

# Роль носимых трансдермальных сенсоров для непрерывного мониторинга алкоголя в терапии расстройства, вызванного употреблением алкоголя (нарративный обзор)

Тимербулатов И. Ф.<sup>1</sup>

д.м.н., доцент, заведующий кафедрой наркологии;  
ORCID: 0000-0001-5241-6073, SPIN-код: 4176-5922

Тетенова Е. Ю.<sup>1</sup>

к.м.н., доцент кафедры наркологии;  
ORCID: 0000-0002-9390-621X; SPIN-код: 6583-7692

Надеждин А. В.<sup>1</sup>

к.м.н., доцент, доцент кафедры наркологии;  
ORCID: 0000-0003-3368-3170; SPIN-код: 4616-8820

<sup>1</sup> ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России»

**Автор для корреспонденции:** Надеждин Алексей Валентинович; e-mail: aminazin@inbox.ru

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, включая финансовые и нефинансовые связи, а также об отсутствии каких-либо контактов с производителями устройств, обсуждаемых в настоящей работе.

**Поступила:** 16.04.2026

**Принята к печати:** 04.05.2026

## Аннотация

**Цель обзора.** Анализ роли носимых трансдермальных сенсоров непрерывного мониторинга алкоголя (преимущественно наручных устройств BAtrack Skyn и WristAS) в терапии расстройства, вызванного употреблением алкоголя (РВУА), и предотвращении рецидивов. **Методы.** Нарративный синтез данных рандомизированных контролируемых исследований, когортных и наблюдательных работ, систематических обзоров и мета-анализов, опубликованных в период 2006–2026 гг. Поиск проводился в базах PubMed, Semantic Scholar, ScienceDirect и OpenAlex. После скрининга 357 полнотекстовых статей для итогового анализа отобрано 48 наиболее релевантных источников. **Результаты.** Наиболее убедительные доказательства получены при интеграции непрерывного мониторинга с контингент-менеджментом — системой материального подкрепления за подтверждённую трезвость. Рандомизированные исследования демонстрируют отношение шансов 8–9 в пользу контингентного вознаграждения, увеличение доли дней воздержания с 23–31% до 54–85% и снижение количества стандартных порций алкоголя в неделю с 40 до 11. Техническая точность современных наручных сенсоров в лабораторных условиях достигает площади под ROC-кривой/area under the ROC curve (AUROC) 0,97 (чувствительность 89,8%, специфичность 90,6%), однако в полевых условиях чувствительность к отдельным дням употребления снижается до 54–78%. Ключевое преимущество непрерывного мониторинга — возможность отслеживать динамику эпизода употребления (скорость нарастания концентрации алкоголя, площадь под кривой), что независимо предсказывает алкоголь-ассоциированные последствия различной модальности. Приемлемость устройств для пациентов высока (81–96% готовы использовать повторно), основными барьерами остаются стигма, кожные реакции и отсутствие стандартизированных алгоритмов интерпретации данных. **Вывод.** Наручные трансдермальные сенсоры являются перспективным инструментом объективизации потребления алкоголя и поддержки поведенческих интервенций при РВУА. Для перехода к рутинному клиническому применению требуются

крупные многоцентровые РКИ с длительностью наблюдения не менее 48 недель, разработка автоматизированных аналитических программных конвейеров и анализ экономической эффективности

**Ключевые слова:** расстройство, вызванное употреблением алкоголя, непрерывный мониторинг алкоголя, трансдермальная концентрация алкоголя, носимые сенсоры, BACtrack Skyn, контингент-менеджмент, предотвращение рецидивов, объективизация потребления алкоголя

**doi:** 10.29234/2308-9113-2026-14-2-73-94

**Для цитирования:** Тимербулатов И. Ф., Тетенова Е. Ю., Надеждин А. В. Роль носимых трансдермальных сенсоров для непрерывного мониторинга алкоголя в терапии расстройства, вызванного употреблением алкоголя (нарративный обзор). *Медицина* 2026; 14(2): 73-94. doi: 10.29234/2308-9113-2026-14-2-73-94

## Введение

Расстройство, вызванное употреблением алкоголя, остаётся одной из ведущих причин предотвратимой смертности и инвалидизации, при этом существующие методы фармакотерапии и психосоциального вмешательства демонстрируют ограниченную эффективность в отношении долгосрочного поддержания ремиссии [1]. Ключевой проблемой клинической наркологии выступает объективизация данных о потреблении алкоголя в реальных условиях: традиционные методы (самоотчёт, периодическое тестирование) систематически занижают истинный уровень употребления и не позволяют охарактеризовать динамику интоксикации [2, 3]. В последнее десятилетие стремительное развитие цифровых технологий и носимых устройств привело к появлению нового класса инструментов — носимых трансдермальных сенсоров, способных пассивно и непрерывно регистрировать концентрацию алкоголя в трансудате кожи [4].

Настоящий литературный обзор представляет собой нарративный синтез современных научных данных о роли устройств непрерывного мониторинга алкоголя, преимущественно наручных трансдермальных сенсоров (BACtrack Skyn<sup>1</sup>, WrisTAS), в терапии расстройств, вызванных употреблением алкоголя (РВУА) и предотвращении рецидивов. Анализируются результаты рандомизированных контролируемых исследований, когортных и наблюдательных работ, систематических обзоров и мета-анализов, опубликованных в период 2006–2026 г. Основное внимание уделяется эффективности контингент-менеджмента<sup>2</sup> с обратной связью от сенсоров, технической точности устройств, приемлемости для пациентов и клиницистов, а также барьерам для их рутинного клинического внедрения.

<sup>1</sup> В данной статье для обозначения концентрации алкоголя в крови мы используем стандартную международную аббревиатуру BAC (Blood Alcohol Concentration), широко применяемую в зарубежных исследованиях и в наименовании прибора (BACtrack Skyn).

<sup>2</sup> Контингент-менеджмент — метод поведенческой терапии, предусматривающий материальное поощрение участников за достижение целевых поведенческих критериев (в данном исследовании — подтвержденную трезвость)

## Методология поиска и характеристики включённых исследований

Поиск научных публикаций проводился в базах данных PubMed, Semantic Scholar, ScienceDirect и OpenAlex. Поисковый запрос: (continuous alcohol monitoring OR transdermal alcohol concentration OR wrist-worn alcohol sensor) AND (alcohol use disorder OR alcohol dependence OR harm alcohol use) AND (contingency management OR relapse prevention OR health monitoring). Первичный поиск выявил 1028 наиболее релевантных результатов. После исключения дубликатов скрининг по аннотациям проводился с использованием критериев включения PICO: популяция — взрослые ( $\geq 18$  лет) с РВУА или проблемным употреблением алкоголя; вмешательство — сенсоры для непрерывного мониторинга алкоголя; дизайн — РКИ (рандомизированные контролируемые исследования), квазиэкспериментальные, когортные, качественные исследования, систематические обзоры или мета-анализы; исходы — количественные показатели эффективности лечения или предотвращения рецидивов; клиническая направленность — наличие клинических исходов, а не только технических характеристик сенсора. Из 357 полнотекстовых статей, прошедших скрининг, для итогового анализа были отобраны 135 источников, из которых в настоящем обзоре использовано 48 наиболее релевантных задачам настоящего обзора. Три источника, не связанные с ней напрямую, были использованы в качестве вспомогательных для обоснования отдельных тезисов и суждений. Для управления ссылками, удаления дубликатов, организации источников и автоматического форматирования библиографии использовался менеджер цитирований Zotero (версия 8.0). Характеристики включённых исследований варьировали по технологическому профилю: от лодыжечных трансдермальных устройств secure continuous remote alcohol monitor/безопасный непрерывный удалённый монитор алкоголя (SCRAM/SCRAMx) до наручных сенсоров нового поколения (BACtrack Skyn, WristAS, ORBIS), (Рис 1 и 2).

*Рисунок 1. Внешний вид устройства непрерывного алкогольного мониторинга SCRAM CAM (<https://www.scramsystems.com/monitoring/scram-continuous-alcohol-monitoring/>).*



Рисунок 2. Внешний вид устройства непрерывного алкогольного мониторинга BACtrack Skyn (<https://skyn.bactrack.com>)



Популяционный спектр включал лиц с тяжелым потреблением алкоголя, не обращающихся за лечением, амбулаторных пациентов с РВУА, контролируемых лиц в системе уголовного правосудия, пациентов с алкоголь-ассоциированными заболеваниями печени и лиц без определённого места жительства [5, 6]. Большинство исследований (свыше 70%) характеризуются малым размером выборки ( $N < 50$ ), что является существенным ограничением доказательной базы.

## Эффективность контингент-менеджмента, поддерживаемого непрерывным мониторингом

Наиболее убедительные данные о терапевтической эффективности непрерывного мониторинга алкоголя получены в исследованиях, интегрирующих его с процедурой контингент-менеджмента — системой материального подкрепления за подтверждённую трезвость. Прямые доказательства этого предоставляют ряд РКИ и квазиэкспериментальных работ.

В пилотном исследовании Barnett et al. (2011) с использованием лодыжечного сенсора SCRAM и с постепенно нарастающим графиком вознаграждения (\$5–17 в день при отсутствии детектированного употребления) доля воздерживающихся дней увеличилась с 23,3% на исходном уровне до 82,4% на второй неделе, а количество стандартных порций алкоголя в неделю снизилось с 40,0 до 11,1 (размер эффекта( $d$  Коэна) 0,55–2,46) [7]. В другом РКИ Barnett et al. (2017) сравнивались условия денежного условного подкрепления и не условного подкрепления (вознаграждения выплачивалось вне зависимости от

воздержания от алкоголя) 30 участников, носивших SCRAM II/SCRAMx [8]. Доля дней без детектированного употребления составила 54,3% в контингентной группе против 31,2% в контрольной ( $p = 0,05$ ,  $d = 0,74$ ); число последовательных трезвых дней — 8,0 против 2,9 ( $p = 0,03$ ,  $d = 0,85$ ); лишь 7,1% в контрольной группе достигли низкорискового уровня употребления против 31,1% в контингентной группе [8].

Два наиболее методологически строгих РКИ Koffarnus et al. (2018, 2021) использовали удалённый алкотестер Soberlink с троекратным ежедневным тестированием. В первом исследовании ( $n = 40$ ) процент дней абстиненции составил 85% в контингентной группе против 38% в неконтингентной, отношение шансов (OR) = 9,4 (95% ДИ 4,0–22,2) [9]. Во втором исследовании ( $n = 36$ ) с частичным самофинансированием вознаграждения OR составил 8,2 [10]. Критически важным наблюдением стало то, что требование внесения депозита исключило 15 потенциальных участников, которые согласились участвовать, но не смогли внести платёж; при этом исключённые пациенты имели более низкий доход и более высокую тяжесть РВУА — серьёзная проблема эквивалентности для самофинансируемых моделей [10].

Dougherty et al. (2014, 2015) внесли вклад в понимание дозозависимых эффектов и их устойчивости [11, 12]. В РКИ с перекрестным дизайном ( $n = 26$ ) оба условия контингент-менеджмента (\$25 и \$50 в неделю за отсутствие тяжёлого употребления) значительно снижали частоту тяжёлых эпизодов по сравнению с контрольным условием (\$0), причём \$50 было более эффективно в выходные дни, а также наблюдался «перенос эффекта»: участники, получившие контингент-менеджмент первыми, сохраняли более низкий уровень употребления и в контрольной фазе [11]. В лонгитудинальном исследовании с 80 участниками 12-недельная фаза контингент-менеджмента (\$50 в неделю при трансдермальной концентрации алкоголя/transdermal alcohol concentration (TAC)  $\leq 0,03$  г/дл) привела к снижению дней тяжёлого употребления, причём эффекты сохранялись через 3 месяца после завершения интервенции [12].

Пилотное РКИ Brobbin et al. (2024, 2025) является первым, в котором наручный сенсор BATrack Skyn использовался для контингент-менеджмента у пациентов после детоксикации ( $n = 29$ ) [13, 14]. Критерием получения ваучера служил уровень TAC  $< 115,660$  г/л. Хотя исследование не было формально спроектировано на проверку эффективности, высокая посещаемость сессий (91,1%), 32% полное воздержание и высокая приемлемость этих устройств свидетельствуют о клинической эффективности метода уже на этапе пилотного исследования (фаза ноль) [14]. При этом авторы отметили, что ручная проверка TAC-данных для принятия решения о выдаче ваучера создавала значительную нагрузку на персонал, что указывает на необходимость автоматизации [14].

В контексте уголовного правосудия программа «24/7 Sobriety» в Южной Дакоте, изученная Kilmer et al. (2013, 2012, 2024) и Midgette (2014), охватила более 17 000 жителей (свыше 10% мужчин в возрасте 18–40 лет в некоторых округах) с двукратным ежедневным тестированием на потребление алкоголя или непрерывным трансдермальным

мониторингом в сочетании с «быстрыми, определёнными и умеренными наказаниями за нарушения» (свифт-санкции)/swift sanctions) [15–18]. На популяционном уровне зафиксировано снижение повторных арестов за вождение в нетрезвом виде на 12% ( $p = 0,023$ ) и арестов за насилие в семье на 9% ( $p = 0,035$ ) [15]. Fell and Scolese (2021) в своём обзоре характеризуют данные как свидетельствующие о снижении рецидивной преступности на 50–90% в период активного мониторинга [19].

Для популяции с алкоголь-ассоциированными заболеваниями печени DiMartini et al. (2023, 2024) в пилотном исследовании с наручными сенсорами (WrisTAS/BARE/ORBIS) показали, что пациенты воспринимали устройство как мотивирующее к трезвости и обеспечивающее подотчётность. Количественные показатели приемлемости оставались высокими на протяжении исследования (оценка по шкале «Модель принятия технологий 2»/«Technology Acceptance Model 2», баллы 1,3–2,3) [6, 20]. Однако прямых исходов эффективности (снижение рецидивов употребления после трансплантации) получено не было [20]. Orme et al. (2024) оценили экономическую эффективность модели «abstinence-contingent wage supplement» (стимулирующая доплата за отказ от ПАВ при сохранении занятости) у бездомных взрослых с РВУА: добавочный коэффициент «затраты — дополнительный день трезвости» составил \$3894, что, по мнению авторов, может считаться приемлемым [5].

Таким образом, совокупность РКИ и когортных исследований демонстрирует, что контингент-менеджмент, поддерживаемый непрерывным или дискретным мониторингом алкоголя, даёт большие размеры эффекта (OR 8–9) и снижение дней тяжёлого употребления [8–12]. Однако большинство исследований проводилось с устройствами для лодыжки или приборами для определения алкоголя в выдыхаемом воздухе, тогда как данные исключительно для наручных ТАС-сенсоров в контексте контингент-менеджмента пока ограничены пилотными работами [13, 14].

## Техническая точность трансдермальных сенсоров: корреляция с ВАС, чувствительность и специфичность

Техническая точность носимых ТАС-сенсоров является критическим параметром, определяющим их клиническую ценность. Мета-анализ Yu et al. (2022), объединивший 31 исследование, показал общую корреляцию ТАС с концентрацией алкоголя в крови или в выдыхаемом воздухе  $r = 0,87$  (95% ДИ 0,80–0,93). При этом наручные устройства демонстрировали более сильную корреляцию и примерно вдвое меньшее время задержки детекции после употребления алкоголя по сравнению с лодыжечными: средняя задержка была 95,9 минут в целом по устройствам, но для наручных существенно короче [21]. Fairbairn and Kang (2019) в лабораторном сравнении показали, что прототип ВАСtrack Skyn отставал от измеряемой концентрации алкоголя в выдыхаемом воздухе/breath alcohol

concentration (BrAC) на 24 минуты против 69 минут у SCRAM, что обуславливает клинически значимое преимущество для детекции в реальном времени [22].

Однако показатели чувствительности в полевых условиях оказываются значительно ниже лабораторных. В систематическом обзоре Brobbin et al. (2022), охватившем 32 исследования, чувствительность WristAS варьировала от 24% до 85,6%, а SCRAM при заводских пороговых значениях — от 39,9% до 68,5% [23]. В другом систематическом обзоре 13 исследований показано, что трансдермальные сенсоры алкоголя демонстрируют положительную корреляцию с концентрацией алкоголя в выдыхаемом воздухе ( $r = 0,56–0,79$ ), однако стандартные критерии обнаружения обладают низкой чувствительностью (до 39,9%), более того устройства WristAS и ранние версии Skyn, страдают от высокого процента отказов (17–38%), хотя применение математических моделей обработки результатов позволяет повысить точность оценки до 70–82% [24].

В полевом исследовании Richards et al. (2023) чувствительность BACtrack Skyn для детекции употребления алкоголя составила 54–78%, что существенно ниже, чем требуется для надёжного выявления рецидивов в клинической практике, где даже один день употребления алкоголя имеет прогностическое значение [25]. White et al. (2025) в рамках протокола контингент-менеджмента обнаружили, что при сопоставлении с данными ретроспективного самоотчёта (TLFB) показатель BrAC выявил 63% дней, которые участники обозначили как «дни с употреблением алкоголя». Показатель TAC (трансдермальная концентрация алкоголя) выявил только 59% таких дней. Однако специфичность TAC оказалась выше: он правильно идентифицировал 82% дней без употребления, тогда как BrAC — только 66%. Кроме того, согласие между объективными измерениями и самоотчётом снижалось к концу четырёх недельного исследования: для TAC — с 75% до 58%, для BrAC — с 82% до 75% [26].

Важный парадокс, выявленный Alessi et al. (2019), состоит в том, что непрерывный SCRAM мониторинг в течение трёх месяцев детектировал употребление у 92,1% участников, тогда как самоотчёт — только у 46,6% ( $p = 0,03$ ). Медиана продолжительности воздержания по SCRAM составила 26,0 дней против 39,0 дней по самоотчёту ( $p < 0,001$ ) [2]. Это кажущееся противоречие разрешается различием двух феноменов: непрерывный TAC-мониторинг за длительный период суммарно выявляет больше употребления, чем вспоминает пациент (ретроспективное недооценка), но в рамках отдельного дня TAC-сенсор с несовершенной чувствительностью пропускает некоторые эпизоды, о которых пациент помнит и сообщает в отчёте.

Современные методы машинного обучения существенно улучшают точность по сравнению с простыми оценками пороговых значений концентрации алкоголя. Fairbairn et al. (2025) на выборке из 256 лабораторных и 27 полевых наблюдений с использованием наручного TAC-сенсора с 20-секундным интервалом получили AUROC 0,966, чувствительность 89,8% и специфичность 90,6% для детекции употребления [27]. Ariss et al. (2023) показали, что серийные версии BACtrack Skyn в сочетании с алгоритмами деревьев с экстремальной

рандомизацией (ансамблевым методом машинного обучения) дают оценку BrAC в реальном времени с ошибкой 0,007 г/дл в лаборатории и 0,019 г/дл в полевых условиях — по сравнению с 29–53% ошибок у ручных прототипов [28]. Didier и et al. (2024) достигли 97% точности (AUCROC 0,98) при использовании моделей случайного леса и логистической регрессии на артефакт-скорректированных данных BACtrack [29].

Kianersi et al. (2023) разработали конвейер обработки сигналов с чувствительностью 70,9% и специфичностью 73,9%, оценив время начала употребления с медианной ошибкой 59 минут, а количество доз — со средней абсолютной ошибкой, составившей 2,8 стандартной порции ВОЗ [30].

Таким образом, технические характеристики современных наручных TAC-сенсоров в лабораторных условиях достигают клинически приемлемого уровня (AUROC 0,97), но в реальных полевых условиях чувствительность к отдельным дням употребления остаётся умеренной (54–78%), что требует осторожности при интерпретации отсутствия сигнала как доказательства трезвости.

## Характеристика особенностей употребления: что даёт TAC дополнительно к самоотчёту и BrAC

Ключевое преимущество непрерывного TAC-мониторинга перед периодическим тестированием и самоотчётом заключается в возможности извлекать динамические характеристики эпизода употребления алкоголя: площадь под кривой (AUC), пик TAC, скорость нарастания, скорость снижения, длительность. Russell et al. (2022) на выборке из 222 молодых взрослых с использованием SCRAM-CAM показали, что TAC-признаки сильно коррелируют с утренними отчётами о количестве выпитого ( $r = 0,6–0,7$ ) и то, что важнее — предсказывают алкоголь-ассоциированные психические, физические и социальные последствия в рамках одного дня после поправки на количество порций в самоотчете. Более высокий пик, большая AUC, более быстрая скорость нарастания и более быстрая скорость снижения — каждый из этих признаков независимо вносил вклад в прогноз последствий [31].

В своей следующей работе Russell et al. (2025) с использованием непрерывных TAC-сенсоров у 79 студентов колледжа выявлено, что более быстрая скорость нарастания и более длительный подъём независимо предсказывали алкоголь-ассоциированные проблемы даже после контроля пикового TAC — то есть скорость и темп употребления представляют собой самостоятельные и клинически значимые измерения риска, не сводимые к количеству выпитого [32]. Gunn et al. (2021) применили кластерный анализ к TAC-данным SCRAM и выделили три фенотипа эпизодов: наиболее частый — медленный подъём и снижение, меньше порций, реже в выходные; наиболее «рисковый» — самый высокий пик и AUC, больше порций, чаще в выходные; самый быстрый спад от пика [33].

Такое фенотипирование открывает возможности для персонализированных интервенций, ориентированных не на количество порций, а на топологию эпизода.

Dougherty et al. (2015) разработали и валидировали математическую модель для оценки количества выпитых стандартных порций на основе параметров ТАС (время до пика, AUC, пол), достигнув приемлемой точности в валидационной выборке [34]. Simons et al. (2015) показали, что AUC, полученная с помощью WrisTAS, коррелировала с симптомами алкогольной зависимости как внутри-, так и межиндивидуально, причём исходная тяжесть зависимости предсказывала эпизоды с более высоким пиком ТАС и более быстрым временем до достижения пика концентрации [35]. Таким образом, ТАС-признаки не просто детектируют факт употребления, но несут клиническую информацию, связанную с тяжестью расстройства и риском последствий.

## Приемлемость и барьеры внедрения

Приемлемость носимых устройств — критический фактор, определяющий возможность их рутинного клинического применения. В систематическом обзоре Brobbin et al. (2022), объединившем 22 исследования, общая комплаентность была высокой, но выявлены барьеры мешающие применению: физический дискомфорт (следы на коже, зуд, сыпь), видимость устройства (стигма), необходимость регулярной выгрузки данных и зарядки [36]. Уровень приемлемости варьировал в зависимости от типа устройства и популяции. В исследовании Alessi et al. (2017) с 100 амбулаторными пациентами с РВУА, носившими SCRAMx, 84% предоставили полные 12-недельные данные, 96% вернули браслеты неповреждёнными, 81% сообщили, что браслет помог им снизить употребление, и 75% согласились бы носить его дальше. Однако 58–61,5% сообщили о следах на коже, и 9% потенциальных участников отказались от участия из-за устройства [37]

Для наручных устройств данные также обнадёживающие. Merrill et al. (2022) сообщили о доступности данных о 85% времени ношения Skyn, причём большинство пропусков связано с ожидаемым снятием для гигиенических процедур или зарядки [38]. Rosenberg et al. (2023) получили 11 504 часа ТАС-данных от 84 студентов колледжа за 5–7 дней, с наличием данных в 567 из 602 возможных дней [39]. В 28-дневном исследовании Courtney et al. (2023) данные были доступны в 74,2% времени, при этом 20,7% потеряно из-за синхронизации/зарядки и 5,1% — из-за снятия устройства [40]. В клинической популяции лиц с РВУА Brobbin et al. (2024) обнаружили 14,5% пропущенных данных Skyn и 16,4% зарегистрированных как снятие устройства — показатели существенно выше, чем у здоровых тяжело пьющих [41].

Качественное исследование Brobbin et al. (2025) с 16 пациентами AUD-служб Южного Лондона выявило, что 15 из 16 согласились бы носить устройство снова. Темы, поднятые пациентами: роль Skyn как сдерживающего фактора, мотивационного инструмента и

средства сокращения визитов для тестирования на алкоголь. Шесть из 16 сообщили о кожных побочных эффектах (зуд, боль, сыпь), но никто не счёл это препятствием для повторного использования [42]. Barrio et al. (2019) в опросе 68 амбулаторных пациентов с алкогольной зависимостью выявили, что стигма является основным недостатком, особенно у женщин [43].

Восприятие клиницистов изучено в двух качественных работах. DiMartini et al. (2025) опросили 13 гепатологов: 77% видели ценность объективных данных об употреблении алкоголя для клинических решений, но выразили обеспокоенность по поводу объёма и сложности генерируемых данных [20]. Brobbin et al. (2025) в интервью с 10 сотрудниками алкогольных служб выявили, что персонал рассматривает TAS как потенциально полезный инструмент, но скептически относится к применимости для всех пациентов, обеспокоен его стоимостью и указывает на необходимость обучения и выделенного времени для выгрузки данных [42].

Таким образом, общая приемлемость наручных TAS-устройств высока (81–96% участников согласились бы носить их снова), но физический дискомфорт, стигма (особенно для лодыжечных устройств) и гендерные различия в приемлемости требуют внимания [44]. Клиническое внедрение сдерживается не технологическими ограничениями как таковыми, а отсутствием стандартизированных аналитических программных конвейеров для превращения «сырых» TAS-данных в клинически действенные решения.

## Применение в специализированных популяциях: уголовное правосудие, алкоголь-ассоциированное заболевание печени, бездомность

Непрерывный мониторинг алкоголя нашёл наиболее широкое применение в системе уголовного правосудия, где он служит альтернативой тюремному заключению и инструментом надзора. Помимо программы «24/7 Sobriety» в Южной Дакоте [15,17], пилотное РКИ Averill et al. (2018), с 37 мужчинами осуждёнными за вождение в нетрезвом виде, показало значимый временной эффект (снижение среднего недельного пика TAS с 0,15 на 1-й неделе до 0,09 на 6-й,  $p = 0,005$ ), но не выявило группового эффекта между контингент-менеджментом, обратной связью и контролем [45]. Fell and Scolese (2021) в своём обзоре делают вывод, что устройство блокировки зажигания автомобиля и трансдермальный мониторинг алкоголя снижают рецидивную преступность на 50–90% в период активного использования устройства [19].

DiMartini et al. (2023) провели пилотное исследование с участием 27 пациентов с алкоголь-ассоциированным заболеванием печени, где сохранение трезвости прямо связано с правом на трансплантацию и выживаемостью трансплантата. Высокая начальная

приемлемость устройства ТАС по шкале принятия технологий TAM-2 (1,2–2,2 балла) сохранялась к концу исследования без значимого снижения [6]. В качественном исследовании DiMartini et al. (2024) пациенты описали специфические механизмы, с помощью которых устройство им помогает: улучшение воспоминания о паттернах употребления и усиление подотчётности — эффекты, которые не достигаются стандартными биомаркерами (фосфатидилэтанол и этилглюкоронид) или самоотчётами [20]. Однако клиницисты, принявшие участие в исследовании, выразили обеспокоенность по поводу сложности и объёма данных, что указывает на необходимость автоматизированных алгоритмов, представляющих сводку «трезв/не трезв» вместо графиков концентрации алкоголя. Liu and Kwan Man (2023) в обзоре отмечают, что фосфатидилэтанол (чувствительность 100%, специфичность 96%) и этилглюкоронид (89,3% и 98,9%) остаются референсными биохимическими тестами, а носимые устройства — дополнением, а не заменой [46].

В работе Orme et al. (2025) изучалась модель финансового поощрения трезвости среди бездомных с синдромом зависимости от алкоголя. Участники трудились в некоммерческих организациях, и их вознаграждение повышалось при объективном контроле употребления через носимый детектор этанола [5]. Предельные затраты на один дополнительный день воздержания достигли \$3894, что находится в диапазоне затрат на иные высокоинтенсивные вмешательства для данной уязвимой группы.

Rash et al. (2019) в исследовании тяжело пьющих посетителей бесплатных столовых ( $n = 22$ ) выявили разительное расхождение метрик: доля не употребляющих по данным BrAC составила 93%, по ТАС — 58%, по самоотчёту — 57%, что подчёркивает проблему выбора «золотого стандарта» в маргинализированных популяциях [47].

Таким образом, наиболее серьёзные доказательства для непрерывного мониторинга в специализированных популяциях получены в системе уголовного правосудия (снижение рецидивной преступности) и у бездомных (экономическая эффективность), тогда как для алкогольного поражения печени и других высокорисковых клинических групп данные ограничены пилотными исследованиями с малой выборкой.

## Ограничения доказательной базы и нерешённые вопросы

Несмотря на обнадёживающие результаты, доказательная база по наручным ТАС-сенсорам имеет ряд существенных ограничений, которые необходимо преодолеть для перехода к рутинному клиническому применению.

Во-первых, существующие РКИ, за редким исключением (Koffarnus et al., 2018, 2021; Barnett et al., 2017), имеют малый размер выборки (обычно  $N < 50$ ), короткую продолжительность (9–26 недель) и зачастую высокий процент отсева, что ограничивает статистическую

мощность и обобщаемость [8–10, 14]. Исследований с длительностью наблюдения  $\geq 48$  недель, которые необходимы для оценки устойчивости антикрейвингового эффекта и частоты поздних рецидивов, практически нет.

Во-вторых, значительная гетерогенность в изучаемых устройствах (лодыжечные SCRAM vs. наручные Skyn/WrisTAS vs. алкотестеры), схемах контингент-менеджмента (размер и график вознаграждения), популяциях (добровольные vs. обязательные, с коморбидным ожирением vs. без, с СД2 vs. без) и исходах (дни воздержания vs. дни тяжёлого употребления vs. госпитализации) затрудняет проведение мета-анализов и формулирование универсальных рекомендаций.

В-третьих, остаётся открытым вопрос обобщаемости: подавляющее большинство данных получено на выборках из США и Великобритании, с преобладанием белых участников (в некоторых исследованиях до 87–89%) [14, 20]. Данных о применении в других культурных и расовых группах недостаточно.

В-четвёртых, практически отсутствуют данные о долгосрочной безопасности и эффективности при многолетнем применении в контексте РВУА. Хотя профиль безопасности ТАС-устройств (кожные реакции, дискомфорт) в целом благоприятный, неизвестно, развивается ли толерантность к антикрейвинговому эффекту (как это наблюдается для некоторых фармакологических препаратов) и как часто происходят рецидивы после прекращения мониторинга. Исследования с длительным периодом наблюдения ( $\geq 12$  месяцев после окончания мониторинга) отсутствуют.

В-пятых, не решены ключевые организационные вопросы: какой конкретный ТАС-сенсор и с какими аналитическими алгоритмами (простой порог vs. машинное обучение) наиболее эффективен; какова оптимальная продолжительность курса мониторинга (3, 6, 12 месяцев); эффективно ли сочетание ТАС-мониторинга с существующими препаратами (налтрексон, акампросат, налмефен); какова экономическая эффективность такого лечения по сравнению со стандартной терапией.

Наконец, сохраняются опасения по поводу справедливости доступа: модели, требующие от пациента наличия смартфона с iOS, регулярной синхронизации, зарядки устройства и (в случае самофинансируемого контингент-менеджмента) внесения депозита, создают порог для участия, исключая пациентов с низким доходом и наибольшей клинической тяжестью [10]. Barrio et al. (2019) показали, что стигма является более выраженной проблемой для женщин [43], а Rodríguez and Russell (2023) — что мужчины оценивают лодыжечный SCRAM-CAM более позитивно, чем женщины, что указывает на необходимость гендерно-специфических подходов [44].

## Заключение: синтез доказательств и направления будущих исследований

Накопленные к настоящему моменту данные позволяют с уверенностью утверждать, что носимые трансдермальные сенсоры для непрерывного мониторинга алкоголя, в особенности наручные устройства нового поколения (BACtrack Skyn), открывают новую главу в объективизации потребления алкоголя и поддержке поведенческих интервенций при РВУА. Наиболее убедительные результаты получены при интеграции непрерывного мониторинга с контингент-менеджментом: рандомизированные исследования демонстрируют отношения шансов 8–9 в пользу контингентного вознаграждения [8–10], а популяционные программы типа «24/7 Sobriety» — снижение повторных арестов на 9–12% [15]. Технические характеристики современных наручных устройств в лабораторных условиях достигли клинически приемлемого уровня (AUROC 0,97), хотя полевая чувствительность к отдельным дням употребления остаётся умеренной (54–78%) [25, 27].

Ключевым отличием непрерывного ТАС-мониторинга от периодического тестирования является возможность характеризовать динамику эпизода употребления: скорость нарастания, длительность, площадь под кривой — параметры, которые независимо предсказывают алкоголь-ассоциированные последствия и могут использоваться для фенотипирования (Russell et al., 2022, 2025; Gunn et al., 2021). Это открывает перспективы для персонализированных интервенций, ориентированных не только на количество потреблённого алкоголя, но и на темп и топологию употребления.

Приемлемость устройств для пациентов в целом высока (81–96% готовы использовать снова), однако стигма (особенно для лодыжечных устройств), кожные реакции, гендерные различия и необходимость регулярной синхронизации остаются барьерами [36, 37, 42]. Клиническое внедрение упирается не столько в технологические ограничения, сколько в отсутствие стандартизированных аналитических программных конвейеров и автоматизированных алгоритмов, превращающих «сырые» ТАС-данные в клинически действенные решения [13, 20].

Основным вызовом для будущих исследований является переход от обнадёживающих, но методологически ограниченных пилотных и обсервационных работ к крупным, многоцентровым РКИ с длительностью наблюдения не менее 48–52 недель, чтобы окончательно подтвердить эффективность наручных ТАС-сенсоров для предотвращения рецидивов и определить оптимальные терапевтические стратегии. Критически важными направлениями являются: изучение устойчивости антикрейвингового эффекта во времени и частоты рецидивов после прекращения мониторинга; разработка и валидация автоматизированных алгоритмов для клинической интерпретации ТАС-данных [48, 49]; уточнение профиля безопасности и эффективности в различных подгруппах (по полу, ИМТ, коморбидным психическим расстройствам); анализ экономической эффективности и поиск устойчивых моделей финансирования, не создающих барьеров для пациентов с низким

доходом; интеграция ТАС-мониторинга с другими цифровыми инструментами (just-in-time adaptive intervention/адаптивное вмешательство «точно в срок»), ИИ-предикция на основе физиологических данных для создания комплексных платформ поддержки ремиссии.

Только после проведения дополнительных исследований станет возможным окончательно определить место наручных трансдермальных сенсоров в реальной практике лечения расстройства, вызванного употреблением алкоголя.

## Декларация об этической неоднозначности

Авторы полностью осознают этическую неоднозначность обсуждаемых технологий. Несмотря на доказанную клиническую полезность данных устройств, включая объективный мониторинг воздержания от алкоголя и поддержку терапевтических интервенций — те же самые инструменты могут быть использованы для целей, выходящих за пределы клинической этики: принудительного надзора со стороны работодателей или страховых организаций, негласного сбора поведенческих данных уязвимых групп, а также судебно-административного контроля вне валидированных клинических протоколов и юридических оснований.

Указанные технологии неизбежно порождают противоречие между поддержкой пациента и надзором, между усилением мотивации и подменой автономии личности внешним подкреплением. Такие системы вписываются в логику так называемой надзорно-капиталистической биополитики, где непрерывный сбор поведенческих данных и алгоритмическое управление создают риск тотального контроля [50, 51].

## Авторский вклад

Все авторы внесли равный и существенный вклад в подготовку настоящего нарративного обзора на всех этапах его подготовки: концептуализацию идеи и структуры обзора, поиск и анализ литературы, интерпретацию данных, написание и редактирование текста, а также окончательное утверждение рукописи.

## Список литературы

1. Celik M, Gold MS, Fuehrlein B. A narrative review of current and emerging trends in the treatment of alcohol use disorder. *Brain Sci.* 2024 Mar 20;14(3):294. doi: 10.3390/brainsci14030294
2. Alessi S, Petry N, Barnett N. Objective continuous monitoring of alcohol consumption for three months among alcohol use disorder treatment outpatients. *Alcohol Fayettev N.* 2019 Dec;81:131–8. doi: 10.1016/j.alcohol.2019.01.008

3. Надеждин АВ., Тетенова ЕЮ., Колгашкин АО. и др. Предикторы ложноотрицательных результатов теста AUDIT-4 среди пациентов многопрофильной клинической больницы, госпитализированных по неотложным показаниям. Наркология. 2021;20(10):36–48. doi: 10.25557/1682-8313.2021.10.36-48
4. Fairbairn CE, Bosch N. A new generation of transdermal alcohol biosensing technology: practical applications, machine learning analytics, and questions for future research. *Addiction*. 2021. doi: 10.1111/add.15523
5. Orme S, Zarkin GA, Dunlap LJ, Luckey J, Toegel F, Novak MD, et al. Cost and cost-effectiveness of abstinence-contingent wage supplements for adults experiencing homelessness and alcohol use disorder. *J Subst Use Addict Treat*. 2025 Feb;169:209569. doi: 10.1016/j.josat.2024.209569
6. DiMartini A, Behari J, Dunn M, Bataller RA, Jakicic JM, McNulty M, et al. Challenges and solutions for monitoring alcohol use in patients with alcohol related liver disease: pilot study of a wearable alcohol biosensor. *Psychosom Med*. 2023 Sep 1;85(7):596–604. doi: 10.1097/PSY.0000000000001203
7. Barnett N, Tidey J, Murphy JG, Swift R, Colby S. Contingency management for alcohol use reduction: a pilot study using a transdermal alcohol sensor. *Drug Alcohol Depend*. 2011. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2011.04.023
8. Barnett NP, Celio MA, Tidey JW, Murphy JG, Colby SM, Swift RM. A preliminary randomized controlled trial of contingency management for alcohol use reduction using a transdermal alcohol sensor. *Addict Abingdon Engl*. 2017 Jun;112(6):1025–35. doi: 10.1111/add.13767 PubMed PMID: 28107772
9. Koffarnus MN, Bickel WK, Kablinger AS. Remote alcohol monitoring to facilitate incentive-based treatment for alcohol use disorder: a randomized trial. *Alcohol Clin Exp Res*. 2018 Dec;42(12):2423–31. doi: 10.1111/acer.13891
10. Koffarnus MN, Kablinger AS, Kaplan BA, Crill EM. Remotely administered incentive-based treatment for alcohol use disorder with participant-funded incentives is effective but less accessible to low-income participants. *Exp Clin Psychopharmacol*. 2021 Oct;29(5):555–65. doi: 10.1037/pha0000503
11. Dougherty DM, Hill-Kapturczak N, Liang Y, Karns TE, Cates SE, Lake SL, et al. Use of continuous transdermal alcohol monitoring during a contingency management procedure to reduce excessive alcohol use. *Drug Alcohol Depend*. 2014 Sep 1;142:301–6. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2014.06.039
12. Dougherty DM, Karns TE, Mullen J, Liang Y, Lake SL, Roache JD, et al. Transdermal alcohol concentration data collected during a contingency management program to reduce at-risk drinking. *Drug Alcohol Depend*. 2015 Mar 1;148:77–84. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2014.12.021
13. Brobbin E, Deluca P, Parkin S, Drummond C. Use of transdermal alcohol sensors in conjunction with contingency management to reduce alcohol consumption in people with alcohol dependence attending alcohol treatment services: protocol for a pilot feasibility randomized controlled trial. *JMIR Res Protoc*. 2024 Jul 31;13:e57653. doi:10.2196/57653
14. Brobbin E, Drummond C, Parkin S, Deluca P. Use of wearable transdermal alcohol sensors for monitoring alcohol consumption after detoxification with contingency management: pilot randomized feasibility trial. *JMIR Hum Factors*. 2025 Mar 14;12(1):e64664. doi: 10.2196/64664
15. Kilmer B, Nicosia N, Heaton P, Midgette G. Efficacy of frequent monitoring with swift, certain, and modest sanctions for violations: insights from south dakota’s 24/7 sobriety project. *Am J Public Health*. 2013 Jan;103(1):e37–43. doi: 10.2105/AJPH.2012.300989
16. Kilmer B, Nicosia N, Heaton P, Midgette G. An innovative way to curb problem drinking: South Dakota’s 24/7 sobriety project [internet]. RAND Corporation; 2012 [cited 2026 Apr 26]. Available from: [https://www.rand.org/pubs/research\\_briefs/RB9692.html](https://www.rand.org/pubs/research_briefs/RB9692.html). doi: 10.7249/RB9692
17. Kilmer B, Midgette G, Nicosia N. Combining frequent alcohol testing with swift-certain-fair sanctions: summary of the peer-reviewed literature on 24/7 sobriety and ideas for future research. *Fed Sentencing Report*. 2024 Apr;36(4):201–8. doi: 10.1525/fsr.2024.36.4.201

18. Midgette G. Monitoring with swift, certain, and moderate sanctions to reduce alcohol-related crime: the South Dakota 24/7 sobriety program [Internet]. RAND Corporation; 2014 [cited 2026 Apr 26]. Available from: [https://www.rand.org/pubs/rgs\\_dissertations/RGSD339.html](https://www.rand.org/pubs/rgs_dissertations/RGSD339.html). doi: 10.7249/RGSD339
19. Fell JC, Scolese J. The effectiveness of alcohol monitoring as a treatment for driving-while-intoxicated (DWI) offenders: A literature review and synthesis. *Traffic Inj Prev*. 2021;22(sup1):S1–7. doi: 10.1080/15389588.2021.1980783
20. DiMartini A, Behari J, Punzi J, Dunn M, Bataller R, Jakicic JM, et al. What hepatology clinicians and their patients with alcohol-related liver disease think of wearable alcohol biosensors to aid abstinence from alcohol: A qualitative study. *Drug Alcohol Rev*. 2025 Feb;44(2):532–54. doi: 10.1111/dar.13978
21. Yu J, Fairbairn CE, Gurrieri L, Caumiant EP. Validating transdermal alcohol biosensors: a meta-analysis of associations between blood/breath-based measures and transdermal alcohol sensor output. *Addiction*. 2022;117(11):2805–15. doi: 10.1111/add.15953
22. Fairbairn CE, Kang D. Temporal Dynamics of Transdermal Alcohol Concentration Measured via New-Generation Wrist-Worn Biosensor. *Alcohol Clin Exp Res*. 2019;43(10):2060–9. doi: 10.1111/acer.14172
23. Brobbin E, Deluca P, Hemrage S, Drummond C. Accuracy of wearable transdermal alcohol sensors: systematic review. *J Med Internet Res*. 2022 Apr 14;24(4):e35178. doi: 10.2196/35178
24. van Egmond K, Wright CJC, Livingston M, Kuntsche E. Wearable transdermal alcohol monitors: a systematic review of detection validity, and relationship between transdermal and breath alcohol concentration and influencing factors. *Alcohol Clin Exp Res*. 2020 Oct;44(10):1918–32. doi: 10.1111/acer.14432 PubMed PMID: 32767791.
25. Richards VL, Barnett NP, Cook RL, Leeman RF, Souza T, Case S, et al. Correspondence between alcohol use measured by a wrist-worn alcohol biosensor and self-report via ecological momentary assessment over a 2-week period. *Alcohol Hanover York Cty Pa*. 2023 Feb;47(2):308–18. doi: 10.1111/acer.14995
26. White B, Haczkiwicz C, Mack A, Hill-Kapturczak N, Vingren J, Blumenthal H, et al. B – 120 Detection performance of objective alcohol use measures relative to retrospective self-report. *Arch Clin Neuropsychol*. 2025 Nov 1;40(Supplement\_2):ii279. doi: 10.1093/arclin/acaf084.270
27. Fairbairn CE, Han J, Caumiant EP, Benjamin AS, Bosch N. A wearable alcohol biosensor: Exploring the accuracy of transdermal drinking detection. *Drug Alcohol Depend*. 2025 Jan 1;266:112519. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2024.112519
28. Ariss T, Fairbairn CE, Bosch N. Examining new-generation transdermal alcohol biosensor performance across laboratory and field contexts. *Alcohol Hanover York Cty Pa*. 2023 Jan;47(1):50–9. doi: 10.1111/acer.14977
29. Didier NA, King AC, Polley EC, Fridberg DJ. Signal processing and machine learning with transdermal alcohol concentration to predict natural environment alcohol consumption. *Exp Clin Psychopharmacol*. 2024 Apr;32(2):245–54. doi: 10.1037/pha0000683
30. Kianersi S, Ludema C, Agle J, Ahn YY, Parker M, Ideker S, et al. Development and validation of a model for measuring alcohol consumption from transdermal alcohol content data among college students. *Addict Abingdon Engl*. 2023 Oct;118(10):2014–25. doi: 10.1111/add.16228
31. Russell MA, Turrisi RJ, Smyth JM. Transdermal sensor features correlate with ecological momentary assessment drinking reports and predict alcohol-related consequences in young adults' natural settings. *Alcohol Clin Exp Res*. 2022 Jan;46(1):100–13. doi: 10.1111/acer.14739
32. Russell MA, Richards VL, Turrisi RJ, Li Y, Mallett KA. Alcohol consumption dynamics and day-to-day experiences of alcohol-related problems: Combining transdermal alcohol concentration sensors and daily self-reports in young adults' natural settings. *Exp Clin Psychopharmacol*. 2025 Dec 18;10.1037/pha0000819. doi: 10.1037/pha0000819

33. Gunn RL, Steingrimsson JA, Merrill JE, Souza T, Barnett N. Characterising patterns of alcohol use among heavy drinkers: A cluster analysis utilising alcohol biosensor data. *Drug Alcohol Rev.* 2021 Nov;40(7):1155–64. doi: 10.1111/dar.13306
34. Dougherty DM, Hill-Kapturczak N, Liang Y, Karns TE, Lake SL, Cates SE, et al. The potential clinical utility of transdermal alcohol monitoring data to estimate the number of alcoholic drinks consumed. *Addict Disord Their Treat.* 2015 Sep;14(3):124–30. doi: 10.1097/ADT.000000000000060
35. Simons JS, Wills TA, Emery NN, Marks RM. Quantifying alcohol consumption: Self-report, transdermal assessment, and prediction of dependence symptoms. *Addict Behav.* 2015 Nov;50:205–12. doi: 10.1016/j.addbeh.2015.06.042
36. Brobbin E, Deluca P, Hemrage S, Drummond C. Acceptability and feasibility of wearable transdermal alcohol sensors: systematic review. *JMIR Hum Factors.* 2022 Dec 23;9(4):e40210. doi: 10.2196/40210
37. Alessi SM, Barnett NP, Petry NM. Experiences with SCRAMx alcohol monitoring technology in 100 alcohol treatment outpatients. *Drug Alcohol Depend.* 2017 Sep 1;178:417–24. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2017.05.031
38. Merrill J, Gunn R, Neary A, Souza T, Barnett N. Feasibility and acceptability of a wrist-worn transdermal alcohol biosensor to collect data in the field [Internet]. 2022 [cited 2026 May 3]. Available from: <http://hdl.handle.net/10125/79824>. doi: 10.24251/HICSS.2022.488
39. Rosenberg M, Kianersi S, Luetke M, Jozkowski K, Guerra-Reyes L, Shih PC, et al. Wearable alcohol monitors for alcohol use data collection among college students: feasibility and acceptability. *Alcohol Fayettev N.* 2023 Sep;111:75–83. doi: 10.1016/j.alcohol.2023.05.007
40. Courtney JB, Russell MA, Conroy DE. Acceptability and validity of using the BACtrack skyn wrist-worn transdermal alcohol concentration sensor to capture alcohol use across 28 days under naturalistic conditions – A pilot study. *Alcohol Fayettev N.* 2023 May;108:30–43. doi: 10.1016/j.alcohol.2022.11.004
41. Brobbin E, Deluca P, Coulton S, Parkin S, Drummond C. Comparison of transdermal alcohol concentration and self-reported alcohol consumption in people with alcohol dependence attending community alcohol treatment services. *Drug Alcohol Depend.* 2024 Mar 1;256:111122. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2024.111122
42. Brobbin E, Parkin S, Deluca P, Drummond C. A qualitative exploration of the experiences of transdermal alcohol sensor devices amongst alcohol service practitioners (South London, UK). *Addict Res Theory.* 2025 Jan 2;33(1):36–47. doi: 10.1080/16066359.2024.2309869
43. Barrio P, Teixidor L, Andreu M, Gual A. What do real alcohol outpatients expect about alcohol transdermal sensors? *J Clin Med.* 2019 Jun 5;8(6):795. Located at: Crossref. doi: 10.3390/jcm8060795
44. Rodríguez GC, Russell MA. acceptability and anklet user experience with the SCRAM-CAM transdermal alcohol concentration sensor in regularly drinking young adults' natural environments. *Alcohol Fayettev N.* 2023 Sep;111:51–8. doi: 10.1016/j.alcohol.2023.04.005
45. Averill F, Brown TG, Robertson RD, Tchomgang A, Berbiche D, Nadeau L, et al. Transdermal alcohol monitoring combined with contingency management for driving while impaired offenders: A pilot randomized controlled study. *Traffic Inj Prev.* 2018 Jul 4;19(5):455–61. doi: 10.1080/15389588.2018.1448079
46. Liu J, Man K. Biomarkers for monitoring alcohol sobriety after liver transplantation for alcoholic liver disease. *J Gastroenterol Hepatol.* 2023 Aug;38(8):1227–32. doi: 10.1111/jgh.16269
47. Rash CJ, Petry NM, Alessi SM, Barnett NP. Monitoring alcohol use in heavy drinking soup kitchen attendees. *Alcohol Fayettev N.* 2019 Dec;81:139–47. doi: 10.1016/j.alcohol.2018.10.001

48. Zetterström A, Hämäläinen MD, Winkvist M, Söderquist M, Öhagen P, Andersson K, et al. The clinical course of alcohol use disorder depicted by digital biomarkers. *Front Digit Health*. 2021 Dec 7;3:732049. doi: 10.3389/fdgth.2021.732049
49. Wallden M, Dahlberg G, Månflod J, Knez R, Winkvist M, Zetterström A, et al. Evaluation of 6 years of ehealth data in the alcohol use disorder field indicates improved efficacy of care. *Front Digit Health*. 2024 Jan 5;5. Located at: Crossref. doi: 10.3389/fdgth.2023.1282022
50. Zuboff S. *The age of surveillance capitalism: the fight for a human future at the new frontier of power*. First edition. New York: PublicAffairs; 2019. 691 p.
51. Baruphakēs G. *Technofeudalism: what killed capitalism*. London: The Bodley Head; 2023. 281 p.

## The role of wearable transdermal sensors for continuous alcohol monitoring in the treatment of alcohol use disorder (a narrative review)

Timurbulatov I. F.<sup>1</sup>

Tetenova E. Yu.<sup>1</sup>

Nadezhdin A. V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia*

**Corresponding Author:** Alexey V. Nadezhdin; **e-mail:** aminazin@inbox.ru

**Funding.** The study had no sponsorship support.

**Conflict of Interest.** The authors declare no potential conflict of interest, including financial and non-financial relationships, and no contact with the manufacturers of the devices discussed in this work.

**Received:** 16.04.2026

**Accepted:** 04.05 2026

### Abstract

**Objective.** To analyze the role of wearable transdermal sensors for continuous alcohol monitoring (primarily wrist-worn BACtrack Skyn and WristAS devices) in the treatment of alcohol use disorder and relapse prevention. **Methods.** A narrative synthesis of data from randomized controlled trials, cohort and observational studies, systematic reviews, and meta-analyses published between 2006 and 2026. Searches were conducted in PubMed, Semantic Scholar, ScienceDirect, and OpenAlex. After screening 357 full-text articles, 48 of the most relevant sources were selected for final analysis. **Results.** The most compelling evidence comes from integrating continuous monitoring with contingency management—a system of material reinforcement for verified abstinence. Randomized trials demonstrate odds ratios of 8–9 in favor of contingent reinforcement, an increase in the proportion of abstinent days from 23–31% to 54–85%, and a reduction in standard drinks per week from 40 to 11. The technical accuracy of modern wrist-worn sensors in laboratory settings reaches an area under the ROC curve (AUROC) of 0,97 (sensitivity 89,8%, specificity 90,6%); however, in field settings, sensitivity to individual drinking days decreases to 54–78%. A key advantage of continuous monitoring is the ability to characterize drinking episode dynamics (rate of ascent, area under the curve), which independently predicts alcohol-related consequences. Device acceptability among patients is high (81–96% would use them again), with stigma, skin reactions, and the lack of standardized data interpretation algorithms remaining the main barriers. **Conclusion.** Wrist-worn transdermal sensors are a promising tool for objectifying alcohol consumption and supporting behavioral interventions for AUD. Transitioning to routine clinical practice requires large multicenter RCTs with observation periods of at least 48 weeks, the development of automated analytical pipelines, and cost-effectiveness analyses.

**Keywords:** alcohol use disorder, continuous alcohol monitoring, transdermal alcohol concentration, wearable sensors, BACtrack Skyn, contingency management, relapse prevention, objective alcohol consumption assessment

## References

1. Celik M, Gold MS, Fuehrlein B. A narrative review of current and emerging trends in the treatment of alcohol use disorder. *Brain Sci.* 2024 Mar 20;14(3):294. doi: 10.3390/brainsci14030294
2. Alessi S, Petry N, Barnett N. Objective continuous monitoring of alcohol consumption for three months among alcohol use disorder treatment outpatients. *Alcohol Fayettev N.* 2019 Dec;81:131–8. doi: 10.1016/j.alcohol.2019.01.008
3. Nadezhdin AV., Tetenova EYu., Kolgashkin AYu., et al. Predictors of false-negative results of the AUDIT-4 test among patients of a multidisciplinary clinical hospital hospitalized for emergency reasons. *Narkologiya.* 2021;20(10):36–48. doi: 10.25557/1682-8313.2021.10.36-48 (In Russ.)
4. Fairbairn CE, Bosch N. A new generation of transdermal alcohol biosensing technology: practical applications, machine learning analytics, and questions for future research. *Addiction.* 2021. doi: 10.1111/add.15523
5. Orme S, Zarkin GA, Dunlap LJ, Luckey J, Toegel F, Novak MD, et al. Cost and cost-effectiveness of abstinence-contingent wage supplements for adults experiencing homelessness and alcohol use disorder. *J Subst Use Addict Treat.* 2025 Feb;169:209569. doi: 10.1016/j.josat.2024.209569
6. DiMartini A, Behari J, Dunn M, Bataller RA, Jakicic JM, McNulty M, et al. Challenges and solutions for monitoring alcohol use in patients with alcohol related liver disease: pilot study of a wearable alcohol biosensor. *Psychosom Med.* 2023 Sep 1;85(7):596–604. doi: 10.1097/PSY.0000000000001203
7. Barnett N, Tidey J, Murphy JG, Swift R, Colby S. Contingency management for alcohol use reduction: a pilot study using a transdermal alcohol sensor. *Drug Alcohol Depend.* 2011. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2011.04.023
8. Barnett NP, Celio MA, Tidey JW, Murphy JG, Colby SM, Swift RM. A preliminary randomized controlled trial of contingency management for alcohol use reduction using a transdermal alcohol sensor. *Addict Abingdon Engl.* 2017 Jun;112(6):1025–35. doi: 10.1111/add.13767 PubMed PMID: 28107772
9. Koffarnus MN, Bickel WK, Kablinger AS. Remote alcohol monitoring to facilitate incentive-based treatment for alcohol use disorder: a randomized trial. *Alcohol Clin Exp Res.* 2018 Dec;42(12):2423–31. doi: 10.1111/acer.13891
10. Koffarnus MN, Kablinger AS, Kaplan BA, Crill EM. Remotely administered incentive-based treatment for alcohol use disorder with participant-funded incentives is effective but less accessible to low-income participants. *Exp Clin Psychopharmacol.* 2021 Oct;29(5):555–65. doi: 10.1037/pha0000503
11. Dougherty DM, Hill-Kapturczak N, Liang Y, Karns TE, Cates SE, Lake SL, et al. Use of continuous transdermal alcohol monitoring during a contingency management procedure to reduce excessive alcohol use. *Drug Alcohol Depend.* 2014 Sep 1;142:301–6. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2014.06.039
12. Dougherty DM, Karns TE, Mullen J, Liang Y, Lake SL, Roache JD, et al. Transdermal alcohol concentration data collected during a contingency management program to reduce at-risk drinking. *Drug Alcohol Depend.* 2015 Mar 1;148:77–84. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2014.12.021
13. Brobbin E, Deluca P, Parkin S, Drummond C. Use of transdermal alcohol sensors in conjunction with contingency management to reduce alcohol consumption in people with alcohol dependence attending alcohol treatment services: protocol for a pilot feasibility randomized controlled trial. *JMIR Res Protoc.* 2024 Jul 31;13:e57653. doi:10.2196/57653
14. Brobbin E, Drummond C, Parkin S, Deluca P. Use of wearable transdermal alcohol sensors for monitoring alcohol consumption after detoxification with contingency management: pilot randomized feasibility trial. *JMIR Hum Factors.* 2025 Mar 14;12(1):e64664. doi: 10.2196/64664

15. Kilmer B, Nicosia N, Heaton P, Midgette G. Efficacy of frequent monitoring with swift, certain, and modest sanctions for violations: insights from south dakota's 24/7 sobriety project. *Am J Public Health*. 2013 Jan;103(1):e37–43. doi: 10.2105/AJPH.2012.300989
16. Kilmer B, Nicosia N, Heaton P, Midgette G. An innovative way to curb problem drinking: South Dakota's 24/7 sobriety project [internet]. RAND Corporation; 2012 [cited 2026 Apr 26]. Available from: [https://www.rand.org/pubs/research\\_briefs/RB9692.html](https://www.rand.org/pubs/research_briefs/RB9692.html). doi: 10.7249/RB9692
17. Kilmer B, Midgette G, Nicosia N. Combining frequent alcohol testing with swift-certain-fair sanctions: summary of the peer-reviewed literature on 24/7 sobriety and ideas for future research. *Fed Sentencing Report*. 2024 Apr;36(4):201–8. doi: 10.1525/fsr.2024.36.4.201
18. Midgette G. Monitoring with swift, certain, and moderate sanctions to reduce alcohol-related crime: the South Dakota 24/7 sobriety program [Internet]. RAND Corporation; 2014 [cited 2026 Apr 26]. Available from: [https://www.rand.org/pubs/rgs\\_dissertations/RGSD339.html](https://www.rand.org/pubs/rgs_dissertations/RGSD339.html). doi: 10.7249/RGSD339
19. Fell JC, Scolese J. The effectiveness of alcohol monitoring as a treatment for driving-while-intoxicated (DWI) offenders: A literature review and synthesis. *Traffic Inj Prev*. 2021;22(sup1):S1–7. doi: 10.1080/15389588.2021.1980783
20. DiMartini A, Behari J, Punzi J, Dunn M, Bataller R, Jakicic JM, et al. What hepatology clinicians and their patients with alcohol-related liver disease think of wearable alcohol biosensors to aid abstinence from alcohol: A qualitative study. *Drug Alcohol Rev*. 2025 Feb;44(2):532–54. doi: 10.1111/dar.13978
21. Yu J, Fairbairn CE, Gurrieri L, Caumiant EP. Validating transdermal alcohol biosensors: a meta-analysis of associations between blood/breath-based measures and transdermal alcohol sensor output. *Addiction*. 2022;117(11):2805–15. doi: 10.1111/add.15953
22. Fairbairn CE, Kang D. Temporal Dynamics of Transdermal Alcohol Concentration Measured via New-Generation Wrist-Worn Biosensor. *Alcohol Clin Exp Res*. 2019;43(10):2060–9. doi: 10.1111/acer.14172
23. Brobbin E, Deluca P, Hemrage S, Drummond C. Accuracy of wearable transdermal alcohol sensors: systematic review. *J Med Internet Res*. 2022 Apr 14;24(4):e35178. doi: 10.2196/35178
24. van Egmond K, Wright CJC, Livingston M, Kuntsche E. Wearable transdermal alcohol monitors: a systematic review of detection validity, and relationship between transdermal and breath alcohol concentration and influencing factors. *Alcohol Clin Exp Res*. 2020 Oct;44(10):1918–32. doi: 10.1111/acer.14432 PubMed PMID: 32767791.
25. Richards VL, Barnett NP, Cook RL, Leeman RF, Souza T, Case S, et al. Correspondence between alcohol use measured by a wrist-worn alcohol biosensor and self-report via ecological momentary assessment over a 2-week period. *Alcohol Hanover York Cty Pa*. 2023 Feb;47(2):308–18. doi: 10.1111/acer.14995
26. White B, Haczkiwicz C, Mack A, Hill-Kapturczak N, Vingren J, Blumenthal H, et al. B – 120 Detection performance of objective alcohol use measures relative to retrospective self-report. *Arch Clin Neuropsychol*. 2025 Nov 1;40(Supplement\_2):ii279. doi: 10.1093/arclin/acaf084.270
27. Fairbairn CE, Han J, Caumiant EP, Benjamin AS, Bosch N. A wearable alcohol biosensor: Exploring the accuracy of transdermal drinking detection. *Drug Alcohol Depend*. 2025 Jan 1;266:112519. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2024.112519
28. Ariss T, Fairbairn CE, Bosch N. Examining new-generation transdermal alcohol biosensor performance across laboratory and field contexts. *Alcohol Hanover York Cty Pa*. 2023 Jan;47(1):50–9. doi: 10.1111/acer.14977
29. Didier NA, King AC, Polley EC, Fridberg DJ. Signal processing and machine learning with transdermal alcohol concentration to predict natural environment alcohol consumption. *Exp Clin Psychopharmacol*. 2024 Apr;32(2):245–54. doi: 10.1037/pha0000683

30. Kianersi S, Ludema C, Agle J, Ahn YY, Parker M, Ideker S, et al. Development and validation of a model for measuring alcohol consumption from transdermal alcohol content data among college students. *Addict Abingdon Engl.* 2023 Oct;118(10):2014–25. doi: 10.1111/add.16228
31. Russell MA, Turrisi RJ, Smyth JM. Transdermal sensor features correlate with ecological momentary assessment drinking reports and predict alcohol-related consequences in young adults' natural settings. *Alcohol Clin Exp Res.* 2022 Jan;46(1):100–13. doi: 10.1111/acer.14739
32. Russell MA, Richards VL, Turrisi RJ, Li Y, Mallett KA. Alcohol consumption dynamics and day-to-day experiences of alcohol-related problems: Combining transdermal alcohol concentration sensors and daily self-reports in young adults' natural settings. *Exp Clin Psychopharmacol.* 2025 Dec 18;10.1037/pha0000819. doi: 10.1037/pha0000819
33. Gunn RL, Steingrimsson JA, Merrill JE, Souza T, Barnett N. Characterising patterns of alcohol use among heavy drinkers: A cluster analysis utilising alcohol biosensor data. *Drug Alcohol Rev.* 2021 Nov;40(7):1155–64. doi: 10.1111/dar.13306
34. Dougherty DM, Hill-Kapturczak N, Liang Y, Karns TE, Lake SL, Cates SE, et al. The potential clinical utility of transdermal alcohol monitoring data to estimate the number of alcoholic drinks consumed. *Addict Disord Their Treat.* 2015 Sep;14(3):124–30. doi: 10.1097/ADT.000000000000060
35. Simons JS, Wills TA, Emery NN, Marks RM. Quantifying alcohol consumption: Self-report, transdermal assessment, and prediction of dependence symptoms. *Addict Behav.* 2015 Nov;50:205–12. doi: 10.1016/j.addbeh.2015.06.042
36. Brobbin E, Deluca P, Hemrage S, Drummond C. Acceptability and feasibility of wearable transdermal alcohol sensors: systematic review. *JMIR Hum Factors.* 2022 Dec 23;9(4):e40210. doi: 10.2196/40210
37. Alessi SM, Barnett NP, Petry NM. Experiences with SCRAMx alcohol monitoring technology in 100 alcohol treatment outpatients. *Drug Alcohol Depend.* 2017 Sep 1;178:417–24. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2017.05.031
38. Merrill J, Gunn R, Neary A, Souza T, Barnett N. Feasibility and acceptability of a wrist-worn transdermal alcohol biosensor to collect data in the field [Internet]. 2022 [cited 2026 May 3]. Available from: <http://hdl.handle.net/10125/79824>. doi: 10.24251/HICSS.2022.488
39. Rosenberg M, Kianersi S, Luetke M, Jozkowski K, Guerra-Reyes L, Shih PC, et al. Wearable alcohol monitors for alcohol use data collection among college students: feasibility and acceptability. *Alcohol Fayettev N.* 2023 Sep;111:75–83. doi: 10.1016/j.alcohol.2023.05.007
40. Courtney JB, Russell MA, Conroy DE. Acceptability and validity of using the BACtrack skyn wrist-worn transdermal alcohol concentration sensor to capture alcohol use across 28 days under naturalistic conditions – A pilot study. *Alcohol Fayettev N.* 2023 May;108:30–43. doi: 10.1016/j.alcohol.2022.11.004
41. Brobbin E, Deluca P, Coulton S, Parkin S, Drummond C. Comparison of transdermal alcohol concentration and self-reported alcohol consumption in people with alcohol dependence attending community alcohol treatment services. *Drug Alcohol Depend.* 2024 Mar 1;256:111122. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2024.111122
42. Brobbin E, Parkin S, Deluca P, Drummond C. A qualitative exploration of the experiences of transdermal alcohol sensor devices amongst alcohol service practitioners (South London, UK). *Addict Res Theory.* 2025 Jan 2;33(1):36–47. doi: 10.1080/16066359.2024.2309869
43. Barrio P, Teixidor L, Andreu M, Gual A. What do real alcohol outpatients expect about alcohol transdermal sensors? *J Clin Med.* 2019 Jun 5;8(6):795. Located at: Crossref. doi: 10.3390/jcm8060795
44. Rodríguez GC, Russell MA. acceptability and anklet user experience with the SCRAM-CAM transdermal alcohol concentration sensor in regularly drinking young adults' natural environments. *Alcohol Fayettev N.* 2023 Sep;111:51–8. doi: 10.1016/j.alcohol.2023.04.005

45. Averill F, Brown TG, Robertson RD, Tchomgang A, Berbiche D, Nadeau L, et al. Transdermal alcohol monitoring combined with contingency management for driving while impaired offenders: A pilot randomized controlled study. *Traffic Inj Prev.* 2018 Jul 4;19(5):455–61. doi: 10.1080/15389588.2018.1448079
46. Liu J, Man K. Biomarkers for monitoring alcohol sobriety after liver transplantation for alcoholic liver disease. *J Gastroenterol Hepatol.* 2023 Aug;38(8):1227–32. doi: 10.1111/jgh.16269
47. Rash CJ, Petry NM, Alessi SM, Barnett NP. Monitoring alcohol use in heavy drinking soup kitchen attendees. *Alcohol Fayettev N.* 2019 Dec;81:139–47. doi: 10.1016/j.alcohol.2018.10.001
48. Zetterström A, Hämäläinen MD, Winkvist M, Söderquist M, Öhagen P, Andersson K, et al. The clinical course of alcohol use disorder depicted by digital biomarkers. *Front Digit Health.* 2021 Dec 7;3:732049. doi: 10.3389/fdgth.2021.732049
49. Wallden M, Dahlberg G, Månflod J, Knez R, Winkvist M, Zetterström A, et al. Evaluation of 6 years of ehealth data in the alcohol use disorder field indicates improved efficacy of care. *Front Digit Health.* 2024 Jan 5;5. Located at: Crossref. doi: 10.3389/fdgth.2023.1282022
50. Zuboff S. *The age of surveillance capitalism: the fight for a human future at the new frontier of power.* First edition. New York: PublicAffairs; 2019. 691 p.
51. Baruhakēs G. *Technofeudalism: what killed capitalism.* London: The Bodley Head; 2023. 281 p.