal behavior. *Brain Behav Immun*. 2015;46:203–211. doi: 10.1016/j.bbih.2020.100122
28. Raison C.L., Demetashvili M., Capuron L., Miller A.H. Neuropsychiatric adverse effects of interferon-alpha: recognition and management. *CNS Drugs*. 2005;19(2):105–123. doi: 10.2165/00023210-200519020-00002
29. Serafini G., Parisi V.M., Aguglia A., et al. A specific inflammatory profile underlying suicide risk? Systematic review of the main literature findings. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(7):2393. doi: 10.3390/ijerph17072393
30. Chang C.C., Tzeng N.S., Kao Y.C., et al. The relationships of current suicidal ideation with inflammatory markers and heart rate variability in unmedicated patients with major depressive disorder. *Psychiatry Res*. 2017;258:449–456. doi: 10.1016/j.psychres.2017.08.076
31. O'Donovan A., Rush G., Hoatam G., et al. Suicidal ideation is associated with elevated inflammation in patients with major depressive disorder. *Depress Anxiety*. 2013;30(4):307–314. doi: 10.1002/da.22087
32. Bradley K.A., Case J.A., Khan O., et al. The role of the kynurenine pathway in suicidality in adolescent major depressive disorder. *Psychiatry Res*. 2015;227(2–3):206–212. doi: 10.1016/j.psychres.2015.03.031
33. Suzuki H., Ohgidani M., Kuwano N., et al. Suicide and microglia: recent findings and future perspectives based on human studies. *Front Cell Neurosci*. 2019;13:31. doi: 10.3389/fncel.2019.00031
34. Rengasamy M., Zhong Y., Marsland A., et al. Signaling networks in inflammatory pathways and risk for suicidal behavior. *Brain Behav Immun Health*. 2020;7:100122. doi: 10.1016/j.bbih.2020.100122
35. McCann J.C., Ames B.N. Is there convincing biological or behavioral evidence linking vitamin D deficiency to brain dysfunction. *FASEB J*. 2008;22(4):982–1001. doi: 10.1096/fj.07-9326rev
36. May H.T., Bair T.L., Lappé D.L., et al. Association of vitamin D levels with incident depression among a general cardiovascular population. *Am Heart J*. 2010;159(6):1037–1043. doi: 10.1016/j.ahj.2010.03.017
37. Bertone-Johnson E.R., Powers S.J., Spangler L., et al. Vitamin D intake from foods and supplements and depressive symptoms in a diverse population of older women. *Am J Clin Nutr*. 2011;94(4):1104–1112. doi: 10.3945/ajcn.111.017384
38. Dorofeikov V., Kaistry I., Zadorozhnaya M., et al. *Clinical laboratory way of assessment of severity of a depression at young faces*. Patent RU 2660576 C1. Available at: https://searchplatform.rospatent.gov.ru/doc/RU2660576C1_20180706?q=&from=search_simple&hash=399614051 (accessed 01.09.2025). (in Russian)
39. Gross J.A., Turecki G. Suicide and the Polyamine System. *CNS Neural Disord Drug Targets*. 2013;12(7):980–988. doi: 10.2174/18715273113129990095
40. Niculescu A.B., Levey D., Le-Niculescu H., et al. Psychiatric blood biomarkers: avoiding jumping to premature negative or positive conclusions. *Mol Psychiatry*. 2015;20(3):286–288. doi: 10.1038/mp.2014.180
41. Davidowski S., Ibragimova J., Igumnov S., et al. Study of the relationship between the content of neurotrophic proteins in blood plasma and the risk of suicide. *Social and Clinical Psychiatry*. 2021;30(3):40–47. (in Russian)
42. Davidovskii S., Ibragimova Zh., Semerikhina S., Kolesnikova T. *A method for predicting the likelihood of suicide in females with adjustment disorder*. Patent EA 049066. 2025. Available at: <https://www.eapo.org/services?url=https%3A%2F%2Fold.eapo.org%2Fpublications%2Fpublication%2Fviewpubl.php%3Fid%3D049066%26i21%3D202392638%26list%3D-215432001747313747> (accessed 01.09.2025). (in Russian)
43. Brown G.L., Goodwin F.K., Ballenger J.C., et al. Aggression in humans correlates with cerebrospinal fluid amine metabolites. *Psychiatry Res*. 1979;1(2):131–139. doi: 10.1016/0165-1781(79)90053-2
44. Davidowski S., Meshsheriakov Y. Assessment of the expression of motivation to commit suicide as a method for identification of persons with suicidal behavior. *Psychiatry, Psychotherapy and Clinical Psychology*. 2022;13(2):123–128. doi: 10.34883 (in Russian)