

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Дьомін Ростислав Юрійович – кандидат технічних наук, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, докторант кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин; проспект Центральний, 59-а, м. Северодонецьк, Україна, 93400; e-mail: r.domin@1520mm.com

Дёмин Ростислав Юрьевич – кандидат технических наук, Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, докторант кафедры железнодорожного, автомобильного транспорта и подъёмно-транспортных машин; проспект Центральная, 59-а, г. Северодонецк, Украина, 93400;

Domin Rostyslav – PhD, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Doctoral student of the Department of Railway, Road Transport and Hoisting-and-Transport Machines; Central ave. 59a, Sewerodonetsk, Ukraine, 93400; e-mail: r.domin@1520mm.com

УДК 634.8:663.21-021.4

Э. Ж. ИУКУРИДЗЕ, О. Б. ТКАЧЕНКО, С. В. КИСЕЛЁВ**ЛАБОРАТОРИЯ СЕНСОРНОГО АНАЛИЗА КАК СОВРЕМЕННЫЙ ИНСТРУМЕНТ В ТЕХНОЛОГИИ ВИНА**

Методы сенсорного анализа в винодельческой отрасли – эффективные инструменты, позволяющие определять органолептические показатели продукции, оценивать их значимость и прогнозировать реакцию потребителей, а также выявлять характерные особенности вин из категории наименований, контролируемых по происхождению. Для обеспечения проведения исследований методами сенсорного анализа на современном уровне целесообразна концентрация исследовательских методик и технологий анализа данных в отраслевой лаборатории сенсорного анализа, ориентированной на определение сенсорных характеристик продукта, технологический и маркетинговый консалтинг.

Ключевые слова: сенсорный анализ, виноделие, вино, виноград, органолептические характеристики, сенсорный профиль, экспертная панель

Методи сенсорного аналізу в виноробній галузі є ефективними інструментами, які дозволяють визначати органолептичні показники продукції, оцінювати їхню значимість та прогнозувати реакцію споживачів, а також визначати характерні особливості вин з категорії найменувань, контрольованих за походженням. Для забезпечення проведення дослідження методами сенсорного аналізу на сучасному рівні доцільна концентрація дослідницьких методик і технологій аналізу даних у галузевій лабораторії сенсорного аналізу, яка орієнтована на визначення сенсорних характеристик продукції, технологічний та маркетинговий консалтинг.

Ключові слова: сенсорний аналіз, виноробство, вино, виноград, органолептичні характеристики, сенсорний профіль, експертна панель

Methods of sensory analysis in winemaking can be used as effective instruments of sensory characteristics' determination, evaluation of their significance and prediction of consumers' response. Sensory analysis of grape berries allows predicting the sensory profile of wine and eliminating the risk of processing of grape with defects. Fermentation with yeast strains able to produce specific flavor components in combination with studies of wine sensory profile allows creation of products with improved consumer attractiveness. Sensory analysis is useful for determination of distinctive features of wines with protected designation of origin. Modern approach to studies of wines and related products requires the laboratory of sensory analysis with specialization in wine-making. This laboratory can offer the determination of sensory characteristics with discriminative and descriptive methods as well as technological and marketing consulting. Sensory analysis enables wine producers to create wines with distinguished characteristics, understand consumer preferences, improve the control of technology processes and predict the changes of sensory profile during wine shelf-life.

Keywords: sensory analysis, wine-making, wine, grape, sensory characteristics, sensory profile, expert panel

Введение. Человек воспринимает мир с помощью органов чувств. Еще до истоков цивилизации он пользовался ими для сбора информации о пище, воде, среде обитания и принимал жизненно важные решения на основании сенсорных впечатлений. По мере развития цивилизации область применения ощущений для взаимодействия с окружающей средой расширялась, а способ описания сенсорных впечатлений усложнялся вместе с развитием речи и письменности. Органы чувств человека стали незаменимым инструментом практически во всех сферах его материальной деятельности, помогая создавать изделия ремесел, архитектурные творения, произведения искусства, и, конечно же, пищевые продукты. Творческий поиск человека привел его к созданию разнообразных кулинарных шедевров из доступных даров природы и продуктов сельского хозяйства, а расширение границ цивилизации создало условия для интенсивной торговли между регионами с существенными различиями в

культуре производства и потребления продуктов питания и напитков. Ценность таких продуктов стала определяться не только их питательной ценностью и качеством, но и привлекательностью в глазах потребителей, готовых платить за добавленную стоимость в виде особо приятных впечатлений при потреблении продукта. Необходимость оценки приемлемости качества продуктов при их обмене в ходе торговых операций, а также предсказания их ценности в глазах потенциальных потребителей привела к возникновению профессии дегустатора – специалиста по оценке пищевых продуктов и напитков с помощью органов чувств, способного трансформировать сенсорные впечатления в описание свойств продукта и принять решения относительно его приемлемости, качества, особенностей потребления, технологической или кулинарной обработки. Вполне естественно, что первые упоминания о дегустаторах связаны с виноделием – одной из уникальных сфер пищевого производства,

© Э. Ж. Иукурдзе, О. Б. Ткаченко, С. В. Киселёв. 2017

где сенсорные впечатления от продукта имеют решающее значения при его выборе, превосходя по значимости физико-химические показатели. Уже в 4 веке до н.э. древнегреческие источники упоминают о oinoguestike – человеку, владеющем искусством дегустации вина. Египетские папирусы 3 в. н.э. содержат сведения не только о дегустаторах, но и о принимаемых ими решениях о приемлемости или неприемлемости вин к закупке и потреблению. А древний византийский автор Флоренций (Florentinus) уже в начале 3 века н.э. создает руководство по дегустации вин с рекомендациями по технике дегустации и сочетанию вин и еды [1]. В дальнейшем оценка органолептических впечатлений от продукта, которую принято называть дегустацией, стала основным методом оценки качества и потребительской стоимости пищевых продуктов и напитков. Были выработаны разнообразные схемы оценки органолептических показателей вина, сыра, мяса, рыбы, кофе и других товаров, ставшие своеобразными «ритуалами». При этом наиболее сложные схемы оценки, оперирующие разнообразными приемами и богатой терминологией сложились именно в виноградарстве и виноделии, для чего были объективные причины.

Сенсорный анализ в винодельческой отрасли.

Генетическое разнообразие винограда культурного *Vitis vinifera* в сочетании с агротехническими приемами, учитывающими особенности почвенно-климатических условий или терруара породило многочисленные вариации физико-химических показателей и органолептических характеристик ягод различных сортов, их форм и клонов [2]. Технологическая обработка такого сырья с использованием разнообразных технологических приемов позволяет получить готовый продукт с уникальным разнообразием органолептических характеристик при относительно узком диапазоне изменений физико-химических характеристик. Это многообразие связано с богатством химического состава вина, в котором присутствуют многочисленные представители классов соединений, обладающих выраженным специфическим ароматом (альдегиды, ацетали, высшие спирты, высшие жирные кислоты, сложные эфиры и др.) и вкусом (танины, многоатомные спирты, терпены, органические кислоты). Значительный вклад в состав химических компонентов вина вносит процесс брожения, в котором могут использоваться весьма разнообразные вариации дрожжей *Saccharomyces vini* и *S. cerevisiae*, отличающиеся особенностями механизма спиртового брожения и побочных реакций, приводящих к образованию соединений со специфическим ароматом и вкусом. Очевидно, что исследование химического состава вина с целью идентификации его сортовых особенностей, типичности и ее связи с происхождением является чрезвычайно сложной, а зачастую – и невыполнимой задачей, требующей применения дорогостоящих методов инструментального анализа (газожидкостная хроматография с хромато-масс-спектрометрическим детектором (GCMS), высокоэффективная жидкостная хроматография, капиллярный электрофорез и др.). С другой стороны, описание органолептических показателей вина с помощью мето-

дов сенсорного анализа, основанных на чувствительности и специфичности органов чувств человека, не только не уступает, а зачастую и превосходит химические методы по возможностям обнаружения определенных компонентов. При этом по итогам анализа может быть сделан обоснованный вывод о его привлекательности для потребителей, чего не позволяют химические и инструментальные методы [3].

Возможности сенсорного анализа по оценке качестве винодельческой продукции привели к повсеместному распространению и развитию методов ее дегустации. Исторически ее осуществляли специалисты-дегустаторы, подготовленные к определению органолептических характеристик вина. Со временем их стали называть «экспертами», подчёркивая высокий уровень профессионализма, достигнутого после многолетней практики. Оценка вин такими экспертами позволяла выявить и описать незначительные нюансы в аромате и вкусы, что дало возможность виноделам говорить об отличиях одних вин от других и позиционировать это как рыночное преимущество. В практике каждое производство располагает собственными или привлеченными экспертами, число которых, как правило, невелико. Применение достаточно простой методики балльной оценки отдельных органолептических характеристик, дополненной вербальной оценкой особенностей аромата и вкуса, описанной специфическими терминами долгое время была достаточной для решения задач производства и маркетинга вин. Однако по мере развития отрасли и усиления конкуренции проявились и проблемы «экспертного подхода». В первую очередь они связаны с высокими рисками производственных и маркетинговых решений, основанных на мнении отдельных специалистов или их узкой группы. Эти мнения могут не отражать истинных характеристик вина и быть далёкими от впечатлений массового потребителя. Существенное влияние на результаты экспертной дегустации оказывают внешние факторы, такие, как условия проведения исследования и физическое состояние экспертов. Проявляющиеся ограничения методики экспертной дегустации сделали очевидной необходимость поиска инструментов сенсорного анализа, отвечающих современным потребностям винодельческой отрасли, функционирующей в условиях повышенных запросов потребителей и усиления конкуренции. Необходимость объективного определения специфических особенностей вина, связанных с его происхождением и оценка рыночных перспектив продукции в зависимости от ее органолептических характеристик стали главными из этих потребностей. Для ее решения необходимо применение системного подхода с использованием различных инструментов сенсорного анализа, интегрированных в систему управления бизнесом от разработки продуктовой стратегии до менеджмента жизненного цикла отдельных продуктовых позиций. Сенсорный анализ становится неотъемлемой частью управления разработкой новых продуктов, их запуска в производство и коммерциализации, а также обеспечивает принятие адекватных управленческих решений на всех стадиях производства от сбора винограда до оценки стабильности продукции при

хранении. Обеспечение достоверности результатов на этом уровне требует применения актуальных методов статистической обработки данных и анализа результатов [4].

Современная система управления пищевым производством основана на управлении жизненным циклом отдельных продуктов или продуктовых линейек, рассматриваемых в качестве составляющих единой продуктовой стратегии. Разработка продуктовой стратегии включает этапы, приведенные в табл. 1 [5].

Таблица 1 – Стадии разработки продуктовой стратегии

Выявление возможностей
Потребительский анализ возможностей
Определение предмета рассмотрения
Определение сегментов потребителей
<i>Идеи продуктов и целевые потребители</i>
Изучение потребителей
Поведение
Восприятие
Предпочтение
Выбор продуктов
<i>Предварительный отбор идей новых продуктов</i>
Оценка идей новых продуктов
Создание описаний продуктов
Выбор сегментов потребителей
Выявление потребительских потребностей, желаний, выгод, рисков
Требования потребителя/оптовика
Отношение цена/качество
Рыночный потенциал
<i>Дальнейший отбор идей новых продуктов</i>
Разработка концепций продуктовых идей
Факторы признания продуктов
Предпочтения
Выявление свойств продуктов, преимуществ, рисков
<i>Оценка продуктовых концепций</i>
Разработка окончательной концепции продукта
Сегменты целевого рынка
Свойства продуктов
Преимущества продукта
Риски продукта
Свойства упаковки
Преимущества упаковки
Краткое описание дизайна продукта
<i>Окончательная оценка концепции продукта</i>
Техническое задание на разработку
Количественные показатели продукта
Количественные показатели упаковки
Технология производства
Сырье
Себестоимость/цена
Прогноз продаж
Доля рынка
Оценка вероятности признания и успешности продукта
<i>Окончательное принятие продукта в разработку</i>

В производстве вин эти этапы имеют не меньшее значение, чем в любой другой пищевой отрасли. Спе-

цифика виноделия проявляется в подходах к описанию продукта и к ограниченности инструментария, обеспечивающего изменение характеристик готовой продукции. Тем не менее, точное описание органолептических характеристик вин в терминах сенсорного профиля позволяет оценить предпочтения потребителей и поставить задачу разработки конечного продукта, удовлетворяющего их критериям выбора в данном сегменте рынка. Оценка продуктовой концепции невозможна без проверки ключевых гипотез методами сенсорного анализа с привлечением потребительской аудиторией.

Техническое задание на разработку должно включать заданные органолептические характеристики продукта, которые будут оценены в ходе опытного производства и коммерческого производства с помощью тех же методов, что и при разработке концепции. Разработка нового вина проводится по алгоритму, который не отличается от алгоритма разработки любых других пищевых продуктов [6].

Специфика применения данного алгоритма в виноделии обусловлена ограниченностью инструментов, доступных технологу с целью влияния на органолептические характеристики. При этом результаты применения этих приемов проявляются спустя длительное время после воздействия и не всегда могут быть однозначно связаны с действиями технолога, повлекшими их. Особенностью виноделия по сравнению с другими пищевыми отраслями является его сезонность, выражающаяся в существенных различиях сенсорного профиля вин с идентичным происхождением и технологией производства, произведенных из винограда разных лет урожая (винтажа). Эта особенность требует повторения одного и того же цикла исследований органолептических характеристик из года в год с целью получения объективной информации о сенсорном профиле вина. В этой связи особое значение приобретает системный подход к управлению информацией, предполагающий документирование всех воздействий на вино с проведением регулярных контрольных исследований методом сенсорного анализа и обработкой данных с использованием современных математических методов.

В числе инструментов, доступных виноделу для управления сенсорным профилем продукции, следует выделить сенсорный анализ винограда и применение штаммов дрожжей, формирующих необходимый сенсорный профиль вина. Сенсорный анализ винограда (Berry sensory analysis, BSA) был разработан более 10 лет назад [7] и в последние годы стал широко применяться по всему миру. Этот метод основан на анализе составных частей виноградной ягоды (кожицы, мякоти и косточек) с помощью визуального наблюдения, оценки аромата, текстуры и вкуса. Данный метод дополняет традиционные методы химического анализа показателей зрелости и является объективным только в условиях системного подхода к отбору проб и оценке результатов, требующей применения специализированной лаборатории и панели из подготовленных дегустаторов. Наличие специалистов высокой квалификации и соответствующего метода исследования с математической обработкой данных позволяет пред-

сказывать органолептические характеристики будущего вина и исключать переработку винограда, пораженного болезнями и вредителями [8].

Еще одним современным инструментом управления сенсорным профилем вина является применение штаммов дрожжей с заданными свойствами. На рынке доступны штаммы дрожжей, способные к биосинтезу различных компонентов, обуславливающих специфические оттенки аромата (цитрусовый, аромат тропических фруктов, пряностей и др.). Некоторые из этих оттенков чрезвычайно привлекательны для потребителей, однако применение дрожжей по стандартной методике не гарантирует их развитие в готовом вине [9]. Решаясь на модификацию сенсорного профиля с помощью специфического штамма дрожжей, винодел должен понимать все возможные последствия изменения привычного профиля вина для его имиджа в глазах потребителя. Поэтому любые эксперименты с дрожжами требуют тщательного исследования рынка вин методами сенсорного анализа с целью выбора дескрипторов для проведения потребительских исследований, после которого проводится представительное потребительское исследование с целью выявления предпочтений среди предложенных дескрипторов. После этого формулируется техническое задание поставщику дрожжей с организацией производственных испытаний в сезон виноделия, сопровождающихся исследованием с помощью идентичных методик сенсорного анализа. Выявление у опытных образцов вин заданных органолептических характеристик является основанием для их вывода на рынок в соответствии с первоначальной концепцией.

Широкий спектр задач ставит перед сенсорным анализом подход к характеристике вин по контролю происхождения. В последние годы простая декларация принадлежности вин к определенному, пусть даже престижному, терруару, не является достаточным основанием для покупки в глазах потребителей. Приобретая вина наименований, контролируемых по происхождению, современный потребитель хочет получить узнаваемый сенсорный профиль, состоящий из привлекательных характеристик, причем узнаваемость должна сохраняться вне зависимости от года урожая. Установлено, что при покупке вина определённого терруара потребитель считает, что данное вино должно существенно отличаться от вин других терруаров по органолептическим характеристикам [10]. Соответственно, перед производителем стоит задача понимания ожиданий потребителя от его продукции и создания ожидаемого сенсорного профиля в готовом вине. Ее решение требует системного подхода к анализу данных, полученных методом сенсорного анализа и их математической обработки. Различия между образцами выявляются с помощью алгоритма ANOVA, тогда как включение/невключение вин в группы с идентичным профилем осуществляется на основании результатов метода кластерного анализа. Итогом подобных исследований является формулирование перечня характеристик вин, определяющий

специфичность вин данного терруара, субрегиона или региона, позволяющее предложить потребителю продукт с желательными для него свойствами, отличающимися узнаваемостью и воспроизводимостью [2, 10].

Очевидно, что решение задач, стоящих перед сенсорным анализом на новом этапе развития глобальной винодельческой отрасли, требует принципиально нового подхода. Обеспечение материальной и технологической базы для проведения исследований на новом уровне требует значительных ресурсов, сосредоточение которых на отдельно взятом предприятии представляется затруднительным. В этой связи целесообразно создание независимой экспертной лаборатории сенсорного анализа, в которой применение существующих инструментов и методов сенсорного анализа должно быть дополнено современными методами описания органолептического профиля продуктов и математической обработки результатов. Аналитическое сопровождение результатов должно обеспечивать глубокое понимание поведения потребителей и взаимосвязь потребительских предпочтений и органолептического профиля вин, достигаемое с применением современных аналитических алгоритмов, включая методы искусственного интеллекта. Для объективного анализа результатов в лаборатории предусмотрен инструментарий для поиска закономерностей в больших массивах данных на основе методов статистики и искусственного интеллекта, позволяющий решить конфликт между естественным экспертным описанием органолептических показателей и математическим представлением. Этот инструментарий включает подходы BIG DATA и DEEP LEARNING, а также современные методы принятия решения, основанные на подходе т.н. «мягких вычислений» (SOFT COMPUTING). Планируемое программное обеспечение лаборатории будет включать пакет стандартизованных статистических решений для широкого спектра продуктов в соответствии со стандартами ISO, онлайн-платформу для удаленной работы панелей, базу данных продуктов и дескрипторов, базу данных экспертов с возможностью оптимизации отбора при формировании панели, аналитические пакеты, канал на Youtube и видеоблоги. Лаборатория ориентирована на выполнение следующего спектра исследований:

- исследования продукции виноделия дискриминационными методами;
- исследования продукции виноделия дескриптивными методами;
- комплексные исследования потребительских предпочтений;
- комплексные исследования поведения потребителей.

Оказываемые лабораторией услуги предусматривают получение ответов на ряд принципиально важных вопросов, возникающих при разработке, производстве и продвижении продуктов (табл. 2).

Таблица 2 – Основные вопросы исследований с помощью методов сенсорного анализа

Вопрос	Группа методов	Результат
Отличается ли исследуемый продукт от конкурентов?	Дискриминационные тесты	Определение различий между продуктами методами сенсорного анализа
Как исследуемый продукт отличается от конкурентов?	Гибридный дескриптивный анализ	Идентификация значимых характеристик продукта в данной продуктовой категории
Является ли продукт предпочтительным?	Карта предпочтений и категорийная оценка	Бенчмаркинг продукта в категории с идентификацией свободного пространства на рынке
Какие характеристики продукта являются основными в данной продуктовой категории?	Экспресс-профилирование	Обеспечение экспрессного сенсорного картирования продукта с позиций стоимости и эффективности затрат
С каким продуктом мы продолжаем развиваться?	Тестирование с обсуждением за круглым столом и продуктовый скрининг	Сужение круга продуктов, намеченных к запуск в ходе рабочей встречи команды маркетологов и разработчиков
Как долго может храниться продукт без потери свойств?	Исследования продуктов, выдержанных в течение заданного срока	Получение информации об изменении сенсорных характеристик продукта в течение срока хранения, включая хранение в экстремальных условиях
Как сенсорные характеристики продукта развиваются с течением времени?	Исследования изменения интенсивности сенсорных характеристик в течение заданного срока	Понимание направления и степени изменения сенсорных характеристик продуктов в зависимости от времени хранения (выдержки)

Услуги лаборатории сенсорного анализа предоставляются по следующим направлениям:

Подготовка панелей для исследований методом сенсорного анализа

- Обучение руководителей панелей
- Обучение участников панелей

Проведение исследований методом сенсорного анализа

• Разработка технического задания на исследования с применением методов сенсорного анализа

- Разработка плана исследования с применением методов сенсорного анализа
- Проведение исследования на базе экспертной панели, включая обработку результатов и подготовку отчета (дискриминационные методы, дескриптивные методы)
- Проведение исследования на базе потребительской панели, включая обработку результатов и подготовку отчета (дескриптивные методы, дискриминационные методы)

Консультационные услуги

- Исследование поведения потребителей
- Исследование потребительских предпочтений
- Разработка инновационной стратегии
- Разработка продуктовой стратегии,
- Разработка концепции продуктовой линейки/нового продукта
- Разработка технического задания по разработке/модификации продукта
- Разработка программы исследований по разработке нового продукта
- Разработка программы исследований влияния технологических режимов, сырья, вспомогательных материалов на сенсорные характеристики продукта

- Оценка сенсорных характеристик опытных образцов продуктов в ходе разработки
- Оценка соответствия опытных образцов продукта техническому заданию на разработку
- Оценка соответствия производственных образцов продукта техническому заданию на разработку
- Исследование поведения продукции в течение срока хранения

Лаборатория является партнером аналогичных организаций в зарубежных странах-лидерах глобальной винодельческой отрасли. Проведение межлабораторных испытаний обеспечивает получение достоверных данных. Независимость лаборатории гарантирует объективность результатов для всех участников рынка винодельческой продукции, позволяя вывести национальную винодельческую отрасль на новый уровень качества, знаний о продукте и понимания рынка, включая глобальный рынок.

Выводы. Сенсорный анализ предоставляет в распоряжение специалистов по маркетингу, разработкам и технологии производства винодельческой продукции мощные инструменты исследования потребительских предпочтений, поведения потребителей, сенсорных характеристик продукта и путей их достижения в реальном производстве. Современные алгоритмы анализа данных позволяют прогнозировать реакцию потребителей на продукты с заданными свойствами и оценивать значимость отдельных показателей с позиций потребительских предпочтений. Одной из основных сфер применения новых подходов к сенсорному анализу винодельческой продукции является исследование сенсорных профилей вин,

относящихся к категории наименований, контролируемых по происхождению. Обработка данных позволяет группировать вина по группам характеристик, типичных для данного региона, субрегиона или терруара, что позволяет выявлять характерные особенности конкретной группы вин и транслировать эту информацию потребителям. Для обеспечения проведения исследований методами сенсорного анализа на современном уровне целесообразна концентрация исследовательских методик и

технологий обработки/анализа данных в лаборатории сенсорного анализа, располагающей квалифицированными экспертами и соответствующим оборудованием. Спектр услуг, оказываемых такой лабораторией предприятиям винодельческой отрасли, позволит им выйти на новый уровень понимания потребителей и качества производимой продукции, повышая ее конкурентоспособность в условиях ожесточающейся конкуренции на локальном и глобальном рынке.

Список литературы:

1. *Robinson, J.* The Oxford Companion To Wine [Text] / *J. Robinson.* – Oxford University Press, 2006. doi: [10.1093/acref/9780198609902.001.0001](https://doi.org/10.1093/acref/9780198609902.001.0001)
2. *Ткаченко, О. Б.* Особенности ароматов белых вин из автохтонных сортов винограда Западной Европы и Украины [Текст] / *О. Б. Ткаченко, О. В. Тринкаль* // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – Т. 2, № 10 (74). – С. 40–45. doi: [10.15587/1729-4061.2015.40069](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.40069)
3. *Zoecklein, B. W.* Wine Analysis and Production [Text] / *B. W. Zoecklein, K. C. Fugelsang, B. H. Gump, F. S. Nury.* – Springer US, 1995. – 621 p. doi: [10.1007/978-1-4757-6978-4](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-6978-4)
4. *Ткаченко, Т. І.* Розробка моделі сенсорного контролю якості на харчових підприємствах [Текст] / *Т. І. Ткаченко* // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – Т. 5, № 6 (59). – С. 53–56. – Режим доступа: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/4591/4253>
5. *Эрл, М.* Разработка пищевых продуктов [Текст] / *М. Эрл, П. Эрл, А. Андерсон.* – СПб.: Профессия, 2004. – 384 с.
6. *Чугунова, О. В.* Использование методов дегустационного анализа при моделировании рецептур пищевых продуктов с заданными потребительскими свойствами [Текст] / *О. В. Чугунова, Н. В. Заворохина.* – Екатеринбург, 2010. – 151 с.
7. *Winter, E.* Winegrape sensory assessment in Australia [Text] / *E. Winter, J. Whiting, J. Rousseau.* – Winetitles, Adelaide, South Australia, 2004.
8. *Tkachenko, O.* Influence of viticultural practices on the sensory characteristics of wine grape varieties [Text] / *O. Tkachenko, A. Pashkovskiy, A. Shtirbu* // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 2, Issue 10 (86). – P. 49–56. doi: [10.15587/1729-4061.2017.98423](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98423)
9. *Saberi, S.* Impact of mixed *S. cerevisiae* strains on the production of volatiles and estimated sensory profiles of Chardonnay wines [Text] / *S. Saberi, M. A. Cliff, H. J. J. van Vuuren* // Food Research International. – 2012. – Vol. 48, Issue 2. – P. 725–735. doi: [10.1016/j.foodres.2012.06.012](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.06.012)
10. *Gomes, L. S.* Sensory profile characterization and typicality assessment of PDO “Bairrada” and PGI “Beira Atlântico” red wines [Text] / *L. S. Gomes, A. José-Coutinho, A. G. da Silva, J. M. Ricardo-da-Silva* // Ciência e Técnica Vitivinícola. – 2016. – Vol. 31, Issue 2. – P. 73–87. doi: [10.1051/ctv/20163102073](https://doi.org/10.1051/ctv/20163102073)

Bibliography (transliterated):

1. Robinson, J. (2006). The Oxford Companion To Wine. Oxford University Press. doi: [10.1093/acref/9780198609902.001.0001](https://doi.org/10.1093/acref/9780198609902.001.0001)
2. Tkachenko, O. B., Trinka, O. V. (2015). The aroma peculiarities of some white wines from autochthonous grapes varieties from Western Europe and Ukraine. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (10 (74)), 40–45. doi: [10.15587/1729-4061.2015.40069](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.40069)
3. Zoecklein, B. W., Fugelsang, K. C., Gump, B. H., Nury, F. S. (1995). Wine Analysis and Production. Springer US, 621. doi: [10.1007/978-1-4757-6978-4](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-6978-4)
4. Tkachenko, T. I. (2012). Development of the model of sensory control of quality at food enterprises. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (6 (59)), 53–56. Available at: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/4591/4253>
5. Ehr, M., Ehr, R., Anderson, A. (2004). Razrabotka pishchevyh produktov. Sankt-Peterburg: Professiya, 384.
6. Chugunova, O. V., Zavorohina, N. V. (2010). Ispol'zovanie metodov degustacionnogo analiza pri modelirovaniy receptur pishchevyh produktov s zadannymi potrebitel'skimi svoystvami. Ekaterinburg, 151.
7. Winter, E., Whiting, J., Rousseau, J. (2004). Winegrape sensory assessment in Australia. Winetitles, Adelaide, South Australia.
8. Tkachenko, O., Pashkovskiy, A., Shtirbu, A. (2017). Influence of viticultural practices on the sensory characteristics of wine grape varieties. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (10 (86)), 49–56. doi: [10.15587/1729-4061.2017.98423](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98423)
9. Saberi, S., Cliff, M. A., van Vuuren, H. J. J. (2012). Impact of mixed *S. cerevisiae* strains on the production of volatiles and estimated sensory profiles of Chardonnay wines. Food Research International, 48 (2), 725–735. doi: [10.1016/j.foodres.2012.06.012](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.06.012)
10. Gomes, L. S., José-Coutinho, A., da Silva, A. G., Ricardo-da-Silva, J. M. (2016). Sensory profile characterization and typicality assessment of PDO “Bairrada” and PGI “Beira Atlântico” red wines. Ciência e Técnica Vitivinícola, 31 (2), 73–87. doi: [10.1051/ctv/20163102073](https://doi.org/10.1051/ctv/20163102073)

Поступила (received) 16.06.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Лабораторія сенсорного аналізу як сучасний інструмент в технології вина/ Іукурідзе Е. Ж., Ткаченко О. Б., Кисельов С. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 20(1242). – С.83–89. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Лаборатория сенсорного анализа как современный инструмент в технологии вина/ Иукуридзе Э. Ж., Ткаченко О. Б., Киселёв С. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 20(1242). – С.83–89. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Laboratory of sensory analysis as modern instrument in wine-making technology/ Iukuridze E., Tkachenko O., Kiselev S. // Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – № 20 (1242). – P.83–89. – Bibliogr.:10. – ISSN 2079-5459

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Іукурідзе Елдар Жораевич – кандидат технічних наук, доцент, кафедра технології вина та енології, Одеська національна академія пищевих технологій, ул. Канатна, 112, г. Одеса, Україна, 65039; e-mail:

Іукурідзе Елдар Жораевич – кандидат технічних наук, доцент, кафедра технології вина та енології, Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039; e-mail: office@shabo.ua.

Iukuridze Eldar – PhD in technical science, Department of Technology wine and Oenology, Odessa National Academy of Food Technologies, 112, Kanatnaya str., Odessa, 65039, Ukraine; e-mail: office@shabo.ua.

Ткаченко Оксана Борисовна – доктор технічних наук, доцент, кафедра безпеки, експертизи і товарознавства, Одеська національна академія пищевих технологій, вул. Канатна, 112, г. Одеса, Україна, 65039; e-mail: obtkachenko@gmail.com.

Ткаченко Оксана Борисівна – доктор технічних наук, доцент, кафедра безпеки, експертизи і товарознавства, Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039; e-mail: obtkachenko@gmail.com.

Tkachenko Oksana – Doctor of Technical Science, Assistant Professor, Department of Security, Examination and Commodity, Odessa National Academy of Food Technologies Kanatna str., 112, Odessa, Ukraine, 65039

Кисельов Сергій Вікторович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри технології ресторанного і оздоровчого харчування, Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039; e-mail: sergei.kiselev@gmail.com.

Kiselov Sergiy Viktorovich – кандидат технічних наук, старший преподаватель кафедри технології ресторанного і оздоровчого харчування, Одеська національна академія пищевих технологій, ул. Канатна, 112, г. Одеса, Україна, 65039; e-mail: sergei.kiselev@gmail.com.

Kyselov Sergii – PhD in technical sciences, senior lecturer of Department of Technology of Restaurant and Healthy Nutrition, Odessa National Academy of Food Technologies, Kanatnaya str. 112, Odessa, Ukraine, 65039

УДК 532.546

С. Ю. ГАСЫМОВ, Р. С. МАМЕДОВ

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗА И ВОДЫ НА ОСНОВЕ РАЗНОСТНО-ИТЕРАЦИОННОГО МЕТОДА В ПОДВИЖНЫХ СЕТКАХ

Как известно, одномерные и двумерные задачи вытеснения газа водой или воды газом с учетом капиллярных сил и относительных фазовых проницаемостей, ранее исследовались во многих работах [1–4]. Но в этих работах не учитывались некоторые важные свойства газа, а именно- сверхсжимаемость газа, эффект проскальзывания и зависимости вязкости газа от давления. В связи с этим численное исследование таких задач имеет важный теоретический и практический интерес.

Ключевые слова: капиллярные силы, многофазная фильтрация, подвижная сетка, эффект проскальзывания, закон Дарси, метод прогонки, метод Ньютона, газо-водяная смесь.

Як відомо, одновимірні і двовимірні завдання витіснення газу водою або води газом з урахуванням капілярних сил і відносних фазових проницаемостей, раніше досліджувалися у багатьох роботах [1–4]. Але в цих роботах не враховувалися деякі важливі властивості газу, а саме-сверхсжимаемость газу, ефект прослизання і залежності в'язкості газу від тиску. У зв'язку з цим чисельне дослідження таких задач має важливе теоретичне і практичне інтерес.

Ключові слова: капілярні сили, багатофазна фільтрація, рухлива сітка, ефект прослизання, закон Дарсі, метод прогін, метод Ньютона, газо-водний суміш.

As is known, one-dimensional and two-dimensional problems of gas displacement by water or water displacement by gas taking into account capillary forces and relative phase permeabilities previously studied in many works [1–4]. But in these works were not taken into account some important properties of the gas namely super compressibility of gas, slipping effect and dependence of gas viscosity on pressure.

In this connection, numerical investigation of such problems has an important theoretical and practical interest. In this work, the numerical simulation of the process of gas and water filtration on the basis of the difference-iterative method in moving grids taking into account capillary forces, super compressibility of gas, slipping effect and dependence of gas viscosity on pressure is investigated. The numerical algorithm for investigation of influence of the factors mentioned above on the filtration process was developed.

Keywords: capillary forces, multiphase filtration, moving mesh (grid), slipping effect, Darcy's law, tridiagonal matrix algorithm, Newton's method, gas-water mixer.

Введение. Как известно, при течение газов через пористые материалы возникает явление проскальзывания газа вдоль стенок пор, в результате которого проницаемость зависит от давления [2]

$$K = K_0 \left(1 + \frac{B}{P_1}\right) \quad (1)$$

где K_0 – проницаемость породы по отношению к слабосжимаемой жидкости, P_1 – давление в газовой фазе,

B – некоторая константа, выражающаяся характеристиками газа и пористой среды.

Кроме того, задачи многофазной фильтрации обладают рядом специфических особенностей (например, учет капиллярных сил и относительных фазовых проницаемостей, сверхсжимаемости газа, зависимости вязкости газа от давления и т.д.), что зачастую не позволяют при численном решении использовать традиционные конечно – разностные методы.