

УДК 658.5:543

**ДОРКАЕВА М.В., инженер-химик,
ООО «Научно-производственное объединение «АЛЗАМИР»,
г. Кемерово**

ПРИМЕНЕНИЕ LEAN-ПОДХОДА В АНАЛИТИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРИЯХ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ

1. Введение

Бережливое производство (Lean) – концепция управления, нацеленная на устранение всех видов потерь (муда) и повышение эффективности процессов [1]. Изначально разработанная для промышленности, она в последние десятилетия активно внедряется в другие сферы деятельности, в частности, в здравоохранение и лабораторную практику [5]. Однако, как отмечают исследователи, описания применения Lean-инструментов в химических и аналитических лабораториях в отечественной литературе практически отсутствуют [2].

Вместе с тем повышение производительности, сокращение времени выполнения анализов и оптимизация ресурсов в лабораториях не менее актуальны, чем в производственных цехах [7]. Цель данной работы – систематизировать имеющиеся в отечественной литературе данные о применении Lean-подхода в лабораториях и представить собственный практический опыт автора в трёх аналитических лабораториях.

2. Литературный обзор: Lean-инструменты в лабораторной практике

2.1. Методологическая основа: принципы Lean и их адаптация для лабораторий

Концепция бережливого производства базируется на пяти принципах: определение ценности, картирование потока создания ценности, организация непрерывного потока, вытягивание и постоянное совершенствование [1]. Для лабораторной практики ключевыми становятся минимизация потерь, стандартизация, визуальное управление и вовлечение персонала [4, 6].

В методическом руководстве Mettler Toledo «Бережливая лаборатория» [9] выделяются девять шагов к созданию бережливой лаборатории: организация рабочих мест, описание потока создания ценности, анализ рабочей нагрузки, распределение процессов, оптимизация оборудования, квалификация персонала, управление реактивами и материалами, непрерывное совершенствование. Также приводятся 8 типичных видов потерь в лаборатории (дефекты, перепроизводство, ожидание, неиспользованный потенциал сотрудников, лишняя транспортировка, излишние запасы, лишние перемещения, избыточная обработка) и чек-листы для самооценки по системе 5S [9].

2.2. Анализ проблем в отделах контроля качества

В работе Е.Г. Филипенко [7] проведён анализ типичных проблем в испытательных лабораториях. К основным потерям отнесены: неэффективные маршруты и процессы (потери времени), ошибки в управлении данными (неточные или неполные данные), перегруженность рабочих мест из-за плохой организации пространства, высокая степень повторных работ вследствие недостаточной стандартизации, низкая вовлечённость сотрудников из-за отсутствия культуры непрерывных улучшений, а также сложности с соблюдением стандартов (например, ISO 17025) при недостаточном обучении [7]. Автор подчёркивает, что признание этих проблем – первый шаг к их устранению. Общие проблемы внедрения Lean в России (отсутствие понимания философии, использование инструментов без системного подхода, отстранённость рядовых сотрудников, устаревшее оборудование) рассматриваются в работе Ковалевой и Радченко [6].

2.3. Применение системы 5S и визуального управления

Наиболее распространённым Lean-инструментом в лабораториях является система 5S. А.В. Наумова [8] описывает внедрение 5S в лаборатории метрологии и стандартизации АО «Кузнецкие ферросплавы». Основные шаги включали: сортировку документации (утилизация ненужной, размещение нужной в легкодоступных местах), соблюдение порядка (маркировка шкафов и папок, структурирование электронных документов), стандартизацию и визуализацию. Результатом стало сокращение времени поиска документов, исключение простоев и повышение своевременности предоставления информации [8].

Опыт внедрения 5S в производственной лаборатории компании ХОМА представлен в работе Пашкова и соавт. [2]. Хронометраж показал, что свыше 60% рабочего времени лаборантов приходилось на непроизводительные действия. После сортировки, рационального расположения предметов и стандартизации время полезных операций увеличилось на 43%, а вынужденные операции сократились на 40% [2].

Федорович и соавт. [3] на примере испытательных лабораторий пищевых предприятий предложили использовать 5S, TPM (Total Productive Maintenance) и визуализацию для устранения типичных потерь (избыточные запасы реактивов, лишние перемещения, дефекты). Разработан проект методической инструкции «Управление рабочим пространством в производственной испытательной лаборатории» [3].

Хмель и Гольдерова [4] применили чек-листы Mettler Toledo для аудита клинико-диагностической лаборатории и выявили, что уровень знаний Lean ниже у младшего персонала и молодых специалистов. Они сделали вывод, что оптимизация рабочего места на основе чек-листов – перспективный подход к повышению эффективности [4].

2.4. Комплексное применение Lean и теория ограничений

Обзор практик применения бережливого производства в клинических лабораториях, выполненный Павловой и соавт. [5], обобщает международный опыт. Основные эффекты: сокращение времени выполнения анализов на 30–50%, снижение затрат на расходные материалы, уменьшение количества ошибок и повы-

шение удовлетворённости пациентов. Ключевые инструменты – 5S, картирование потока создания ценности (VSM), стандартизация, визуальное управление и методология «шесть сигм» [5].

Для работы с узкими местами в лабораторных процессах применима теория ограничений Э. Голдратта [10], которая предлагает идентифицировать ограниченные системы (констрейнт), максимально его использовать и подчинить ему все остальные операции. Этот подход особенно актуален для лабораторий, где имеется дорогостоящее или медленное оборудование (например, хроматографы), лимитирующее общую производительность.

Филипенко [7] рекомендует начинать внедрение Lean с пилотных проектов (например, зона хранения образцов или подготовка проб) с использованием простых инструментов – 5S, визуального контроля, кайдзен-сессий. Важными условиями успеха названы: обучение персонала основам Lean, создание группы лидеров изменений, регулярный мониторинг ключевых показателей (точность, время выполнения, снижение ошибок) и адаптация методов под специфику конкретной лаборатории [7].

2.5. Выводы из литературного обзора

Таким образом, отечественная литература и методические материалы подтверждают эффективность Lean-инструментов для лабораторной практики. Наиболее проработанными являются методы 5S и визуального управления, а также подходы к выявлению типичных потерь [2–4, 7–9]. Однако большинство публикаций касается либо клинических, либо учебных лабораторий, либо ограничивается описанием одного-двух инструментов. Систематизированных работ по применению Lean в аналитических (химических) лабораториях промышленных предприятий в отечественной литературе практически нет, что определяет научную новизну настоящего исследования.

3. Практический опыт автора

Автор настоящей работы, инженер-химик, имеет опыт работы в трёх аналитических лабораториях в периоды 2006, 2018-2019 и 2024–2025 гг. Ниже представлено описание применённых улучшений в хронологическом порядке с указанием Lean-инструментов и достигнутых эффектов.

3.1. Лаборатория 1 (2006 г.): эргономика и зонирование как элементы 5S

В первой лаборатории выполнялись анализы различными методами: титриметрия, фотоколориметрия, отгонка и т.д. Рабочие места были специализированы, что исключало лишние перемещения и потери времени.

С позиции Lean эти решения соответствуют этапам 5S (сортировка, соблюдение порядка, стандартизация) и эргономике.

Что можно было улучшить: ввести цветографическое обозначение зон для анализов и пометить реактивы, хранящиеся отдельно (не в зоне анализа) этими цветами, а также зону временного хранения проб. Например: серная кислота нужна для трех разных анализов, она хранится под вытяжным шкафом, в зоне одного из анализов. Можно маркировать место её хранения тремя цветами, соответствующими зонам этих анализов. Также обязательно маркировать едкие, агрессивные реактивы ярким сигнальным цветом (красным, оранжевым). Так,

колбы от устойчивых загрязнений промывались мощным окислителем – раствором бихромата калия в концентрированной серной кислоте, однако из-за того, что он хранился в обычной ёмкости возле мойки, он зачастую воспринимался лаборантами как моющее средство, а не опасный реактив, что приводило к нарушениям техники безопасности и травмам.

3.2. Лаборатория 2 (2018-2019 г.): стандартизация хранения и эргономика

Лаборатория работала с большим количеством проб почвы (до 100 единиц в день). Пробы хранились навалом в одной коробке; пять лаборантов ежедневно тратили до 30 минут на поиск нужного образца. При титровании большого объёма жидкости (>250 мл) ручное перемешивание вызывало быстрое утомление.

Что было сделано:

- Был заказан стеллаж с выдвижными ящиками для удобной сортировки проб. В процессе ожидания стеллажа было применено временное решение: пробы разложили по 10 штук в большие пакеты. Затраты на сортировку составили 15-20 минут раз в неделю вместо ежедневных 30 минут поиска.

- Установка магнитной мешалки снизила усталость и позволила проводить дополнительно один анализ в день (критическим ограничением служил фактор сложности и долговременности самого анализа). Идеальным решением было бы использование автотитратора, позволявшее разгрузить двоих лаборантов на 70-80% рабочего времени и увеличить количество производимых анализов в целом.

С позиции Lean это примеры стандартизации хранения и эргономики, устраняющие потери (муда) на поиск, ожидание и переутомление. Следует отметить, что внедрение изменений сопровождалось сопротивлением персонала.

Что можно было улучшить: очень важным шагом было бы введение визуального управления при помощи расчетных таблиц: лаборанты вносят результаты анализов в расчётную таблицу, которая сразу пересчитывает данные в требуемые величины и автоматически маркирует результаты, выходящие за пределы референсных значений. Такой подход позволяет снизить количество ошибок.

Также через расчетную таблицу можно производить списание реактивов, получая автоматическое отслеживание и маркировку цветом тех из них, срок годности которых близок к истечению или которые скоро закончатся.

Ещё одним инструментом визуального управления служит канбан-доска с распределением загрузки оборудования: данный подход позволяет быстрее и качественнее распределить лаборантов на оборудование, исключая простои и лишнее ожидание.

3.3. Лаборатория 3 (2024–2025 гг.): осознанное применение Lean-инструментов

К моменту работы в третьей лаборатории автором был получен сертификат по бережливому производству, и формирование лаборатории с учетом Lean-инструментов проводилось целенаправленно. Так, например, при формировании списка оборудования (лаборатория создавалась «с нуля») для уменьшения времени на пробоподготовку были приобретены дробилка угля и вибросито, что позволяло проводить эти операции практически параллельно и гораздо быстрее, чем ручным методом.

При выходе на рабочий режим лаборатории были выявлены определённые недостатки, которые устранялись уже по факту выявления.

Применённые Lean-инструменты и результаты:

- Для выявления и оцифровки потерь проведено картирование потока создания ценности, что позволило наглядно показать соотношение времени создания ценности и общих потерь, выявить этапы с наибольшими задержками (транспортировка, ожидание хроматографа, ручная герметизация сосудов) и подтвердить, что хроматограф является узким местом всей технологической цепочки.

Результат: выявлены основные потери, снижено сопротивление изменениям.

- Устранение потерь при транспортировке (муда перемещений): внедрена единообразная ёмкость для проб, что исключало поступление слишком больших масс угля (до 10 кг), а также тележка для перемещения ёмкостей с пробами.

Результат: исключён тяжёлый физический труд, сокращено время приёмы в 3-4 раза.

- Совмещение операций (дробилка+вибросито): пока одна проба рассеивается на вибросите, лаборант подготавливает и измельчает в дробилке следующую пробу.

Результат: сокращение общего времени обработки партии в 3-5 раз.

- Стандартизация и визуальное управление (Excel): разработана таблица Excel с автоматическим пересчётом результатов в требуемые единицы.

Результат: исключены ошибки ручного пересчёта, ускорена выдача результатов в 8 раз.

- Организация работы с хроматографом как с ограничением системы на основе теории ограничений:

В соответствии с теорией ограничений [10], хроматограф идентифицирован как системный констрейнт, поскольку его пропускная способность (30 мин на анализ одной пробы плюс время прогрева) лимитирует максимальное количество проб в день (до 14). Для обеспечения непрерывной загрузки оборудования перед ним формируется страховой буфер в виде очереди проб, находящихся в термостате. В течение 30-минутного цикла анализа лаборант выполняет другие рабочие операции: проверку герметичности сосудов следующей партии, заполнение журналов, расчёты по результатам, оформление протоколов исследований. Подготовка следующей пробы (извлечение сосуда из термостата, отбор пробы шприцем, ввод) и продувка предыдущей занимают в сумме не более 3–5 минут и синхронизированы с циклом анализа.

Результат: процесс подчинён ритму работы ограничения, а буфер проб перед ним поддерживается на уровне, достаточном для покрытия вариативности подготовительных операций, без превышения физической пропускной способности оборудования.

- Перспективное улучшение (герметизация сорбционных сосудов): Пластиковые емкости, используемые в качестве сорбционных сосудов, требуют проверки на герметичность перед каждым циклом сорбции, и дополнительной герметизации в 30-50% случаев. Во временном эквиваленте это полтора-два часа

перед каждой загрузкой проб. Изучается переход на гибкие газосборные мешки с силиконовой мембраной (септой), позволяющей осуществлять многократный отбор пробы шприцем без потери герметичности.

- *Инструмент*: стандартизация оснастки.

4. Выводы

1. Обзор литературы показывает, что наиболее распространёнными Lean-инструментами в лабораторной практике являются 5S, визуальное управление, стандартизация, картирование потока создания ценности (VSM) и работа с ограничениями системы [2–5]. Однако системные исследования применительно к аналитическим (химическим) лабораториям в отечественной литературе отсутствуют.
2. Практический опыт автора в трёх лабораториях демонстрирует эволюцию от интуитивных улучшений (эргономика, зонирование) к осознанному применению Lean-инструментов (5S, стандартизация, визуальное управление, совмещение операций, работа с узким местом). Полученные результаты согласуются с данными, приведёнными в литературе: сокращение времени на поиск и перемещение, снижение утомляемости, повышение производительности [2–5].
3. Картирование потока создания ценности может быть инструментом, снижающим сопротивление изменениям, поскольку делает потери наглядными и измеримыми для всех участников процесса, формируя общее понимание необходимости улучшений.
4. Научная новизна работы заключается в систематизации практического опыта применения Lean-подхода в трёх аналитических лабораториях различного профиля (2006–2025 гг.) и его сопоставлении с литературными данными. Это позволяет восполнить пробел в отечественной научной литературе, где слабо представлены публикации по внедрению Lean в аналитические (химические) лаборатории.
5. Одним из перспективных направлений развития является визуальное управление – внедрение расчётных таблиц, позволяющих быстро отслеживать выходящие за пределы референсных значений показатели для снижения ошибок и ускорения выдачи результатов, а также канбан-доски с визуализацией загрузки оборудования для равномерного распределения операторов (лаборантов).

Список литературы:

1. Вумек Дж. П., Джонс Д. Т. Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2021. – 472 с.
2. Пашков П.И., Шурыгина Ю.Н., Гуменникова Е.А. Применение системы 5S в производственной лаборатории // Методы менеджмента качества. – 2019. – № 12. – С. 40–45.
3. Федорович Н.Н., Федорович А.Н., Насырова М.А. Оценка возможности применения инструментов бережливого производства в испытательных лабораториях // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 3. – С. 171–175.
4. Хмель Ю.С., Гольдерова А.С. Оценка внедрения принципов lean-технологий в деятельность клинико-диагностической лаборатории // Вестник Северо-

Восточного федерального университета. Серия «Медицинские науки». – 2021. – № 2 (23). – С. 68–75.

5. Павлова К.А., Кобякова О.С., Деев И.А., Бойков В.А., Барановская С.В., Шибалков И.П., Перфильева Д.Ю., Бабешина М.А. Обзор практик применения бережливого производства в клинических лабораториях // Менеджер здравоохранения. – 2022. – № 5. – С. 4–12.

6. Ковалева Н.И., Радченко М.Н. Основные проблемы внедрения бережливого производства в России // Ориентированные фундаментальные и прикладные исследования - основа модернизации и инновационного развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплексов России. Материалы конференции Всероссийской 65-й научно-технической конференции: в 3-х книгах. Том. Книга 3. 2011 С. 259–262.

7. Филипенко Е.Г. Анализ проблем и потенциальных возможностей применения концепции бережливого производства в отделах контроля качества испытательных лабораторий // Ресурсосберегающие технологии в контроле, управлении качеством и безопасности: сборник научных трудов XIII Международной конференции студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее» / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2024. – С. 261–265.

8. Наумова А.В. Опыт внедрения концепции бережливого производства в лаборатории метрологии и стандартизации // Актуальные проблемы транспорта в XXI веке: труды I Международной научно-практической конференции / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под ред. О.В. Князькиной. –Новокузнецк: Издательский центр СибГИУ, 2022. –259с. : ил. С. 107-110.

9. Бережливая лаборатория: повышение эффективности и упрощение процессов. – Mettler Toledo, методическое руководство. – URL: https://www.mt.com/kz/ru/home/library/collections/laboratory-division/lean_lab.html (дата обращения: 20.03.2026).

10. Голдратт Э.М. Цель: Процесс непрерывного совершенствования. – М.: Попурри, 2019. – 496 с.

Аннотация. В статье представлен обзор российских публикаций, посвящённых применению инструментов бережливого производства (Lean) в лабораторной практике. Рассмотрены работы по внедрению системы 5S, визуального управления, стандартизации, а также методам выявления потерь. На основе анализа литературных данных и собственного опыта работы в трёх аналитических лабораториях (2006, 2018-2019, 2024–2025 гг.) показана эволюция подходов от интуитивных улучшений к осознанному использованию Lean-инструментов. Описаны конкретные примеры: эргономичная организация рабочих мест, стандартизация хранения проб, применение магнитных мешалок, внедрение тележек для транспортировки, совмещение операций, визуальное управление в Excel, работа с ограничением системы. Сформулированы наиболее эффективные Lean-

инструменты для аналитических лабораторий и обоснована научная новизна работы.

Ключевые слова: бережливое производство, Lean, аналитическая лаборатория, 5S, визуальное управление, стандартизация, муда, теория ограничений.