



*THOUGHT
DEVELOPMENT*

'2022

SCIENTIFIC

*MONOGRAPHIC SERIES
«EUROPEAN SCIENCE»*

*Book 13
PART 2*

ProMonograph

ScientificWorld-Germany



Sokolov V., Holovnia S.B., Reshetkov D., Matsiyevska O.O., Reshetnyak Y. et al.

ENTWICKLUNG DES WISSENSCHAFTLICHEN DENKENS

VERKEHR, ARCHITEKTUR, PHYSIK UND MATHEMATIK, CHEMIE, MEDIZIN

SCIENTIFIC THOUGHT DEVELOPMENT

TRANSPORT, ARCHITECTURE, PHYSICS AND MATHEMATICS, CHEMISTRY,
MEDICINE

Monographic series «European Science»

Book 13. Part 2.

In internationalen wissenschaftlich-geometrischen Datenbanken enthalten

Included in International scientometric databases

MONOGRAPHIE

MONOGRAPH

ScientificWorld-Net Akhat AV

Karlsruhe 2022

Authors:

Holovnia S.B. (1), Reshetkov D. (2), Ivanova I. (2), Hanzheiev D. (3), Mayevsky M.A. (4),
Matsiyevska O.O. (5), Orel V.I. (5), Mysak I.V. (5), Reshetnyak Y. (6), Zarivna N.O. (7),
Sokolov V. (8), Rozhkovskay G. (8), Tsvigovskiy V. (8), Dorofeeva T. (8),
Korsun A. (8), Dius E. (8), Dolgushyn O. (8)

Reviewers:

Dobrovolskyi A. B., PhD, National Academy of State Border Service of Ukraine Bohdan
Khmelnysky (1)
Pandas Anastasiia, PhD, Associate Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering
and Architecture (6)

Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens: Verkehr, Architektur, Physik
und Mathematik, Chemie, Medizin. Monografische Reihe «Europäische
Wissenschaft». Buch 13. Teil 2. 2022.

Scientific thought development: Transport, Architecture, Physics
and Mathematics, Chemistry, Medicine. Monographic series
«European Science». Book 13. Part 2. 2022.

ISBN 978-3-949059-62-9

DOI: 10.30890/2709-2313.2022-13-02

Published by:

ScientificWorld-NetAkhatAV

Lußstr. 13

76227 Karlsruhe, Germany

e-mail: editor@promonograph.org

site: <https://desymp.promonograph.org>

Copyright © Authors, 2022

Copyright © Drawing up & Design. ScientificWorld-NetAkhatAV, 2022



ÜBER DIE AUTOREN / ABOUT THE AUTHORS

1. *Holovnia Serhii Borisovich*, National Academy of State Border Service of Ukraine Bohdan Khmelnytsky, PhD in technical sciences, docent - *Chapter 1*
2. *Reshetkov Dmytro*, Odessa National Maritime University, PhD in technical sciences, docent - *Chapter 2 (co-authored)*
3. *Ivanova Iryna*, Odessa National Maritime University - *Chapter 2 (co-authored)*
4. *Hanzheiev Dmytro*, Priazovsky State Technical University, graduate student - *Chapter 3*
5. *Mayevsky Maxim Andreevich*, Pridnestrovian State University named after T.G. Shevchenko Bendery Polytechnic Branch, master - *Chapter 4*
6. *Matsiyevska Oksana Oleksandrivna*, Lviv Polytechnic National University, PhD in technical sciences, docent - *Chapter 5 (co-authored)*
7. *Orel Vadym Ihorovych*, Lviv Polytechnic National University, PhD in technical sciences, docent - *Chapter 5 (co-authored)*
8. *Mysak Ihor Vasylovych*, Lviv Polytechnic National University - *Chapter 5 (co-authored)*
9. *Reshetnyak Yuriy*, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», PhD in Physical and Mathematical Sciences, docent - *Chapter 6*
10. *Zarivna N. O.*, I. Horbachevsky Ternopil national medical university, PhD in pharmaceutical sciences, docent - *Chapter 7*
11. *Sokolov Viktor*, ONMedU, Doctor of Medical Sciences, Professor - *Chapter 8 (co-authored)*
12. *Rozhkovskay Galina*, ONMedU, PhD in Medical Sciences, docent - *Chapter 8 (co-authored)*
13. *Tsvigovskiy Viacheslav*, ONMedU, PhD in Medical Sciences, docent - *Chapter 8 (co-authored)*
14. *Dorofeeva Tamara*, ONMedU, PhD in Medical Sciences, docent - *Chapter 8 (co-authored)*
15. *Korsun Aleksandr*, ONMedU - *Chapter 8 (co-authored)*
16. *Dius Elena*, ONMedU - *Chapter 8 (co-authored)*
17. *Dolgushyn Oleg*, ONMedU - *Chapter 8 (co-authored)*



Inhalt / Content

CHAPTER 1

METHODOLOGY FOR ATTRACTING THE INDUSTRIAL BASE OF THE REGION TO MAINTAIN THE FLEET OF EQUIPMENT OF THE BORDER DETACHMENT AT A GIVEN LEVEL OF TECHNICAL READINESS

Introduction	6
1.1. Appointment, composition, procedure for solving problems of maintenance and current repair by a car repair organization	8
1.2. The process of functioning of the repair unit of the border detachment and the car repair organization	11
1.3. Justification for the choice of indicators and criteria for evaluating the effectiveness of the repair unit, car repair organization	18
1.4. The choice of mathematical apparatus for modeling the work of the repair unit and car repair organization	21
1.5. Model of the operation process of the repair unit and car repair organization	25
1.6. Decision-making model on the distribution of maintenance and repair of vehicles between the repair unit of the border detachment and car repair organizations	36
Conclusions	44

CHAPTER 2

USE OF GLOBAL EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT OF SMART PORTS IN UKRAINE.....

46

CHAPTER 3

FEATURES OF THE FUNCTIONING OF CITY TRANSPORT NETWORKS UNDER THE INFLUENCE OF STOCHASTIC FACTORS GLOBAL CHARACTER

Introduction	55
3.1. Types, features and internal connections of global stochastic factors	56
3.2. Processes of structuring and research of individual subsystems as part of global stochastic factors	58
3.3. Development of a mathematical description of structured subsystems of global stochastic factors and establishment of their external relations ..	61
Conclusions	63

CHAPTER 4

THE MECHANISM OF REAL ESTATE MANAGEMENT

Introduction	64
4.1. Surveying companies as a tool for managing a property	64
4.2. Management company as a subject of real estate management	68
Conclusions	72

**CHAPTER 5****INFLUENCE OF FATS WASTEWATER ON THE OPERATION OF THE SEWAGE SYSTEM**

Introduction	73
5.1. Mechanism of formation of fat deposits	74
5.2. Methods of removing fat deposits.....	76
5.3. FOG disposal methods	79
Conclusions	80

CHAPTER 6**UNSTABLE PAIRS AND SUPERIONIC STATE**

Introduction	81
6.1. Point defects in crystals.....	82
6.2. Thermodynamics of the superionic phase transition in the model of unstable pairs	84
6.3. Influence of radiation on the thermodynamics of phase transitions in solid electrolytes	85
Conclusions	88

CHAPTER 7**METHOD OF OBTAINING AND STANDARTIZING EXTRACTS OF CREEPING THYME**

Introduction	89
7.1. Development of technology for obtaining liquid extract of creeping thyme.....	93
7.2. Study of the conditions for obtaining a thick extract of creeping thyme...	98
7.3. Study of the qualitative composition of biologically active substances in liquid and thick extracts of creeping thyme.....	105
7.4. Determination of the quantitative content of biologically active substances in the studied extracts of creeping thyme and selection of acceptance criteria.....	112
Conclusions	122

CHAPTER 8**THE ROLE OF MSCT, DWI, PET/CT, 3D RECONSTRUCTION AND VIRTUAL ENDOSCOPY IN THE DETECTION OF COLON PATHOLOGY AND COLORECTAL CANCER.....**

123

References	137
------------------	-----

**KAPITEL 1 / CHAPTER 1¹****METHODOLOGY FOR ATTRACTING THE INDUSTRIAL BASE OF THE REGION TO MAINTAIN THE FLEET OF EQUIPMENT OF THE BORDER DETACHMENT AT A GIVEN LEVEL OF TECHNICAL READINESS****DOI: 10.30890/2709-2313.2022-13-02-005****Введение.**

На протяжении последних десятилетий непростая экономическая ситуация в государствах восточной Европы и Азии стала причиной образования группировок, занимающихся незаконным промыслом на приграничных территориях Украины. Для обеспечения своей противоправной деятельности данные группировки используют новейшие средства связи и передвижения. С целью своевременного противодействия их незаконной деятельности в подразделениях пограничных отрядов активно применяют автотранспортные средства (автотехнику), позволяющие пограничным нарядам быстро перемещаться на протяженных (300-800 км) участках государственной границы. Способность пограничных подразделений оперативно выполнять задачи по охране границы зависит не только от наличия автотранспортной техники, но и от ее технического состояния. В пограничных отрядах вопросами поддержания требуемого технического состояния автотранспортных средств занимается персонал ремонтного подразделения, входящего в состав системы технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) автотехники пограничного отряда.

В процессе выполнения ремонтными подразделениями пограничных отрядов задач по поддержанию и восстановлению технического состояния автотранспортных средств было выявлено ряд недостатков:

- 1) моральная и физическая изношенность оборудования ремонтного подразделения;
- 2) несоответствие возможностей оборудования и персонала ремонтного подразделения потребностям поступающей на укомплектование пограничного отряда современной автотехники;
- 3) удаленность расположения ремонтного подразделения от обслуживаемой автотехники пограничных подразделений, увеличивающая длительность ремонта;

¹Authors: Holovnia Serhii Borisovich



4) недостаточные возможности ремонтных подразделений для удовлетворения потребности автотранспортных средств в проведении текущих ремонтов.

Реагируя на перечисленные недостатки, в Департаменте вооружения администрации Государственной пограничной службы Украины (ГПСУ) принимают решение модернизировать системы технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств за счет проведения договорного гарантийного обслуживания автотехники пограничных отрядов авторемонтными организациями (станциями техобслуживания, автосервисными организациями, автотранспортными предприятиями и др.). Однако для определения экономической и технической целесообразности реализации такого решения необходимо предварительно проводить оперативную оценку (прогноз) эффективности распределения мероприятий ТО и Р автотехники между ремонтным подразделением пограничного отряда и авторемонтными организациями.

Вопросы распределения разного рода ресурсов исследовались такими учеными как Кириченко Г. И., Понкратов Д. П., Кондрахина Н. В., Осташевская О. А., Лебедь М. Т., Бушуева И. В., Корнийчук М. Т., Гузинин О. И., Жежнич П. И., Колесникова Н. М., Барабашин В. В., Кельрих М. И., Ларикова С. С., Вишневецкий В. И., Евстрат Д. И., Тугай О. А., Крушевский А. В., Швецов К. И. и др. Вместе с тем, вопросы прогнозирования эффективности распределения мероприятий ТО и Р автотехники между ремонтным подразделением пограничного отряда и оцениваемыми авторемонтными организациями в работах указанных авторов не рассматривались.

Таким образом, возникает противоречие между существующей необходимостью планирования мероприятий ТО и Р автотехники подразделений пограничного отряда с привлечением сторонних авторемонтных организаций и отсутствием соответствующих моделей, показателей и методик решения данной задачи. Необходимость устранения данного противоречия и определяет актуальность темы диссертационного исследования.



1.1. Назначение, состав, порядок решения задач технического обслуживания и текущего ремонта авторемонтной организацией

Авторемонтная организация – организация, предоставляющая услуги населению или организациям по плановому техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонтам, установке дополнительного оборудования (тюнингу), восстановительному (кузовному) ремонту автотранспорта [1]. К авторемонтным организациям относятся станции техобслуживания, автосервисы, автомастерские, ремонтные заводы, автотранспортные предприятия и др. [1-6].

Все авторемонтные организации делятся на универсальные, выполняющие комплексные работы по автомобилям различных марок, и специализированные, предназначенные для обслуживания автомобилей определённых моделей [1-6]. В структуру типовых авторемонтных организаций в зависимости от их мощности входят следующие производственные участки: приемки и выдачи автомобилей, мойки, диагностирования, ТО, ТР, смазки, ремонта и зарядки аккумуляторов, ремонта электрооборудования, ремонта топливной аппаратуры, а также агрегатно-механический, шиномонтажный, обойный, кузовной, окрасочный и участок предпродажной подготовки автомобилей (для авторемонтных организаций с магазином) [4]. На небольших авторемонтных организациях (менее 10 рабочих постов) некоторые однородные виды работ могут объединяться и выполняться на одном участке [1; 2].

Производственные участки (зона) ТО и ТР с рабочими постами являются основными, а участки, специализированные на выполнении работ по ремонту топливной аппаратуры, электрооборудования, аккумуляторов и другие – вспомогательными, обеспечивающими работы основных участков [3; 4]. На постах ТР выполняют разборочно-сборочные, регулировочные и крепежные работы, а также устраняют мелкие неисправности. Остальные работы ТР, а также работы по контрольному ремонту агрегатов проводятся на специализированных участках. Для сокращения простоя автомобилей ремонт в авторемонтной организации может осуществляться агрегатным методом путем замены неисправных агрегатов и узлов на исправные.

В Украине зарегистрирована деятельность приблизительно девяти тысяч авторемонтных организаций [2]. Функционирующие на территории Украины авторемонтные организации представлены следующими разновидностями



предприятий и организаций [2; 5].

Самые давние субъекты рынка автосервиса – бывшие государственные авторемонтные организации (ремонтные заводы, автотранспортные предприятия и др.), которые превратились в акционерные общества. Раньше государственные авторемонтные организации были составляющими сети союзных автозаводов, теперь данные предприятия существуют самостоятельно. Рассматриваемые предприятия, как правило, построены по типовым проектам (на 6, 11, 15, 25 и 50 постов), имеют дорогие основные фонды, используют в основном устаревшее оборудование для оказания услуг автосервиса. Такие организации работают по давно выверенной технологии, придерживаются всех установленных стандартов и нормативов.

Следующими представителями украинского рынка автосервиса являются фирменные авторемонтные организации (станции техобслуживания, автосервисы и др.). Как правило, они возникают на базе прежних предприятий и являются представителями больших автомобильных компаний, таких как “Мерседес”, “Шкода”, “Фольксваген”. В рассматриваемых организациях оборудование удовлетворяет современные нормы западных автопроизводителей, а ремонт и обслуживание осуществляются по единым мировым стандартам. В таких местах работают высококвалифицированные механики, которые специализируются обычно на машинах одной марки. Качество ремонта, культура и эстетика производства, общение с клиентом на подобных предприятиях – на высоком уровне. Данные авторемонтные организации предоставляют качественные запчасти, а также дают гарантию на выполненную работу.

Кроме фирменных авторемонтных организаций, на рынке автосервиса функционируют и частные (автомастерские). Частные авторемонтные организации специализируется в основном на автомобилях иностранного производства. Квалификация персонала и уровень обслуживания в таких организациях колеблется от высокого до недопустимо низкого.

Еще одними субъектами рынка автоуслуг являются организации, созданные на базе автотранспортных предприятий. Автомобили на подобных предприятиях часто обслуживаются наскоро, а имеющиеся мощности в большей части не отвечают современным требованиям. Неудобство размещения, узкий ассортимент услуг, увеличенные сроки выполнения работ и низкое качество запасных частей – все это предопределяет невысокую



популярность таких станций среди автовладельцев и соответственно скромные цены.

Помимо рассмотренных разновидностей авторемонтных организаций, на рынке автоуслуг функционирует еще одна группа таких организаций – полулегальные мастерские, организованные в основном физическими лицами в собственных гаражах. Как правило, персоналу, работающему в таких местах, не хватает как специального образования, так и оборудования для проведения ремонтных работ.

Среди множества авторемонтных организаций, функционирующих на украинском рынке автоуслуг, необходимо выбрать такие, которые по своим возможностям будут соответствовать не только потребностям обслуживания автотехники пограничных подразделений, но и финансовым возможностям пограничного отряда. Для выбора требуемых авторемонтных организаций (АРО) необходимо проводить оценивание каждой исследуемой организации в соответствии с оперативно-технической, гарантийной и экономической компонентами.

Оперативно-техническая компонента связана с необходимостью обеспечения персоналом АРО как оперативного проведения работ по ТО и ТР автотехники пограничного отряда, так и технической готовности автотехники пограничных подразделений на уровне, позволяющем выполнять задачи по охране госграницы [7; 8; 9].

Гарантийная компонента связана с необходимостью предоставления авторемонтной организацией гарантийных обязательств относительно качественного проведения работ по ТО и ТР автотранспортных средств пограничного отряда. Наличие гарантийных обязательств должно указываться при заключении договора между пограничным отрядом и авторемонтной организацией.

Экономическая компонента характеризуется затратами пограничного отряда (C), образовавшимися в результате передачи i -й авторемонтной организации функций обслуживания автотехники пограничных подразделений. Рассматриваемые затраты (C) включают в себя затраты на оплату работы, выполненной персоналом i -й авторемонтной организации ($C_{ТО,ТР}$), затраты на перемещение техники к месту проведения обслуживания и обратно ($C_{перем}$). Знание величины затрат C позволит определить экономическую целесообразность передачи i -й авторемонтной организации функций



обслуживания автотехники пограничного отряда.

Соответствие возможностей авторемонтных организаций потребностям пограничного отряда по рассмотренным компонентам может позволить выбрать требуемый состав организаций. Как и для ремонтного подразделения, существенным параметром, учитывающим оперативно-техническую компоненту, а также зависящим от экономической составляющей, является среднее время (T_S) нахождения автотранспортного средства в обслуживании при выполнении работ персоналом i -й авторемонтной организации. Поскольку время T_S определяет взаимосвязь между перечисленными компонентами, то его использование в дальнейшем может позволить проводить оценку эффективности функционирования исследуемой авторемонтной организации. В связи с тем, что время T_S является случайной величиной, для определения числовых характеристик данного параметра потребуется использовать методы и модели теории вероятности.

1.2. Процесс функционирования ремонтного подразделения пограничного отряда и авторемонтной организации

Процесс обслуживания пограничного автотранспортного средства ремонтным подразделением или авторемонтной организацией начинается с момента возникновения необходимости в проведении работ по техобслуживанию и текущему ремонту (ТО и ТР) и заканчивается в момент возвращения обслуженного автомобиля к месту дислокации. Состав операций обслуживания включает:

А. Перемещение автотранспортных средств для проведения обслуживания к месту выполнения работ по ТО и ТР. Под перемещением автотранспортных средств для проведения обслуживания подразумеваются перемещения:

- пограничной автотехники, нуждающейся в обслуживании, к местам проведения ремонтных работ (к пункту ТО и Р пограничного отряда или авторемонтной организации);
- подвижных мастерских ремонтного подразделения к местам проведения ТО и ТР автотехники пограничного отряда;
- эвакуаторов к месту расположения неработоспособной автотехники



пограничного отряда для последующей доставки на i -ю авторемонтную организацию;

– работоспособных пограничных автотранспортных средств к месту расположения неработоспособной автотехники пограничного отряда для последующей буксировки к пункту технического обслуживания и ремонта пограничного отряда.

Время перемещения (T_d) влияет на своевременность проведения работ по ТО и ТР автотехники, а также на общее время нахождения автотранспортного средства в обслуживании (T_s), что предусматривает необходимость проведения оптимизации времени T_s за счет отбора соответствующих авторемонтных организаций. Затраты на перемещение пограничных автотранспортных средств к месту проведения необходимых

работ связаны с затратами ($W^{авт} \cdot C^{бенз}$) на горюче-смазочные материалы

и на амортизацию ($A^{авт}$) автотехники, используемой для перемещений. При использовании эвакуаторов авторемонтной организации (АРО) затраты на перемещение пограничной автотехники представляют собой затраты на оплату услуг эвакуатора, а также дополнительно за погрузку и разгрузку неисправного автомобиля.

Б. Постановку автотехники, требующей обслуживания, в очередь на проведение работ по ТО и ТР. Постановка автотранспортного средства, требующего обслуживания, в очередь связана с массовостью проводимых мероприятий по ТО и ТР автотехники (занятостью каналов обслуживания) и подразумевает ожидание автотранспортным средством своей очередности на проведение необходимых работ. Если при поступлении автотранспортных средств на обслуживание посты ТО и ТР (каналы обслуживания) оказываются свободными (ситуация, когда очереди нет), автотехника, нуждающаяся в проведении работ по ТО и ТР, сразу поступает для проведения необходимых работ в каналы обслуживания ремонтного подразделения, авторемонтной организации. Нахождение автотранспортного средства в очереди связано с потерями времени ($t_{оч}$), в течение которого пограничная автотехника не используется по назначению. Время $t_{оч}$ зависит как от количественного состава ремонтных сил и средств, выполняющих необходимые работы, так и от интенсивности обслуживания автотранспортного средства персоналом



поста ТО и Р.

В. Проведение работ по ТО и ТР автотехники, требующей обслуживания. При поступлении пограничных автотранспортных средств в каналы обслуживания персонал ремонтного подразделения, авторемонтной организации проводит необходимые ремонтные работы, используя приданное постам ТО и Р (каналам обслуживания) оборудование. Для проведения работ по ТО и ТР автотехники пограничного отряда могут использоваться стационарные посты пункта технического обслуживания и ремонта (ПТОР) и станции техобслуживания, а также посты ТО и ТР подвижных мастерских пограничного отряда. Производственные возможности стационарных постов ТО и ТР ПТОР и авторемонтной организации превосходят возможности постов ТО и ТР подвижных мастерских по проведению ремонтных работ, о чем свидетельствует коэффициент увеличения трудоемкости (K_G) проведения работ ТО и ТР подвижными мастерскими – $K_G = 1,15$ [8]. Производственные возможности стационарных постов ТО и ТР ПТОР и авторемонтной организации увеличены за счет использования специализированных участков, количество которых определяется в зависимости от объемов проведения работ по ТО и ТР. Интенсивность обслуживания автотранспортного средства одним каналом обслуживания (постом ТО и ТР) зависит от трудоемкости проводимых работ, от производительности используемого оборудования, от квалификации персонала, от наличия исправных средств обслуживания, а также необходимых для проведения ремонтных работ запасных частей, агрегатов и т. п. Как и при нахождении автотехники в очереди, выполнение работ по ТО и ТР одного автотранспортного средства связано с потерями времени ($t_{оч}$), в течение которого автомобиль не используется по назначению, а также с затратами от простоя автотранспортного средства при проведении необходимых работ.

Использование в пограничном отряде сил и средств ремонтного подразделения для проведения работ по ТО и ТР автотехники связано с затратами на функционирование постов ТО и ТР ремонтного подразделения (электроэнергия, амортизация оборудования, зарплата и др.), затратами на оплату стоимости материалов и запчастей для проведения ТО и ТР автотехники. При отсутствии автотехники, требующей обслуживания, посты ТО и ТР ремонтного подразделения простаивают. Затраты от простоя одного поста включают в себя затраты как на амортизацию оборудования, так и на выплату заработной платы простаивающему персоналу.



Использование персонала i -й авторемонтной организации для проведения работ по обслуживанию автотранспортных средств пограничного отряда связано с затратами на оплату выполненной работы (платных услуг) по ТО и ТР пограничной автотехники.

Г. Перемещение автотранспортных средств после проведения обслуживания к месту своей постоянной дислокации. Перемещение пограничных автотранспортных средств после проведения обслуживания подразумевает как перемещения подвижных мастерских к месту своей дислокации после проведения ремонтных работ, так и перемещения обслуженной автотехники от места проведения обслуживания назад к месту своего размещения. Затраты на перемещение автотехники после проведения обслуживания к местам своей постоянной дислокации характеризуются затратами, обусловленными расходом горюче-смазочных материалов, а также затратами, связанными с амортизацией перемещаемой автотехники. Оптимизацию затрат и времени, затрачиваемых на перемещение автотехники, необходимо проводить путем выбора авторемонтных организаций, близко расположенных по отношению к обслуживаемой автотехнике.

С целью обеспечения постоянной готовности автотехники пограничного отряда в работе ремонтного подразделения и авторемонтной организации не допускается ситуаций, при которых возможен отказ в проведении ремонтных работ из-за загруженности каналов обслуживания [7; 8]. Необслуженная автотехника не покидает очереди на проведения работ по ТО и ТР до тех пор, пока не будет обслужена.

Вследствие массовости поступления требований (заявок) автотехники на проведение работ по ТО и ТР в пограничном отряде образуется поток заявок и поток обслуживаний автотехники. Потoki заявок (ТО и ТР), перемешиваясь между собой в процессе эксплуатации автотранспортных средств, образуют суммарный поток заявок на проведение работ по обслуживанию автотехники, который из-за случайности потоков заявок на ТР, ТО-1, ТО-2 также является случайным.

Заявки на проведение работ по ТО и ТР автотранспортных средств могут поступать как поодиночке, так и группами с заранее неизвестным количеством заявок в группах (свойство неординарности потока заявок). **Продолжительность каждого обслуживания** также заранее непредсказуема (случайна). **Повторяющимся подпроцессом** в работе ремонтного



подразделения и авторемонтной организации является процесс поступления автомобиля для проведения работ по ТО и ТР и его обслуживание одним постом ТО и ТР (каналом обслуживания).

Главными параметрами, определяющими развитие процесса функционирования ремонтного подразделения и авторемонтной организации, являются **интервалы времени** между поступлением автотранспортных средств, требующих проведения работ по ТО и ТР, а также **длительность** обслуживания автомобиля.

Гипотезы и допущения. Учет всевозможных вариантов работы ремонтного подразделения, авторемонтной организации даже после условного выделения лишь некоторой части (предмета моделирования) в общем моделируемом процессе является затруднительным в связи с существованием множества свойств и связей исследуемого процесса. Поэтому для дальнейшей формализации моделируемого процесса были выделены наиболее существенные для целей моделирования гипотезы, определяющие особенности и связи работы ремонтного подразделения, авторемонтной организации. Перечень данных гипотез составлен с учетом состава существенных факторов и параметров.

1. Поток заявок на проведение работ по ТО и ТР автотехники персоналом ремонтного подразделения, авторемонтной организации является случайным во времени, наиболее непротиворечивым законом распределения времени между моментами поступления заявок является показательный закон распределения.

2. Процесс функционирования ремонтного подразделения, авторемонтной организации (процесс обслуживания автотехники) во времени развивается как случайный. Продолжительность обслуживания каждого автомобиля является величиной случайной и имеет распределение, близкое к показательному.

3. Заявки автотранспортных средств на проведение работ по ТО и ТР могут поступать в ремонтное подразделение, авторемонтную организацию как одиночно, так и группами с заранее неизвестным количеством заявок в каждой группе (свойство неординарности потока заявок).

4. Среди поступающих требований автотехники на проведение ТО и ТР – заявок, пользующихся приоритетом по отношению к остальной совокупности заявок, нет (свойство беспriorитетности заявок).



5. В случае занятости канала обслуживания автотранспортное средство становится в очередь на проведение работ по ТО и ТР.

Кроме гипотез, для обеспечения корректности последующей формализации работы авторемонтной организации сформируем также перечень вводимых **допущений**:

1. На рассматриваемом отрезке времени условия функционирования ремонтного подразделения, авторемонтной организации примерно одинаковы (погодные, интенсивность поступления автомобилей, время цикла обслуживания и др.), что позволяет считать процессы функционирования ремонтного подразделения и авторемонтной организации стационарными.

2. Канал обслуживания (пост ТО и ТР) ремонтного подразделения является универсальным и может проводить работы по ТО и ТР автотехники, эксплуатируемой в пограничном отряде (свойство однородности канала обслуживания для автотехники).

3. Работа зоны специализированных участков стационарной мастерской пограничного отряда при проведении исследования не рассматривается.

4. Канал обслуживания (пост ТО и ТР) авторемонтной организации является универсальным и может проводить работы как по ТО, так и по ТР автотехники тех марок, на которых специализируется оцениваемая станция техобслуживания (свойство однородности канала обслуживания для автотехники).

5. Средняя длительность цикла обслуживания примерно одинакова для всех марок автомобилей, обслуживаемых ремонтным подразделением или оцениваемой авторемонтной организацией.

6. Канал обслуживания (пост ТО и ТР) ремонтного подразделения оборудован всеми необходимыми средствами для качественного проведения работ по ТО и ТР.

7. Количество персонала, закрепленного за одним каналом обслуживания ремонтного подразделения, авторемонтной организации составляет 2 человека.

8. Силы и средства, закрепленные за различными каналами обслуживания ремонтного подразделения или авторемонтной организации, не оказывают друг другу взаимопомощи при проведении обслуживания (ТО и ТР) автотехники (свойство отсутствия взаимопомощи в каналах обслуживания).

9. На базе одной подвижной мастерской ремонтного подразделения может



быть организована работа 4-х каналов обслуживания ($n_z = 4$).

10. Специалисты-ремонтники ремонтного подразделения, авторемонтной организации, участвующие в проведении работ по ТО и ТР автотехники, имеют достаточный уровень квалификации для качественного выполнения проводимых работ.

11. Силы и средства авторемонтной организации обеспечены необходимым для проведения работ ТО и ТР автотехники количеством запасных частей, агрегатов и т. д.

12. Периодичность возникновения заявок пограничной автотехники на проведение текущего ремонта (ТР) составляет 3000 км, на проведение ТО-1 – 5000 км и на проведение ТО-2 – 20000 км.

13. При выполнении СО автотехники (дважды в год) персонал ремонтного подразделения, авторемонтной организации проводят ТО-2 и дополнительные работы по подготовке автотехники к следующему периоду эксплуатации.

14. Силы и средства ремонтного подразделения, авторемонтной организации проводят работы по ТО (ТО-1, ТО-2, СО) и ТР (ТО-1х, ТО-2х, РТО не учитываются). Под термином ТО в дальнейшем будут подразумеваться следующие виды технического обслуживания: ТО-1, ТО-2, СО.

15. Пограничное автотранспортное средство, нуждающееся в проведении работ по ТО и ТР, покидает систему обслуживания ремонтного подразделения, авторемонтной организации только после удовлетворения требования на проведение необходимых работ.

16. Под термином «автотранспортное средство» (автотехника, автомобиль) в дальнейшем будет подразумеваться транспортное средство на колёсном ходу с собственным двигателем, предназначенное для проведения перевозок по безрельсовым путям. К рассматриваемому термину не относятся прицепы, снегоходная техника, гусеничная техника, мотоциклы и трактора.

17. Промежуток времени ($T_{набл}$), на котором рассматривается процесс функционирования ремонтного подразделения, авторемонтной организации, принимается равным одному году (365 дней).

18. Продолжительность рабочего дня персонала поста ПТОР составляет 8 часов.

19. Среднее время проведения персоналом поста ПТОР работ по ТО-1



составляет 0,24 дня, по ТО-2 (СО) – 0,53 дня, по ТР – 0,35 дня.

20. В качестве заявок, поступающих на обслуживание персоналу исследуемой ремонтного подразделения, рассматриваются только заявки от автотехники отечественного производства (ГАЗ, ВАЗ, УАЗ, РАФ, ЗиЛ и др.).

1.3. Обоснование выбора показателей и критерия оценки эффективности ремонтного подразделения, авторемонтной организации

Разрабатываемая модель должна позволять проводить как оценивание производственных возможностей ремонтного подразделения и выбираемых (оцениваемых, i -х) авторемонтных организаций, так и прогнозирование затрат на использование в пограничном отряде ремонтного подразделения, i -й авторемонтной организации. Для соответствия разрабатываемой модели целям проводимого моделирования в ее состав должны входить следующие показатели эффективности:

– оценки производственных возможностей ремонтного подразделения, i -й авторемонтной организации, по обеспечению технической готовности автотехники пограничного отряда;

– затрат на использование ремонтного подразделения, i -й авторемонтной организации в системе технического обслуживания и ремонта пограничного отряда.

Показателем оценки производственных возможностей ремонтного подразделения, i -й авторемонтной организации, является коэффициент простоя автотранспортного средства (K_p), который определяет долю времени нахождения автомобиля в обслуживании исследуемой авторемонтной организацией, ремонтного подразделения. Рассматриваемый коэффициент представляет собой отношение среднего времени пребывания пограничного автотранспортного средства в обслуживании (T_s) при проведении работ на исследуемой авторемонтной организации, в ремонтном подразделении к суммарному времени использования данного автомобиля по назначению (nt) за рассматриваемый промежуток времени:

$$K_p = \frac{T_s}{nt}. \quad (1)$$



Время T_s при проведении обслуживания (ТО и ТР) автотранспортного средства может быть представлено как сумма математического ожидания среднего времени пребывания автомобиля в системе обслуживания исследуемой авторемонтной организации, ремонтного подразделения (T_o) и среднего времени на перемещение автотранспортного средства для проведения работ по ТО и ТР (T_d).

Снижая значения T_o , T_d за счет отбора авторемонтных организаций, можно производить оптимизацию величины доли времени нахождения автотранспортного средства в простое, улучшая тем самым уровень технической готовности автотехники (оперативно-служебная компонента). Кроме показателей T_o , T_d , процесс функционирования ремонтного подразделения, авторемонтной организации характеризуется вероятностью обслуживания пограничного автотранспортного средства ($P_{обс}$) персоналом авторемонтной организации, ремонтного подразделения. В соответствии с [10] вероятность обслуживания пограничного автотранспортного средства не должна быть меньше 0,9 ($P_{доп} = 0,9$).

Затраты на использование авторемонтной организации, ремонтного подразделения в системе ТО и ТР автотехники пограничного отряда включают в себя следующие виды затрат [формула (2)]:

– на оплату работы по ТО и ТР пограничного автотранспортного средства, выполненной персоналом авторемонтной организации, ремонтного подразделения ($C_{ТО, ТР}$);

– на перемещение автотранспортного средства к месту проведения обслуживания авторемонтной организацией, ремонтным подразделением и обратно к месту дислокации ($C_{перем}$).

$$C = C_{ТО, ТР} + C_{перем}. \quad (2)$$

В состав затрат $C_{ТО, ТР}$ входят затраты как на оплату работы специалистов-ремонтников исследуемой авторемонтной организации, ремонтного подразделения, так и на оплату стоимости запчастей и материалов, необходимых для проведения ТО и ТР.

Затраты $C_{перем}$ представляют собой денежные расходы, образовавшиеся в



результате перемещения пограничного автотранспортного средства, требующего обслуживания, к месту расположения исследуемой авторемонтной организации, ремонтного подразделения, а после проведения необходимых работ – обратно к месту своей дислокации. Затраты $C_{перем}$ рассчитываются по формуле:

$$C_{перем} = \left(W^{авт} \cdot C^{бенз} + A^{авт} \right) \cdot \frac{2S}{100} \cdot H, \quad (3)$$

где $W^{авт}$ – расход топлива автотранспортного средства, совершающего перемещение для проведения обслуживания, на 100 км пробега, литров;

$C^{бенз}$ – стоимость одного литра бензина для марки автомобиля, совершающего перемещение с целью проведения работ по ТО и ТР, грн;

$A^{авт}$ – величина амортизационных затрат, возникающих при перемещении автотранспортного средства на расстояние 100 км, грн;

$2S$ – расстояние, необходимое для перемещения автотранспортного средства к месту проведения обслуживания и обратно, км;

100 – постоянное число;

H – количество необходимых перемещений для проведения работ по ТО и ТР автомобиля за рассматриваемый период времени персоналом исследуемой авторемонтной организацией, ремонтным подразделением.

Комплексным показателем, характеризующим преимущества (недостатки) исследуемой авторемонтной организации, ремонтного подразделения по сравнению с аналогичными организациями (предприятиями, подразделениями), предоставляющими услуги по обслуживанию автотехники, является Kc – коэффициент эффективности авторемонтной организации, ремонтного подразделения.

$$Kc = Kp \cdot C. \quad (4)$$

Чем меньше величина Kc , тем предпочтительней (при прочих равных условиях) авторемонтная организация, ремонтное подразделения для передачи ей функций по обслуживанию автотранспортного средства. Данный показатель



позволяет проводить отбор авторемонтных организаций, обеспечивающих как минимальный коэффициент простоя, так и минимальные затраты на обслуживание пограничного автотранспортного средства.

Критерием эффективности функционирования и определения допустимости использования ремонтного подразделения, авторемонтной организации можно выбрать требование обеспечения i -й авторемонтной организацией, ремонтным подразделением величины простоя пограничного автотранспортного средства не более допустимого значения ($Kp \leq Kp_{доп}$) при не более допустимых ($C \leq C_{доп}$) затратах на использование исследуемой авторемонтной организации, ремонтного подразделения в системе технического обслуживания и ремонта пограничного отряда (формула 5).

$$U_i = \left\{ (Kp \leq Kp_{доп}) \cap \right. \\ \left. \cap (C \leq C_{доп}) \right\}. \quad (5)$$

1.4. Выбор математического аппарата для моделирования работы ремонтного подразделения и авторемонтной организации

Известно [11], что основой для выбора типа математического аппарата является тип главного параметра (или параметров) моделируемого процесса. Главными параметрами процессов функционирования ремонтного подразделения и авторемонтной организации являются интервалы времени между поступлением автотранспортных средств, требующих проведения работ по ТО и ТР, а также длительность обслуживания автомобиля. Для построения полезных моделей, учитывающих существенные для целей моделирования свойства исследуемых процессов, необходимо провести исследования свойств потоков заявок и обслуживаний автотехники, поступающей для проведения ТО и ТР в ремонтные подразделения и на авторемонтные организации.

1.4.1. Исследование свойств потоков заявок и обслуживаний автотранспортных средств, обслуживаемых авторемонтными организациями.

Вопросами исследования свойств потоков заявок и обслуживаний авторемонтных организаций занимались Говорущенко Н. Я., Мэдьо С.,



Власов В. М., Тахтамышев Х. М., Панин А. В., Полнар Ю. М., Масуев М. А., Лукин В. П., Безуглов Ю. И. и др. Результаты исследований, проведенных в работах [12; 13; 14; 15; 16-20], позволяют сделать выводы о стационарности потоков заявок, поступающих в авторемонтные организации, а также о наличии свойства отсутствия последствия как у потоков заявок, так и у потоков обслуживаний авторемонтных организаций.

Для авторемонтных организаций, исследуемых на возможность передачи функций обслуживания пограничной автотехники, источниками поступления заявок на проведение работ по ТО и ТР являются не только автотранспортные средства пограничного отряда, но и автомобили частных лиц и организаций. Каждое такое автотранспортное средство генерирует свои потоки заявок на проведение ТО и ТР. Таким образом, суммарный поток заявок, определяющий моменты возникновения задач для персонала авторемонтной организации, является суперпозицией множества составляющих, как правило, независимых потоков. Для таких условий является справедливой известная предельная теорема А. Я. Хинчина [21, с. 64-68; 26], согласно которой суммарный поток событий приближается к простейшему потоку с показательной плотностью распределения вероятностей $f_1(t)$ случайных значений интервалов времени (T) между событиями суммарного потока:

$$f_1(t) = I \cdot e^{-I \cdot t}, \quad t > 0, \quad (6)$$

вне зависимости от законов распределения каждого из потоков, входящих в состав суммарного потока событий, при неограниченном увеличении количества потоков в суперпозиции.

Интенсивность (I) потока является математическим ожиданием количества событий потока [27] за единицу времени. Если возникает суперпозиция (суммирование) нескольких (n) потоков с интенсивностями I_i , то интенсивность (I) суммарного потока находится как математическое ожидание суммы n случайных величин, которая, как известно [28, с. 166],

$$I = \sum_{i=1}^n I_i$$

равняется сумме их математических ожиданий (). Процесс работы авторемонтной организации характеризуется также таким параметром как продолжительность (t_{omp}) отработки (обслуживания) каждого требования потока событий. Поэтому, кроме свойств потока заявок, важными для



рассмотрения являются свойства распределения длительности времени обслуживания заявок. Величина t_{omp} , как правило, является случайной со средним временем обслуживания, равным математическому ожиданию ($t_{обс} = M[t_{отр}]$). Для процесса функционирования постов ТО и ТР авторемонтной организации характерной является зависимость дальнейшего развития рассматриваемого процесса от его текущего состояния вне зависимости от предыстории перехода в данное текущее состояние. То есть, если в авторемонтной организации в текущий момент времени заняты ровно k из функционирующих n постов ТО и ТР ($k < n$), то для обслуживания следующей заявки необходимо занять еще один $(k+1)$ -й пост ТО и ТР, независимо от того, как и по каким причинам в текущий момент времени k постов ТО и ТР оказались занятыми. Рассмотренные свойства процесса функционирования постов ТО и ТР авторемонтной организации характеризуются понятием “отсутствия последствия” [28] и позволяют использовать показательный закон распределения плотности вероятностей $f_2(t)$ случайных значений времени (t_{omp}) отработки каждой задачи (требования, заявки на ТО и ТР):

$$f_2(t) = \mu \cdot e^{-\mu \cdot t}, \quad t > 0, \quad (7)$$

где $\mu = t_{обс}^{-1}$ – “продуктивность” канала обслуживания.

1.4.2. Выбор математического аппарата для моделирования процессов функционирования ремонтного подразделения и авторемонтной организации.

В условиях показательного распределения [формулы (6, 7)] значений главных параметров процесса функционирования авторемонтной организации необходимо использовать математический аппарат марковских случайных процессов с непрерывным временем и дискретными состояниями. Наиболее соответствующим логике реального процесса является математический аппарат теории массового обслуживания, в котором используются следующие понятия [11; 29-31].

Обслуживание – это совокупность операций, выполняемых по запросу (или по необходимости) для удовлетворения одного или нескольких



требований (заявок). Процесс массового обслуживания заявок возникает в результате массового удовлетворения требований на обслуживание.

Структура используемой системы массового обслуживания (СМО) может в себя включать:

– несколько (n) обслуживающих приборов, каждый из которых может одновременно обслуживать только одно требование на протяжении, как правило, случайного времени с математическим ожиданием $t_{обс}$, что позволяет найти продуктивность прибора обслуживания $\mu = 1/t_{обс}$. В нашем случае таким прибором (каналом обслуживания) является пост ТО и ТР;

– входной поток требований на обслуживание, что имеет некоторую интенсивность $I = N_{ТР} \cdot T_{набл}^{-1}$ (среднюю частоту появления $N_{ТР}$ требований за рассматриваемый промежуток времени $T_{набл}$);

– выходящий поток (обслуженных и необслуженных) требований (заявок).

Задачей теории массового обслуживания является прогноз эффективности и расчет значений параметров системы массового обслуживания (СМО), необходимых для успешной работы, а также определение мероприятий, позволяющих повысить эффективность работы системы.

Показателями эффективности работы СМО могут быть [11; 29-31]:

$P_{обс}$ – вероятность обслуживания очередного (любого) требования;

$P_{отк}$ – вероятность отказа в обслуживании. Отметим, что эти события (отказ либо обслуживание) составляют полную группу ($P_{обс} + P_{отк} = 1$);

q – относительная пропускная способность: математическое ожидание доли обслуживаемых требований из состава поступивших в систему, обычно $q = P_{обс}$;

A – абсолютная пропускная способность: математическое ожидание количества требований (среднее число требований), обслуживаемых в единицу времени ($A = I \cdot q$);

$M_{зк}$ – среднее число каналов, занятых обслуживанием ($M_{зк} = A/\mu$);

Q – средний доход, приносимый системой МО в единицу времени;

w – среднее число требований, находящихся под обслуживанием, обычно ($w = M_{зк}$);

r – средняя длина очереди требований на обслуживание;



$t_{сисм}$ – среднее время пребывания требования в системе обслуживания;

$t_{оч}$ – среднее время ожидания обслуживания;

U – среднее число требований в системе ($U = w + r$).

При моделировании работы ремонтного подразделения и авторемонтной организации внимание будет сосредоточено на пуассоновских потоках M и M_L для систем массового обслуживания с ожиданием (а именно с ограниченным числом мест для ожидания в очереди). Необходимость в рассмотрении СМО с M и M_L потоками связана с тем, что для исследуемых авторемонтных организаций, ремонтного подразделения могут быть характерными две разновидности потоков. Если при поступлении заявки в СМО с ограниченной очередью все n каналов системы оказываются заняты, то заявка встает в очередь, занимая одно из m мест для ожидания. При занятости всех m мест для ожидания заявка (требование) получает отказ и оставляет систему необслуженной.

1.5. Модель процесса функционирования ремонтного подразделения и авторемонтной организации

С целью определения показателей эффективности, характеризующих процесс функционирования ремонтного подразделения и авторемонтной организации, рекомендуется использовать математический аппарат многоканальной системы массового обслуживания (СМО) ($M_L/M/n/m$) с m мест для ожидания и неординарным входным потоком требований. Для облегчения изложения материала рассмотрим вначале процесс функционирования ремонтного подразделения и авторемонтной организации в классе систем $M/M/n/m$ с ожиданием и ординарным входным потоком требований [11].

1.5.1. Модель процесса функционирования ремонтного подразделения и авторемонтной организации с учетом поступления групп требований.

Процесс работы системы массового обслуживания (ремонтного подразделения, авторемонтной организации) может быть связан с поступлением групп требований с заранее неизвестным составом в случайные моменты времени (неординарным потоком). Каждая группа может содержать



ровно i требований, нуждающихся в индивидуальном обслуживании, а именно в предоставлении каждому требованию индивидуального канала обслуживания (поста ТО и ТР), занятого обслуживанием этого требования в среднем $1/\mu$ времени.

Для формализации такого процесса обслуживания назовем группу в составе i требований, поступивших в систему обслуживания в один момент времени (одновременно) – заявкой на обслуживание. Как правило, всегда существует объективная оценка максимально возможного количества (L) требований в одной заявке ($i \leq L$). Заранее угадать количество требований в очередной заявке, как правило, не удастся и величину i приходится считать случайной. Однако наблюдения за потоком заявок позволяют оценить часть (a_i) заявок, которые включают ровно i требований в составе общего потока заявок в системе обслуживания. Величина (a_i) в таком случае может служить оценкой вероятности того, что очередная заявка в своем составе будет иметь ровно i требований. Тогда оценка математического ожидания ($M_{mp.з}$) числа требований

$$M_{mp.з} = \sum_{i=1}^L i \cdot a_i$$

в составе одной заявки определится выражением

Для ординарного потока интенсивность I определяет среднее количество требований, которые поступают в систему за единицу времени и одновременно – частоту их поступления. Для неординарного потока с той же интенсивностью I частота поступления групп требований (заявок) будет меньше, что определяет необходимость еще одной характеристики.

Параметром (λ) входного потока заявок назовем среднее количество заявок (групп требований), которые поступают в систему в единицу времени (“частота” поступления заявок). Очевидно, что ($\lambda \leq I$). Парциальным потоком заявок с параметром λ_i назовем часть общего входного потока, включающего в себя поток требований с количеством ровно i требований в одной заявке.

На практике оценка значений отмеченных характеристик входного потока может быть выполнена в результате наблюдения за потоком и фиксации общего числа (N_{mp}) требований, поступающих в систему обслуживания за время наблюдения ($T_{набл}$), а также в результате наблюдения и фиксации числа заявок (N_i) в составе ровно i требований. Требуемые оценки можно выполнить по формулам:



$$I = \frac{N_{Tp}}{T_{набл}}; \quad N_3 = \sum_{i=1}^L N_i; \quad a_i = \frac{N_i}{N_3}; \quad \lambda = \frac{N_3}{T_{набл}}; \quad \lambda_i = \lambda \cdot a_i$$

Между отмеченными характеристиками неординарного входного потока заявок (групп требований) возникают следующие взаимосвязи:

$$M_{Tp.з} = \sum_{i=1}^L i \cdot a_i; \quad \lambda = \frac{I}{M_{Tp.з}}; \quad \lambda_i = \lambda \cdot a_i; \quad i = 1, 2, \dots, L$$

В данной системе есть n однотипных приборов (каналов), обслуживающих поток групп требований с параметром потока («частотой» появления групп) λ . Для обслуживания каждого требования, поступившего в составе группы, назначается один свободный прибор (канал) обслуживания. Общий входной поток включает L парциальных потоков заявок с параметрами ($\lambda_1 = \lambda a_1$, $\lambda_2 = \lambda a_2, \dots, \lambda_L = \lambda a_L$). Для определенности будем считать, что $L \geq (n + m)$. При этом для реального потока с другим составом заявок достаточно положить равными нулю вероятности ($a_i = 0$) появления заявок в составе ровно i требований, если такие заявки в потоке отсутствуют. Требование из состава групповой заявки, что не нашло свободного канала, становится в очередь и ждет обслуживания некоторое случайное время со средним значением $t_{оч}$. Если все m мест в очереди уже заняты, то требование в момент поступления сразу получает отказ и покидает систему необслуженным. В соответствии с технологией моделирования обозначим символами S_k ($0 \leq k \leq n$) и $S_{n+\gamma}$ ($1 \leq \gamma \leq m$) каждое состояние, в котором в системе находится ровно k и $(n+\gamma)$ требований.

Проведем описание процесса обслуживания к моменту достижения состояния S_n , в котором заняты все каналы обслуживания. Задача состоит в определении аналитических выражений для финальных вероятностей P_k ($0 \leq k \leq n$) состояний S_k . Для отыскания финальных вероятностей P_k предусмотрим возможность будущей проверки корректности полученных выражений, например, путем сравнения с формулами Эрланга:

$$P_k = \frac{\rho^k}{k!} P_0, \quad k = 1, \dots, n; \quad \rho = \frac{\lambda_1}{\mu} \quad (8)$$

С этой целью будем искать выражения для финальных вероятностей P_k в форме, близкой к формулам Эрланга, например, в виде:



$$P_k = \frac{\rho_0^k}{k!} P_0 f_k, \quad 0 \leq k \leq n \quad (9)$$

В этом случае все особенности неординарной структуры входного потока заявок должны быть сосредоточенными в выражениях для функций (f_k) , которые назовем функциями неординарности.

При вырождении входного потока в ординарный (в простейший) все функции неординарности должны оказаться равными единице и найденные формулы для финальных вероятностей автоматически должны преобразовываться в формулы Эрланга (8).

Введем обозначения для безразмерных коэффициентов $(\rho_i, 0 \leq i < L)$ загрузки системы частью входного потока заявок:

$$\rho_i = \begin{cases} \frac{1}{\mu} \sum_{j=1+i}^L \lambda_j, & \text{при } 0 \leq i < L; \\ 0, & \text{при } i \geq L. \end{cases} \quad (10)$$

Воспользуемся правилом баланса потоков переходов и составим уравнение баланса, получим:

$$\left. \begin{aligned} 1\mu P_1 &= \left(\sum_{i=1}^L \lambda_i \right) P_0; \\ 2\mu P_2 &= \left(\sum_{i=1}^L \lambda_i \right) P_1 + \left(\sum_{i=2}^L \lambda_i \right) P_0; \\ &\dots \\ k\mu P_k &= \left(\sum_{i=1}^L \lambda_i \right) P_{k-1} + \left(\sum_{i=2}^L \lambda_i \right) P_{k-2} + \left(\sum_{i=3}^L \lambda_i \right) P_{k-3} + \dots + \left(\sum_{i=k}^L \lambda_i \right) P_0. \end{aligned} \right\}$$

Последовательность уравнений позволяет установить закономерность их формирования: в правой части количество слагаемых совпадает с индексом k финальной вероятности, расположенной в левой части равенства. Индекс финальной вероятности в каждом слагаемом в правой части равенства уменьшается относительно индекса k на величину (α) номера слагаемого (в первом слагаемом – на $\alpha = 1$, во втором – на $\alpha = 2$ и т. д.). Эта же величина α есть нижней границей суммы параметров парциальных потоков групп требований $(\sum \lambda_i)$ для каждой из упомянутых вероятностей. Поэтому дальше будем оперировать уравнением для общего случая k -го контура на графе



модели (см. последнее уравнение для вероятности P_k). Разделим левую и правую части k -го уравнения на величину производительности μ , получим:

$$kP_k = \frac{1}{\mu} \left(\sum_{i=1}^L \lambda_i \right) P_{k-1} + \frac{1}{\mu} \left(\sum_{i=2}^L \lambda_i \right) P_{k-2} + \frac{1}{\mu} \left(\sum_{i=3}^L \lambda_i \right) P_{k-3} + \dots + \frac{1}{\mu} \left(\sum_{i=k}^L \lambda_i \right) P_0.$$

Затем воспользуемся безразмерными коэффициентами (ρ_i , $0 \leq i < L$) загрузки системы частью входного потока заявок и найдем уравнение для общего случая:

$$kP_k = \rho_0 P_{k-1} + \rho_1 P_{k-2} + \rho_2 P_{k-3} + \dots + \rho_{k-1} P_0. \quad (11)$$

Подставим формулы (9) для финальных вероятностей P_k в уравнение (11). Третье слагаемое в правой части использовалось для иллюстрации закономерности изменения слагаемых, далее в целях сжатости записи третье слагаемое в правой части опустим, получим:

$$k \frac{\rho_0^k}{k!} P_0 \cdot f_k = \rho_0 \frac{\rho_0^{k-1}}{(k-1)!} P_0 f_{k-1} + \rho_1 \frac{\rho_0^{k-2}}{(k-2)!} P_0 f_{k-2} + \dots + \rho_{k-1} \cdot (1) \cdot P_0 f_0.$$

Затем разделим обе части равенства на множитель, стоящий в левой части равенства перед функцией неординарности (f_k). Для наглядности учтем отброшенное третье слагаемое в правой части равенства, получим:

$$f_k = f_{k-1} + f_{k-2} \frac{\rho_1}{\rho_0^2} (k-1) + f_{k-3} \frac{\rho_2}{\rho_0^3} (k-1)(k-2) + \dots + f_0 \frac{\rho_{k-1}}{\rho_0^k} (k-1) \dots (1).$$

В последнем слагаемом перемножается последовательность из $(k-1)$ чисел, каждое из которых меньше предыдущего на единицу, последнее число оказывается равным единице. Найденное выражение является рекуррентным, удобным для быстрых численных расчетов и может быть представлено более компактно:

$$f_k = f_{k-1} + \sum_{i=2}^k \left[f_{k-i} \frac{\rho_{i-1}}{\rho_0^i} \prod_{j=1}^{i-1} (k-j) \right], \quad k = 2, \dots, n. \quad (12)$$

Явные аналитические выражения функций неординарности из формулы (12) получить можно, но их запись может оказаться напрасной по причине громоздкости.

Для определения значения самой первой функции неординарности (f_0) подставим в формулу (9) значения $k=0$, получим:



$$P_0 = P_0 \cdot f_0,$$

отсюда вытекает равенство $f_0 = 1$. Значения функции неординарности (f_1) найдем из формулы (12) при значении $k = 1$, получим:

$$f_1 = f_{1-1} + \sum_{i=2}^1 \left[f_{1-i} \cdot \frac{\rho_{i-1}}{\rho_0^i} \prod_{j=1}^{i-1} (1-j) \right] = f_0 + [0] = f_0.$$

Таким образом, две первые функции неординарности оказались равными единице ($f_1 = f_0 = 1$), что позволяет определить аналитические выражения для всех искомым финальных вероятностей и позволяет считать поставленную задачу решенной.

В результате проведенных исследований были выведены выражения финальных вероятностей первых n состояний рассматриваемой модели $M_I/M/n/m$, а также формулы для определения функций неординарности:

$$P_k = \frac{\rho_0^k}{k!} \cdot P_0 \cdot f_k, \quad k = 1, \dots, n; \quad f_0 = f_1 = 1. \quad (13)$$

$$f_k = f_{k-1} + \sum_{i=2}^k \left[f_{k-i} \cdot \frac{\rho_{i-1}}{\rho_0^i} \cdot \prod_{j=1}^{i-1} (k-j) \right], \quad k = 2, \dots, n. \quad (14)$$

Перейдем к получению финальных вероятностей для состояний $S_{n+\gamma}$ системы. Напомним, что финальные вероятности $P_{n+\gamma}$ состояний $S_{n+\gamma}$ ($\gamma > 0$) для системы обслуживания с простейшим потоком и ожиданием имели вид:

$$P_{n+\gamma} = \frac{\rho^n}{n!} \left(\frac{\rho}{n} \right)^\gamma P_0, \quad \gamma = 1, 2, \dots, m. \quad (15)$$

В случае неординарного входного потока требований финальные вероятности $P_{n+\gamma}$ состояний $S_{n+\gamma}$ ($\gamma > 0$) будем искать с учетом уже известной формулы (15), умноженной на функцию неординарности $f_{n+\gamma}$:

$$P_{n+\gamma} = \frac{\rho_0^n}{n!} \left(\frac{\rho_0}{n} \right)^\gamma \cdot P_0 \cdot f_{n+\gamma}, \quad \gamma = \overline{1, m}; \quad \rho_0 = \frac{1}{\mu} \sum_{j=i+1}^L \lambda_j. \quad (16)$$

При этом сохраним обозначение для коэффициента (ρ_i , $0 \leq i < L$) загрузки системы частью потока.

Следует найти расчетные выражения для функций неординарности $f_{n+\gamma}$. С



этой целью для групп состояний $S_{n+\gamma}$ сформируем три замкнутых контура. Составим для сформированных контуров уравнения баланса потоков:

$$\begin{aligned} n\mu P_{n+1} &= \left(\sum_{i=1}^L \lambda_i \right) P_n + \left(\sum_{i=2}^L \lambda_i \right) P_{n-1} + \left(\sum_{i=3}^L \lambda_i \right) P_{n-2} + \dots + \left(\sum_{i=n+1}^L \lambda_i \right) P_0; \\ n\mu P_{n+2} &= \left(\sum_{i=1}^L \lambda_i \right) P_{n+1} + \left(\sum_{i=2}^L \lambda_i \right) P_n + \left(\sum_{i=3}^L \lambda_i \right) P_{n-1} + \dots + \left(\sum_{i=n+2}^L \lambda_i \right) P_0. \end{aligned}$$

Наиболее четко логику формирования уравнений можно установить на примере контура с номером γ , для которого запишем уравнение баланса потоков переходов с учетом деталей его формирования:

$$\begin{aligned} n\mu P_{n+\gamma} &= \left(\sum_{i=1}^L \lambda_i \right) P_{(n+\gamma)-1} + \left(\sum_{i=2}^L \lambda_i \right) P_{(n+\gamma)-2} + \dots + \left(\sum_{i=\gamma-1}^L \lambda_i \right) P_{(n+1)} + \\ &+ \left(\sum_{i=\gamma}^L \lambda_i \right) P_{(n+\gamma)-(\gamma-0)} + \left(\sum_{i=\gamma+1}^L \lambda_i \right) P_{(n+\gamma)-(\gamma+1)} + \dots + \left(\sum_{i=n+\gamma}^L \lambda_i \right) P_{(n+\gamma)-(n+\gamma)}. \end{aligned}$$

Отметим, что во второй строчке уравнения участвуют лишь уже известные вероятности состояний, для которых очередь отсутствует. Закономерности формирования таких уравнений выглядят следующим образом. В правой части уравнения баланса потоков переходов количество $(n+\gamma)$ слагаемых совпадает со значением индекса вероятности в левой части уравнения, что легко проследить по значениям нижней границы суммирования $(\sum \lambda_u)$ параметров парциальных потоков.

Индекс вероятности в каждом дальнейшем слагаемом в правой части уравнения **уменьшается на единицу** по сравнению с индексом вероятности в предыдущем слагаемом.

Нижняя граница (начальное значение) индекса **суммирования** параметров парциальных потоков в каждом слагаемом в правой части уравнения совпадает с числом, на которое уменьшается индекс вероятности, стоящий при этой сумме параметров. В последнем уравнении разделим левую и правую части уравнения на производительность канала обслуживания (μ) . В правой части уравнения, учитывая полученные выражения коэффициента загрузки (2.21) системы частью потока, получим:



$$nP_{n+\gamma} = \rho_0 P_{(n+\gamma)-1} + \rho_1 P_{(n+\gamma)-2} + \dots + \rho_{\gamma-2} P_{(n+\gamma)-(\gamma-1)} + \\ + \rho_{\gamma-1} P_{(n+\gamma)-(\gamma-0)} + \rho_{\gamma} P_{(n+\gamma)-(\gamma+1)} + \dots + \rho_{n+\gamma-1} P_{(n+\gamma)-(n+\gamma)}.$$

Окончательно уравнения баланса потоков переходов для третьего контура на графе модели примет вид:

$$nP_{n+\gamma} = \sum_{j=0}^{\gamma-2} \rho_j P_{(n+\gamma)-1-j} + \sum_{k=0}^n \rho_{(\gamma-1)+k} P_{n-k}, \quad 0 < \gamma \leq m, \quad (17)$$

где второе слагаемое в правой части уравнения объединяет уже известные вероятности состояний, для которых очередь отсутствует. Подставим формулу для финальных вероятностей в левую часть равенства (17) и в первое слагаемое правой части. Во второе слагаемое правой части подставим формулу финальных вероятностей, получим:

$$n \frac{\rho_0^n}{n!} \left(\frac{\rho_0}{n} \right)^\gamma \cdot P_0 \cdot f_{n+\gamma} = \sum_{j=0}^{\gamma-2} \rho_j \frac{\rho_0^n}{n!} \left(\frac{\rho_0}{n} \right)^{\gamma-1-j} \cdot P_0 \cdot f_{(n+\gamma)-1-j} + \\ + \sum_{k=0}^n \rho_{(\gamma-1)+k} \frac{\rho_0^{n-k}}{(n-k)!} \cdot P_0 \cdot f_{n-k}; \quad 0 < \gamma \leq m.$$

В левой части равенства в числителе сомножитель n совпадает со

значением знаменателя сомножителя $\left(\frac{\rho_0}{n} \right)^\gamma$ – эти элементы можно сократить.

Одновременно сократим во всех слагаемых вероятность P_0 , получим:

$$\frac{\rho_0^n}{n!} \cdot \frac{\rho_0^\gamma}{n^{\gamma-1}} \cdot f_{n+\gamma} = \sum_{j=0}^{\gamma-2} f_{(n+\gamma)-1-j} \cdot \rho_j \cdot \frac{\rho_0^n}{n!} \cdot \left(\frac{\rho_0}{n} \right)^{\gamma-1-j} + \\ + \sum_{k=0}^n f_{n-k} \cdot \rho_{(\gamma-1)+k} \cdot \frac{\rho_0^{n-k}}{(n-k)!}, \quad 0 < \gamma \leq m.$$

Для определения функции неординарности $f_{n+\gamma}$ разделим левую и правую части равенства на множитель, стоящий в левой части при функции $f_{n+\gamma}$, найдем:



$$f_{n+\gamma} = \sum_{j=0}^{\gamma-2} f_{(n+\gamma)-1-j} \cdot \rho_j \cdot \frac{\rho_0^n}{n!} \cdot \left(\frac{\rho_0}{n}\right)^{\gamma-1-j} \cdot \left(\frac{n!}{\rho_0^n} \cdot \frac{n^{\gamma-1}}{\rho_0^\gamma}\right) + \\ + \sum_{k=0}^n f_{n-k} \cdot \rho_{(\gamma-1)+k} \cdot \frac{\rho_0^{n-k}}{(n-k)!} \cdot \left(\frac{n!}{\rho_0^n} \cdot \frac{n^{\gamma-1}}{\rho_0^\gamma}\right), \quad 0 < \gamma \leq m.$$

Далее сократим подобные сомножители и найдем окончательное выражение для функции неординарности $f_{n+\gamma}$:

$$f_{n+\gamma} = f_{(n+\gamma)-1} + \sum_{j=1}^{\gamma-2} \left[f_{(n+\gamma)-1-j} \cdot \frac{\rho_j}{\rho_0^{j+1}} \cdot n^j \right] + \\ + \frac{n!}{\rho_0^\gamma} \cdot n^{\gamma-1} \cdot \sum_{k=0}^n \left[f_{n-k} \cdot \frac{\rho_{(\gamma-1)+k}}{\rho_0^k \cdot (n-k)!} \right], \quad 0 < \gamma \leq m. \quad (18)$$

Напомним, что сумма членов равна нулю, если конечное значение индекса суммы меньше начального значения, поскольку такая сумма содержит ровно ноль слагаемых. Аналогичное произведение равно единице. Отметим, что в правой части формулы (18) второе слагаемое относится к первым n состояниям системы массового обслуживания, в которых очереди нет. При $\gamma=1$ в правой части формулы (18) первая сумма равна нулю, а во втором слагаемом результатом умножения есть единица. При $\gamma=2$ в правой части формулы (18) в первой сумме остается одно слагаемое (для $j=0$), результат произведения в этом слагаемом равен единице, получим:

$$f_{n+1} = f_n + \frac{n!}{\rho_0^1} \cdot (1) \cdot \sum_{k=0}^n \left[f_{n-k} \cdot \frac{\rho_k}{\rho_0^k \cdot (n-k)!} \right], \quad \gamma = 1; \\ f_{n+2} = f_{n+1} + \frac{n!}{\rho_0^2} \cdot n \cdot \sum_{k=0}^n \left[f_{n-k} \cdot \frac{\rho_{k+1}}{\rho_0^k \cdot (n-k)!} \right], \quad \gamma = 2.$$

Для отыскания вероятности P_0 нулевого состояния воспользуемся условием нормировки вероятностей, подставив туда ранее рассмотренные формулы:

$$\sum_{k=0}^{n+m} P_k = 1; \rightarrow \sum_{k=0}^n \frac{\rho_0^k}{k!} \cdot P_0 \cdot f_k + \sum_{\gamma=1}^m \frac{\rho_0^n}{n!} \left(\frac{\rho_0}{n}\right)^\gamma \cdot P_0 \cdot f_{n+\gamma} = 1,$$

вынесем общий множитель P_0 за скобки и найдем его значение:



$$P_0 = \left(\sum_{k=0}^n \frac{\rho_0^k}{k!} f_k + \frac{\rho_0^n}{n!} \cdot \sum_{\gamma=1}^m \left(\frac{\rho_0}{n} \right)^\gamma f_{n+\gamma} \right)^{-1}. \quad (19)$$

Отметим, что в данном случае «состояниями, которые генерируют отказы» являются все последние $(L-1)$ состояния системы массового обслуживания, поскольку появление заявки в составе L требований для этих состояний приведет к обязательному отказу в обслуживании какой-то части требований в этой заявке. Поэтому вероятность обслуживания следует искать с применением выражения для математического ожидания числа занятых каналов обслуживания (M_{3K}) и абсолютной пропускной способности (A) системы. Для этого выразим сумму вероятностей состояний $S_{n+\gamma}$ с использованием условия нормировки вероятностей:

$$\sum_{k=0}^{n+\gamma} P_k = \sum_{k=0}^n P_k + \sum_{\gamma=1}^m P_{n+\gamma} = 1; \quad \rightarrow \quad \sum_{\gamma=1}^m P_{n+\gamma} = 1 - \sum_{k=0}^n P_k. \quad (20)$$

Математическое ожидание (M_{3K}) количества каналов, занятых обслуживанием, найдем с учетом формулы (20):

$$M_{3K} = \sum_{k=0}^{n+\gamma} k P_k = \sum_{k=0}^n k P_k + n \sum_{\gamma=1}^m P_{n+\gamma} = \sum_{k=0}^n k P_k + n \left(1 - \sum_{k=0}^n P_k \right).$$

Отсюда, раскрывая скобки, окончательно находим:

$$M_{3K} = n - \sum_{k=0}^n (n-k) P_k. \quad (21)$$

Абсолютную пропускную возможность (A) системы массового обслуживания найдем с учетом того, что каждый из M_{3K} занятых каналов обслуживает в среднем μ требований в единицу времени:

$$A = M_{3K} \cdot \mu = \mu \cdot \left(n - \sum_{k=0}^n (n-k) P_k \right). \quad (22)$$

Вероятность обслуживания (и относительную пропускную возможность q) найдем как отношение среднего количества обслуженных требований к среднему количеству требований, поступивших в систему за единицу времени:



$$P_{обс} = q = \frac{A}{I} = \frac{1}{\rho} \left(n - \sum_{k=0}^n (n-k) P_k \right). \quad (23)$$

Вероятность отказа найдем как вероятность противоположного события:

$$P_{отк} = 1 - P_{обс}. \quad (24)$$

Среднюю длину очереди (r) найдем как математическое ожидание случайной величины γ – количества требований в очереди:

$$r = \sum_{\gamma=1}^m \gamma \cdot P_{n+\gamma} = \frac{\rho_0^n}{n!} \cdot P_0 \cdot \sum_{\gamma=1}^m \gamma \left(\frac{\rho_0}{n} \right)^\gamma f_{n+\gamma}. \quad (25)$$

Среднее количество требований в системе (U) найдем как сумму среднего количества требований, находящиеся в обслуживании ($w = M_{зк}$), и среднего количества требований, стоящих в очереди (r):

$$U = M_{зк} + r. \quad (26)$$

Среднее время ожидания в очереди не удовлетворяет формуле Литтла и может быть вычислено непосредственным суммированием:

$$t_{оч} = \sum_{k=0}^{m-1} P_{n+k} \frac{k+1}{n\mu}. \quad (27)$$

Среднее время обслуживания требования найдем как математическое ожидание ($t_{обс}$) случайной величины времени (t_o) обслуживания. При отказе в обслуживании – $t_o = 0$, при выполнении обслуживания – $M[t_o] = 1/\mu$. Тогда математическое ожидание $t_{обс}$ примет вид:

$$t_{обс} = 0 \cdot P_{отк} + \frac{1}{\mu} \cdot P_{обс} = \frac{1}{\mu} \cdot P_{обс} = \frac{q}{\mu}. \quad (28)$$

Общее время (T_o) нахождения требования в системе обслуживания окажется равным:

$$T_o = t_{оч} + t_{обс} = t_{оч} + \frac{q}{\mu}. \quad (29)$$



1.6. Модель принятия решения по распределению мероприятий технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств между ремонтным подразделением пограничного отряда и авторемонтными организациями

По результатам проведенного в первом разделе анализа задачу распределения мероприятий ТО и Р автотранспортных средств между ремонтным подразделением пограничного отряда и авторемонтными организациями можно сформулировать следующим образом.

В каждом k -м подразделении ($k = 1 \dots n_{подр}$) пограничного отряда имеется $(n_1^k, n_2^k \dots n_m^k)$ единиц автотранспортных средств m марок, что можно

представить вектором $\vec{N}_Q = (n_1^1, \dots, n_m^1, \dots, n_1^{n_{подр}}, \dots, n_m^{n_{подр}}) = (n_1^1, \dots, n_Q^{n_{подр}})$,

где $Q = n_{подр} \cdot m$, годовой объем (b_j^k) мероприятий по ТО и ТР, который необходимо предварительно оценить и затем рационально распределить между Z авторемонтными организациями $(A_1, A_2, \dots, A_Z)$, в состав которых может входить и ремонтное подразделение пограничного отряда. Расстояние от каждого подразделения до каждой авторемонтной организации, а также время, стоимость перевозки в каждую ремонтную организацию, средняя продолжительность проведения и стоимость каждого типа ТО и ТР автотранспортных средств известны. Моменты фактического появления требований на ТО и ТР каждого автотранспортного средства заранее неизвестны (случайны). Фактическая длительность ТО и ТР также заранее неизвестна (случайна), так как зависит от будущего фактического состояния обслуживаемого образца автотехники, и имеет среднее значение для каждой авторемонтной организации. Однако вероятность выполнения ТО и ТР должна быть не менее допустимой $P_{доп}$.

Предполагается, что отобранные авторемонтные организации обеспечивают выполнение работ по ТО и ТР с требуемым качеством.

После выполнения оценок необходимых годовых объемов мероприятий по ТО и ТР для каждого пограничного подразделения по всем маркам

его автотехники итоговый вектор $\vec{B}_Q$ потребностей в ТО и ТР оказывается



равным $\vec{B}_Q = (b_1^1, \dots, b_m^1, \dots, b_1^{n_{подр}}, \dots, b_m^{n_{подр}}) = (b_1^1, \dots, b_Q^{n_{подр}})$, где $Q = n_{подр} \cdot m$.

Авторемонтные организации $A_1, A_2, \dots, A_Z$ – претенденты на получение заказа по обслуживанию автотехники, в том числе и ремонтное подразделение, имеют соответствующие годовые производственные возможности

$\vec{A}_Z = (a_1^1, \dots, a_m^1, \dots, a_1^Z, \dots, a_m^Z)$, определяющие количество проводимых за год обслуживаний (ТО и ТР) каждого типа автотехники (а/т). При этом суммарные производственные возможности i -й авторемонтной организации (АРО) являются ограниченными:

$$\sum_{q=1}^m a_q^i \leq a_i, \quad i = 1, 2, \dots, Z \quad (30)$$

и могут быть представлены вектором производственных возможностей

$\vec{A}_Z = (a_1, a_2, \dots, a_Z)$, что условно показано в последней колонке табл. 1.

Поскольку обслуживание пограничного автотранспортного средства должно соответствовать оперативно-технической компоненте процесса

обслуживания, то компоненты вектора $\vec{A}_Z$ должны определяться в соответствии с допустимой вероятностью $P_{доп}$ проведения работ по ТО и ТР автотехники пограничного отряда, для определенности и в качестве примера возьмем $P_{доп} = 0,9$.

Назначение количества x_{ij}^k автотехники j -й марки в i -ю авторемонтную организацию из k -го подразделения для проведения работ по ТО и ТР приводит к необходимости оплаты этих работ в количестве c_{ij} денежных единиц за доставку и обслуживание каждой единицы техники и к появлению относительной величины K_{ij} простоя (коэффициента простоя) этой единицы техники (см. табл. 1).

Указанные стоимости представлены матрицей $C_{ZQ} = [c_{ij}]$, коэффициенты простоя – матрицей $K_{pZQ} = [K_{ij}]$ и условно показаны в табл. 1. Искомый план ТО и ТР автотехники пограничного отряда представляет собой матрицу $X_{ZQ} = [x_{ij}^k]$ (см. табл. 2) с количеством Z строк, равным количеству АРО, и



Таблица 1– Матрица исходных данных для распределения обслуживаний автотехники подразделений пограничного отряда

Авторемонтные организации	Номера (B_k) подразделений пограничного отряда									Производ- ственные возможности АРО, a_i
	B_1 , марки j а/т			...			B_n подр., марки j а/т			
	$j=1$	...	$j=m$		...		$j=1$	...	$j=m$	
	1	...	m		...			...	Q	
A_1	c_{11}	...	c_{1m}		...			...	c_{1Q}	a_1
	K_{11}	...	K_{1m}		...			...	K_{1Q}	
A_2	c_{21}	...	c_{2m}		...			...	c_{2Q}	a_2
	K_{21}	...	K_{2m}		...			...	K_{2Q}	
...		...			...			...		...
		...			...			...		
A_z	c_{z1}	...	c_{zm}		...			...	c_{zQ}	a_z
	K_{z1}	...	K_{zm}		...			...	K_{zQ}	
Количество а/т	n_1^1	...	n_1^m		...			...	n_1^Q	$\sum_{i=1}^Z a_i = \sum_{j=1}^Q b_j$
Потребности а/т в ТО и ТР, b_j^k	b_1^1	...	b_m^1		...			...	$b_Q^{n_{\text{подр}}}$	

Таблица 2– Матрица X_{zQ} плана распределения обслуживаний автотехники пограничного отряда

Авторемонтные организации	Номера (B_k) подразделений пограничного отряда									Производ- ственные возможности АРО, a_i
	B_1 , марки j а/т			...			B_n подр, марки j а/т			
	$j=1$	...	$j=m$		...		$j=1$	...	$j=m$	
	1	...	m		...			...	Q	
A_1	c_{11}	...	c_{1m}		...			...	c_{1Q}	a_1
	K_{11}	...	K_{1m}		...			...	K_{1Q}	
	x_{11}^1	...	x_{1m}^1		...			...	$x_{1Q}^{n_{\text{подр}}}$	
A_2	c_{21}	...	c_{2m}		...			...	c_{2Q}	a_2
	K_{21}	...	K_{2m}		...			...	K_{2Q}	
	x_{21}^1	...	x_{2m}^1		...			...	$x_{2Q}^{n_{\text{подр}}}$	
...		...			...			...		...
		...			...			...		
A_z	c_{z1}	...	c_{zm}		...			...	c_{zQ}	a_z
	K_{z1}	...	K_{zm}		...			...	K_{zQ}	
	x_{z1}^1	...	x_{zm}^1		...			...	$x_{zQ}^{n_{\text{подр}}}$	
Количество а/т	n_1^1	...	n_1^m		...			...	n_1^Q	
Потребности а/т в ТО и ТР, b_j^k	b_1^1	...	b_m^1		...			...	$b_Q^{n_{\text{подр}}}$	$\sum_{i=1}^Z a_i = \sum_{j=1}^Q b_j$

количеством столбцов, равным Q . Такой план должен быть допустимым по суммарной стоимости ТО и ТР ($C \leq C_{\text{доп}}$),



по величине коэффициентов простоя каждого образца и по суммарной величине простоя автотехники в целом, при этом из всех допустимых планов выбранный план должен иметь наименьшую стоимость (C) и наименьший суммарный коэффициент (K_{sum}) простоя.

Каждая компонента a_i вектора $\vec{A}_Z = (a_1, a_2, \dots, a_Z)$ производственных возможностей авторемонтных организаций представляет собой оценку математического ожидания числа заявок от подразделений пограничного отряда, которые могут быть обслужены i -й АРО за время планового периода $T_{набл}$ с вероятностью не ниже допустимой $P_{дон}$, в том числе с учетом возможности неординарного потока требований на выполнение работ ТО и ТР.

Необходимое значение величины a_i находится итерационно из аналитического описания моделей, полученных ранее, которые в данном случае и имеют вид:

$$a_i = (I_i - \delta_i) \cdot T_{набл}, \quad (31)$$

где δ_i – плановая интенсивность обслуживания заявок на ТО и ТР от сторонних организаций (для ремонтного подразделения пограничного отряда эта величина равна нулю);

I_i – расчетная интенсивность обслуживания заявок на ТО и ТР от подразделений пограничного отряда и от сторонних организаций.

Для обозначений $\mu_i = \mu$, $n_i = n$, $P_{k_i} = P_k$, $f_{k_i} = f_k$, $m_i = m$, $\rho_{0_i} = \rho_0$, другие расчетные выражения, представленные в порядке их использования, имеют вид:



$$\left. \begin{aligned}
 M_{Tp.3} &= \sum_{i=1}^L i \cdot a_i; \quad \lambda = \frac{I}{M_{Tp.3}}; \quad \lambda_i = \lambda \cdot a_i; \quad i=1, 2, \dots, L; \quad \rho = \frac{I}{\mu}; \\
 \rho_i &= \begin{cases} \frac{1}{\mu} \sum_{j=1+i}^L \lambda_j, & \text{при } 0 \leq i < L; \\ 0, & \text{при } i \geq L; \end{cases} \quad \rho_0 = \frac{1}{\mu} \sum_{j=1}^L \lambda_j; \quad f_0 = f_1 = 1; \\
 f_k &= f_{k-1} + \sum_{i=2}^k \left[f_{k-i} \frac{\rho_{i-1}}{\rho_0^i} \prod_{j=1}^{i-1} (k-j) \right], \quad k=2, \dots, n; \\
 f_{n+\gamma} &= f_{(n+\gamma)-1} + \sum_{j=1}^{\gamma-2} \left[f_{(n+\gamma)-1-j} \cdot \frac{\rho_j}{\rho_0^{j+1}} \cdot n^j \right] + \\
 &\quad + \frac{n!}{\rho_0^\gamma} \cdot n^{\gamma-1} \cdot \sum_{k=0}^n \left[f_{n-k} \cdot \frac{\rho_{(\gamma-1)+k}}{\rho_0^k \cdot (n-k)!} \right], \quad 0 < \gamma \leq m; \\
 P_0 &= \left(\sum_{k=0}^n \frac{\rho_0^k}{k!} f_k + \frac{\rho_0^n}{n!} \cdot \sum_{\gamma=1}^m \left(\frac{\rho_0}{n} \right)^\gamma f_{n+\gamma} \right)^{-1}; \\
 P_k &= \frac{\rho^k}{k!} P_0, \quad k=1, 2, \dots, n; \quad P_{n+\gamma} = \frac{\rho^n}{n!} \left(\frac{\rho}{n} \right)^\gamma P_0, \quad \gamma=1, 2, \dots, m; \\
 A &= \mu \cdot \left(n - \sum_{k=0}^n (n-k) P_k \right); \quad P_{обс} = \frac{A}{I}; \\
 \text{где } P_{обс} &\geq P_{доп}, \quad I_i = \frac{A}{P_{обс}}.
 \end{aligned} \right\} \quad (32)$$

В векторе $\vec{B}_Q$ каждая компонента b_j^k потребностей всех автотранспортных средств j -й марки k -го ($k=1 \dots n_{нодр}$) подразделения пограничного отряда определяется на основе индивидуальных данных каждого автотранспортного средства этой j -й марки, а именно по информации $y_{ТО}^k$ и $y_{ТР}^k$ – соответственно количества ТО и ТР, в которых на протяжении года нуждается u_j^k -е ($u_j^k = 1 \dots M_j^k$) автотранспортное средство j -й марки ($j=1 \dots m$)



k -го подразделения пограничного отряда ($k = 1 \dots n_{\text{подр}}$).

Каждая компонента b_j^k вектора $\vec{B_Q}$ определяется по формуле:

$$b_j^k = \sum_{u_j^k=1}^{M_j^k} (y_{TO}^{u_j^k} + y_{TP}^{u_j^k}), \quad j=1, 2, \dots, m, \quad k=1, 2, \dots, n_{\text{подр}} \quad (33)$$

где M_j^k – количество автотранспортных средств j -й марки ($j = 1 \dots m$) k -го подразделения ($k = 1 \dots n_{\text{подр}}$), функции обслуживания которых планируется рационально распределить между авторемонтными организациями, в том числе и ремонтным подразделением пограничного отряда.

Искомый план должен быть минимальным по суммарной стоимости обслуживания и коэффициенту простоя автотехники одновременно. Одинаковое желательное направление изменения рассмотренных показателей позволяет использовать произведение этих величин:

$$Kc_{ij} = K_{ij} \cdot C_{ij}, \quad (34)$$

совокупность которых может быть представлена $KC_{ZQ} = [Kc_{ij}]$ матрицей, в итоговой целевой функции Ck , которая для выбираемого плана должна иметь минимальное значение:

$$Ck = Kc_{11} \cdot x_{11}^1 + Kc_{12} \cdot x_{12}^2 + \dots + Kc_{ZQ} \cdot x_{ZQ}^Q = \sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^Q Kc_{ij} \cdot x_{ij}^k \rightarrow \min$$

Однако, несмотря на привлекательность найденного варианта целевой функции, план, полученный с ее помощью, может оказаться минимальным по стоимости за счет недостаточно малого значения по коэффициенту простоя и наоборот. Поэтому, с точки зрения практики, желательно также найти план ТО и ТР, минимальный по суммарной стоимости обслуживания:

$$C = C_{11} \cdot x_{11}^1 + C_{12} \cdot x_{12}^2 + \dots + C_{ZQ} \cdot x_{ZQ}^Q = \sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^Q c_{ij} \cdot x_{ij}^k \rightarrow \min,$$

и минимальный по коэффициенту простоя автотехники:

$$Ksum = K_{11} \cdot x_{11}^1 + K_{12} \cdot x_{12}^2 + \dots + K_{ZQ} \cdot x_{ZQ}^Q = \sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^Q K_{ij} \cdot x_{ij}^k \rightarrow \min$$

Затем окончательное решение можно принимать после сравнительной



оценки полученных планов. В приведенных выражениях целевых функций верхний индекс (k) искомым переменных равен номеру подразделения, непосредственно в решении задачи не участвует, но на практике позволяет легко идентифицировать элементы плана по принадлежности к конкретным подразделениям пограничного отряда.

В итоге можно сформулировать следующую постановку задачи модели принятия решения по распределению мероприятий технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств между ремонтным подразделением пограничного отряда и авторемонтными организациями.

Постановка задачи модели принятия решения. По информации вектора

$\vec{N}_Q = (n_1^1, \dots, n_Q^{n_{\text{подр}}})$ состава автотранспортной техники в подразделениях пограничного отряда и по статистическим данным

ее эксплуатации найти вектор $\vec{B}_Q = (b_1^1, \dots, b_Q^{n_{\text{подр}}})$ потребностей автотранспортной техники подразделений в ТО и ТР. По информации параметров авторемонтных организаций и с использованием формульной схемы, найти вектор $\vec{A}_Z = (a_1, a_2, \dots, a_Z)$ производственных возможностей авторемонтных организаций с учетом выполнения условия надежности $P_{\text{обс}} \geq P_{\text{доп}}$ обслуживания.

Для заданных матриц коэффициентов простоя $Kp_{ZQ} = [K_{ij}]$ стоимости $C_{ZQ} = [c_{ij}]$ (см. табл. 1) и матрицы произведения их элементов $KC_{ZQ} = [Kc_{ij}]$, характеризующих последствия назначения каждого автотранспортного средства каждого подразделения для выполнения ТО и ТР в каждой авторемонтной организации, а также для найденных векторов производственных возможностей авторемонтных организаций $\vec{A}_Z = (a_1, a_2, \dots, a_Z)$ и потребностей автотранспортной техники подразделений пограничного отряда в ТО и ТР $\vec{B}_Q = (b_1^1, \dots, b_Q^{n_{\text{подр}}})$ требуется найти такие неотрицательные значения элементов матрицы $X_{ZQ} = [x_{ij}^k]$, содержащей



переменные x_{ij}^k ($x_{ij}^k \geq 0$, $1 \leq i \leq Z$, $1 \leq j \leq Q$), которые удовлетворяли бы системе линейных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{j=1}^Q x_{ij}^k &= a_i, & i = \overline{1, Z}; & \text{по производственным возможностям,} \\ \sum_{i=1}^Z x_{ij}^k &= b_j, & j = \overline{1, Q}; & \text{по заявкам автотехники,} \\ \sum_{i=1}^Z a_i &= \sum_{j=1}^Q b_j, & & \text{по балансу заявок и возможностей,} \\ a_i &\geq 0, & i = 1, 2, \dots, Z; & b_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, Q \end{aligned} \right\}$$

и одновременно обращали бы в минимум линейную целевую функцию:

$$\text{для первого плана распределения} - Ck = \sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^Q Kc_{ij} \cdot x_{ij}^k \rightarrow \min;$$

$$\text{для второго плана распределения} - Ksum = \sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^Q K_{ij} \cdot x_{ij}^k \rightarrow \min;$$

$$\text{для третьего плана распределения} - C = \sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^Q c_{ij} \cdot x_{ij}^k \rightarrow \min.$$

Сформулированный вариант математической постановки задачи модели принятия решения по распределению мероприятий технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств между ремонтным подразделением пограничного отряда и авторемонтными организациями позволяет использовать для ее решения хорошо известный алгоритм Венгерского метода [120]. После получения трех планов распределения обслуживания необходимо каждый из них оценить по стоимости и суммарному коэффициенту простоя с целью проверки допустимости полученных планов по этим двум параметрам:

$$C_{\text{плана}}^i = \sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^Q c_{ij} \cdot x_{ij}^k \leq C_{\text{доп}}; \quad Kp_{\text{плана}}^i = \sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^Q K_{ij} \cdot x_{ij}^k \leq Kp_{\text{доп}}. \quad (35)$$

С целью выбора среди полученных планов наиболее подходящего, для каждого i -го плана ($i = 1, 2, 3$) следует рассчитать величину Δ_i (параметр оптимальности полученного плана):

$$\Delta_i = (C_{\text{доп}} - C_{\text{плана}}^i) + (Kp_{\text{доп}} - Ksum_{\text{плана}}^i). \quad (36)$$



При наличии нескольких допустимых ($C_{плана}^i \leq C_{доп}$, $Ksum_{плана}^i \leq Kp_{доп}$) планов наиболее подходящим для условий проводимого распределения принимается план с максимальным значением параметра Δ_i . В случае отсутствия допустимого плана необходимо изменить исходные данные за счет пересмотра состава авторемонтных организаций.

При невыполнении условия баланса потребностей и возможностей:

$$\sum_{i=1}^Z a_i = \sum_{j=1}^Q b_j,$$

используется стандартная процедура формирования условного баланса.

В последующем по результатам полученного плана распределения разрабатываются рекомендации по распределению мероприятий ТО и ТР автотехники между ремонтным подразделением и авторемонтными организациями.

Выводы

1. На основе анализа процессов функционирования ремонтных подразделений и авторемонтных организаций разработаны показатели и критерий, позволяющие построить модели, соответствующие целям проводимого моделирования. Разработанные показатели эффективности позволяют учесть как экономическую (затраты на проведение работ по ТО и ТР $C_{ТО,ТР}$, затраты на перемещение обслуживаемой автотехники $C_{перем}$), так и оперативную (время нахождения в системе обслуживания Ts , время на перемещение обслуживаемой автотехники Td и др.) компоненты деятельности ремонтного подразделения и авторемонтной организации.

2. При исследовании потоков заявок, потоков обслуживаний автотехники, как ремонтных подразделений пограничных отрядов, так и авторемонтных организаций было установлено, что потоки требований автотехники на ТО и ТР обладают свойствами неординарности, стационарности, отсутствия последействия, а потоки обслуживаний – отсутствия последействия. Полученные результаты позволяют применять для моделирования процессов функционирования ремонтного подразделения и авторемонтной организации математический аппарат марковских случайных процессов с непрерывным



временем и дискретными состояниями. Наиболее соответствующим логике реального процесса является математический аппарат теории массового обслуживания.

3. Представлена модель процесса функционирования ремонтного подразделения и авторемонтной организации в классе систем $M_L/M/n/m$, на основе которой разработана трансцендентная схема определения производственных возможностей авторемонтных организаций, учитывающая возможности поступления групповых заявок на обслуживание и возможности ожидания или отказа от обслуживания, что позволяет прогнозировать производственные возможности ремонтного подразделения, авторемонтной организации при заданной вероятности обслуживания.

4. Разработана модель принятия решения по распределению мероприятий ТО и Р автотранспортных средств между подразделениями ремонта пограничного отряда и авторемонтными организациями. Данная модель на основе разработанных системы ограничений и целевых функций (показателей эффективности плана распределения мероприятий ТО и Р) позволяет в дальнейшем прогнозировать эффективность передачи функций обслуживания конкретным авторемонтным организациям в заданных условиях и на этой основе формировать планы распределения мероприятий ТО и Р автотехники пограничного отряда.



KAPITEL 2 / CHAPTER 2 ²

USE OF GLOBAL EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT OF SMART PORTS IN UKRAINE

DOI: 10.30890/2709-2313.2022-13-02-003

Вступ.

Світовий досвід показує, що перехід до «розумних портів», заснованих на використанні нових технологій та цифровізації, є ефективною стратегією як у періоди економічного підйому так і в періоди спаду.

Розумні порти забезпечують комплексне рішення, яке завдяки злиттю передових інформаційних технологій забезпечує стійкість, ефективність, продуктивність, комунікацію та прозорість, а також еволюцію обладнання чи об'єктів.

Впровадження керівних принципів теорії та практики «розумних морських портів», використання передового досвіду в цій галузі дозволити портам України швидше перейти у своїй роботі на найкращі світові стандарти та сприятиме їхньому стійкому розвитку [1].

Основний текст.

Згідно з Інструментарієм портової реформи Світового банку RPIAF3, очікується, що п'ять таких чинників вплинуть на майбутні порти (таблиця 1).

З 2000 року до теперішнього часу морські порти почали вдосконалювати свої операційні системи, маючи на меті стати «розумними портами». Нове бачення інтелектуального порту базується на інтелектуальних та інноваційних технологіях з низьким впливом на експлуатацію та навколишнє середовище.

Підхід «розумний порт» може вплинути на загальну екосистему морського порту за рахунок безперервного збирання інформації про діяльність морського порту з використанням Інтернету речей та прийняття рішень з використанням технологій штучного інтелекту та великих даних [4].

Цей підхід може забезпечити стійку систему зберігання даних та дозволити різним організаціям отримувати доступ до відповідних даних на основі узгодженої моделі управління, яка допоможе оптимізувати операційні системи та підвищити ефективність.

²Authors: Reshetkov Dmytro, Ivanova Iryna



Таблиця 1 - Чинники впливу на майбутні порти

Чинники впливу		Зміст чинника
1	Посилення глобальної конкуренції	Торгівля та зростаюча тенденція до глобалізації виробництва, розширення географічного масштабу чи логістичної досяжності
2	Змінні технології	Необхідність підвищення продуктивності контейнерних портів та зростаюча роль інформаційних технологій
3	Зміна моделей розподілу	Пошук стратегічних центрів. Отримання доходу перевалочного вузла з допомогою подвійний обробки контейнерів, підвищення інтермодальної ефективності
4	Зростаюче значення питань охорони довкілля та охорони праці	Розумний порт є основною базою для створення екологічно чистої, низьковуглецевої системи судноплавства
5	Зміна позиції зацікавлених сторін на переговорах у зв'язку зі зміною портів	Консолідація серед морських перевізників та поява глобального середовища постачальників логістичних послуг

Джерело: [2,3]

У проекті під назвою «План дій щодо концепції «розумного порту» у Середземноморському регіоні» визначення концепції «розумного порту» зосереджено на трьох основних сферах: експлуатація, використання енергії та навколишнє середовище.

Важливість споживання енергії в морських портах пов'язана з високими потребами в енергії для портових операцій. Ефективне використання енергії є проблемою для портової влади, оскільки більше споживання енергії означає збільшення викидів вуглецю та збільшення експлуатаційних витрат.

Другим елементом визначення інтелектуального порту є екологічний аспект. Різні ініціативи, такі як ECOPORT, PRISM та GREEN Efforts, спрямовані на визначення та встановлення показників екологічної ефективності для портової влади, щоб допомогти їм зменшити та усунути вплив на навколишнє середовище.

Третій напрямок концепції розумного морського порту – операції. Основними операціями в порту є навантаження та вивантаження вантажів та контейнерів із суден на склади. У ланцюжку поставок операційних систем у



морських портах можна оптимізувати кілька областей підвищення ефективності і результативності портових операцій, що допоможе скоротити витрати, час, трудовитрати і термін служби машини [5].

Перед портами стоїть завдання підвищення ефективності та продуктивності при одночасному забезпеченні безпечного робочого середовища та мінімізації викидів вуглецю. При цьому можна очікувати позитивні результати у таких областях, як конкурентоспроможність, ефективність, безпека, надійність, екологічність, інклюзивність тощо.

Наприклад, автоматизація портів за допомогою рішень, заснованих на технології четвертої промислової революції (4IR), таких як 5G, II, радарні датчики та IoT, може забезпечити безпечне робоче середовище при одночасному підвищенні ефективності та продуктивності. Іншим прикладом є цифрові двійники, що використовують віртуальну реальність (VR) та великі дані, які можуть знизити витрати на будівництво та експлуатацію, а також скоротити кількість спроб та помилок [6].

Більшість портів впровадили автоматизацію та інформатизацію портів для покращення портових процедур та операцій, проте це лише деякі з функцій інтелектуальних портів.

Інтелектуальний порт - це автоматизований порт, який використовує аналітику даних для прийняття найкращих можливих рішень та ефективного виконання операцій. Він вважається «ефективнішим, продуктивнішим і конкурентоспроможнішим з економічної точки зору».

Розумний порт використовує передові технології для автоматизації операцій та покращення логістики. Це включає штучний інтелект (II), великі дані, Інтернет речей (IoT) та блокчейн.

Використання таких технологій знижує кількість аварій та порушень дорожнього руху, підвищує ефективність та знижує експлуатаційні витрати. Інші переваги включають скорочення часу очікування, покращення відстеження, пропускну здатність та навіть допомогу у спрощенні митних процедур.

Розробка інтелектуального порту виходить за рамки простого впровадження та застосування передових технологій. Натомість інтелектуальні порти створюються шляхом «взаємозв'язування численних інформаційних технологій та систем».

Ці порти вимагають інтеграції інформації, конвергенції систем та



взаємозв'язку між різними системами, обладнанням, об'єктами та бізнес-об'єктами. Це вимагає співробітництва та партнерських відносин з багатьма зацікавленими сторонами, такими як операторами портів, судновласниками та вантажовласниками.

Також немає універсального підходу до розробки інтелектуальних портів. Оскільки рівень і продуктивність портів різниця, необхідно застосовувати індивідуальний підхід визначення сильних і слабких сторін і ризиків застосування інтелектуальних портових систем.

Розумні порти можна розглядати як порти, які автономно виконують портові операції та оптимізують логістичні потоки, застосовуючи нові та передові технології.

Таким чином, інтелектуальний порт можна визначити як порт, який займається автоматизацією портових споруд та стає автономним портом з інтегрованим управлінням інформацією, раціональним прийняттям рішень та ефективним використанням ресурсів за допомогою технологій 4IR.

Іншими словами, це порт, який оптимізує свою діяльність за рахунок застосування передових технологій та покращення бізнес-процесів, тим самим знижуючи витрати та час обробки, підвищуючи продуктивність та ефективність порту та зводячи до мінімуму вплив на навколишнє середовище.

Основні характеристики розвиненого інтелектуального порту:

- поєднання технології та збору/розподілу даних та інформації для управління операціями всередині та за межами порту
- обмін інформацією з операторами, портовою спільнотою та всіма зацікавленими сторонами
- інтеграція з навколишньою територією розумного порту (місто, область, країна) та інтелектуальними транспортними інфраструктурами (автомобільні, залізничні, річки).

Мета інтелектуальних портів – задовольнити потреби користувачів порту, забезпечивши більш високу ефективність роботи, прозорість, безпеку та захищеність.

Конкретні переваги, які зацікавлені сторони можуть отримати за допомогою інтелектуального порту:

- прискорення транзитного часу обробки вантажів за рахунок покращення портових операцій;
- скорочення витрат та часу на обробку вантажу;



- прискорення часу відповіді зацікавлених сторін своїм клієнтам;
- скорочення паперового потоку за рахунок електронного обміну інформацією;
- покращення відстеження та операційної ефективності;
- оптимізація пов'язаних з портом процесів, такі як навантаження, розвантаження, укладання або зберігання тощо;
- надання клієнтам оперативних даних про статус вантажу, робочий стан портових споруд;
- здатність надавати послуги на запит за допомогою аналізу великих даних;
- поліпшення планування причалів, перевантажувального обладнання, умов зберігання;
- виявлення різних ризиків на морському транспорті, таких як несприятливі погодні умови або високі рівні забруднення;
- поліпшення та оптимізація внутрішньої та зовнішньої співпраці.

Розумні порти більш ефективні, інноваційні та орієнтовані на послуги користувачів, що дозволяє їм використовувати всі наявні у них можливості та ресурси для сталого управління операціями та портовими послугами. Такі порти стануть постійно стійкими та конкурентоспроможними при ефективному управлінні.

Найкращі світові практики у розробці інтелектуальних портів найнаочніше можна ілюструвати наступними прикладами [5].

Китай просуває пілотні проекти щодо будівництва інтелектуальних портів в 11 портах на державному рівні в чотирьох областях, включаючи інтелектуальну роботу портів, покращення управління безпекою, інтеграцію логістики та інновації бізнес-моделей. Зокрема, уряд розробляє повну автоматизацію цільових портів, таких як Сямень, Ціндао та Шанхай, з метою зробити їх найкращими у світі в секторі інтелектуальних портових операцій.

Для створення стабільних та ефективних інтелектуальних портів планується просувати інтелектуальні порти шляхом заохочення розвитку технологій, стимулювання участі уряду і приватного сектору та узгодження з портовою галуззю як поетапний підхід.

Управління порту Гамбурга запустило власний проект smartPORT. Проект складається з двох аспектів – smartPORT логістика та smartPORT енергетика.

По-перше, логістика smartPORT поєднує в собі економічні та екологічні аспекти у трьох підсекторах: транспортний потік, інфраструктура та товарний



потік. Певна інтелектуальна мережа є попередньою умовою для ефективного транспорту та потоку товарів за рахунок: а) використання оптимального збору даних та швидкого обміну інформацією; та б) надання перевізникам та агентам можливості обирати найбільш ефективні транспортні засоби для своїх товарів.

По-друге, енергетичний аспект smartPORT зосереджений на трьох основних сферах: відновлюваних джерелах енергії, енергоефективності та мобільності. Завдяки енергії smartPORT може обмежити свою залежність від електроенергії, що виробляється традиційними способами, а також скоротити викиди та заощадити гроші.

Завдяки системі, в якій всі пов'язані з портом ресурси, такі як судна, вантажні автомобілі, крани, транспортні потоки, робоча сила і т. д., пов'язані в режимі реального часу, вартість експлуатації порту знижена на 75% та перевантаженість порту на 15%

Порт TUAS у Сінгапурі – це проект розумного мегапорту, який планується завершити до 2040 року. Він реалізується у чотири етапи. Після завершення він зможе обробляти до 6,5 млн. контейнерів TEU на рік.

TUAS – це порт, який був побудований з метою стати повністю автоматизованим та розвивається з метою одночасної реалізації інтелектуальних технологій, таких як екологічно чисті технології, безпілотники та технології відстеження суден, а також роботизовані технології для термінальних логістичних систем.

У майбутньому оптимальне портове обслуговування дозволить скоротити затримки та час очікування суден за рахунок використання системи своєчасного прибуття.

Порт Сінгапура покращив наземні операції за допомогою своїх внутрішніх терміналів та складів порожніх контейнерів з використанням інтелектуальних технологій та покращив логістику вантажівок, що прибувають за допомогою систем запису вантажівок. Порт також використовує глобальну систему позиціонування (GPS) для моніторингу руху на під'їзних коліях до порту.

Наступний етап digitalPORT@SG дозволить оптимізувати портові ресурси та підвищити ефективність за рахунок використання штучного інтелекту, що полегшить своєчасні операції для оптимального планування проходу суден. Портал digitalPORT@SG також зможе обмінюватися даними із системами портової спільноти, такими як Portnet та Jurong Port Online, для отримання відповідної інформації, включаючи декларування операцій із небезпечними



вантажами на портових терміналах.

Нідерланди — перша країна у світі, яка успішно розробила автоматичний термінал та кранову пристань без участі людини. Дорожня карта «розумного порту» порту Роттердам включає три основні напрямки: продумана логістика (зробити порт Роттердам лідером розумної логістики; забезпечення стійкості, надійності та ефективності ланцюжків поставок; акцент на ринку контейнерів), «розумна» енергетика та промисловість (акцент на оптимально працюючому та стійкому нафтохімічному кластері, дослідження з впровадження стійкої енергетики у багатьох відношеннях, таких як виробництво, використання та зберігання), а також перспективна портова інфраструктура (оптимізація доданої вартості портової території за рахунок морської інфраструктури та водних шляхів; будівництво та розвиток портів з метою зниження шкоди природі та навколишньому середовищі, людям та підприємствам). Коли будівництво цієї системи буде завершено, очікується, що порт Роттердам стане першим у світі портом зі штучним інтелектом.

Порт Саванни застосував технологію автоматизації процесів у своїй діяльності після встановлення автоматизованої системи управління активами терміналу (ATAMS) у 2008 році. ATAMS покращив процес передачі контейнерів та дозволив бути автоматично виявлені та ідентифіковані.

Термінал у порту Х'юстона має можливості електронного обміну даними (EDI), включаючи комп'ютеризовані системи керування запасами. Ці системи можуть бути включені для відстеження розташування та стану окремих контейнерів.

Порт Окленда має всеосяжне цифрове представлення, веб-портал, який надає інформацію про термінали, вантажі та контейнерні судна на одній платформі без необхідності переглядати декілька веб-сайтів. Портал поєднує дані з ключових морських терміналів, включаючи статус вантажу, зображення з камер у реальному часі та розклад суден. Інші додаткові функції включають оплату термінальних зборів, зустрічі з далекобійниками та оновлення статусу вантажу.

Аналіз інформації з різних джерел дозволяє виділити проблеми, з якими стикаються порти на шляху до того, щоб стати розумними портами (таблиця 2).

Морські порти України починають освоювати цифрові технології та технології автоматизації. Однак обмеження дорогої інфраструктури та високошвидкісного ширококутового зв'язку поки що стримують цей процес.



Таблиця 2 - Поточні проблеми розвитку «розумних» портів

Проблема	Зміст проблеми
Збільшення розмірів суден	- Проблеми структурного поліпшення портів у стислі терміни прийому великих суден - Необхідність максимізувати ефективність портових операцій для обробки суден збільшеного розміру - Необхідність покращення портової інфраструктури, операцій, об'єктів та транспортних засобів
Необхідність підвищення ефективності портових операцій	- Необхідність оптимізації портових та термінальних процесів для обробки збільшених обсягів вантажів - Необхідність відстеження вантажів у режимі реального часу для оптимізації портових операцій та забезпечення наскрізної видимості - Підвищення ефективності та продуктивності праці в порту або на терміналі
Обмеження в обслуговуванні на вимогу	- Поточний стан портів не в змозі врахувати швидкі зміни серед портів та вимог користувачів - Відсутність можливості впоратися з безлюдними процесами за участю автоматизації, робототехніки та Інтернету речей (IoT) програми - Необхідність розширення зони контролю за рахунок використання віддаленого моніторингу
Обмеження сумісності з іншими транспортними засобами	- Інформація про морську логістику рідко взаємопов'язана з іншими видами транспорту - Необхідність обміну інформацією з іншими транспортними системи та взаємозв'язок з внутрішнім транспортом
Вплив на довкілля	- Екологічні проблеми, викликані діяльністю в портах, судовими та портовими відходами, нафтовими відходами та стічними водами тощо - Необхідність будівництва екологічно чистого порту, який використовує екологічно чисту енергію або технології - Необхідність скорочення викидів CO₂
Необхідність посилення фізичної та кібербезпеки в портах	- Необхідність забезпечення безпеки, оскільки порт є великим географічним пунктом, де зберігаються небезпечні вантажі (у тому числі вибухові речовини, хімічні речовини) - Необхідність чітко визначеної політики кібербезпеки портів від кібератак

Джерело: [2].

Україні необхідно заздалегідь розробити дорожню карту або генеральний план та забезпечити необхідний бюджет та ресурси для розумних портів.

Найважливішим елементом у роботі є точна оцінка рівня розвитку порту



на початку процесу, щоб визначити найбільш підходящий план дій для розумного порту.

По-перше, на національному рівні необхідна дорожня карта розумного порту разом із комплексним аналізом промислової екосистеми, такий як напрямок розвитку суден, зміни у глобальній економічній структурі, перевалочний порт та торгова структура міста порту. Потім потрібно визначити докладну стратегію та план дій, а також провести аналіз того, які технології корисні для розумного порту.

По-друге, необхідні сильне керівництво та тісні відносини між урядом та відповідними організаціями.

Перехід до «розумних» портів з метою впровадження інновацій за допомогою автоматизації та інтелектуальних систем портових операцій є особливо доцільним для України, яка прагне підвищити продуктивність та конкурентоспроможність на національному рівні та в портах, а також створити нові послуги та галузі.

Висновки.

Перехід до розумних портів стане ключовою визначальною тенденцією у світовій індустрії вантажних перевезень та судноплавства найближчими роками. Очікується, що 2024 року ринок цифрових інтелектуальних портів досягне 5,3 млрд. долларов. Декілька портів, в основному в Азії, Європі та Північній Америці, знаходяться в авангарді розвитку інтелектуальних портів, використовуючи поєднання нових та передових технологій для підвищення продуктивності та ефективності. «Розумні» порти, що інтегрують цифровізацію і використовують нові технології, стануть ключовими гравцями у світовій торгівлі в міру того, як світ вступає в 4IR.

Використання технології 4IR робить порти більш інтелектуальними, дозволяючи різним зацікавленим сторонам - операторам терміналів, вантажовласникам та судноплавним компаніям приймати оптимальні рішення, удосконалювати процеси та підвищувати ефективність портових операцій.

Визначення таких пріоритетів та робота щодо їх реалізації саме зараз дуже важлива, оскільки Україна, як і ЄС, проходить етап значних змін, але пріоритети довгострокових проєктів мають сприяти розвитку морських портів.



KAPITEL 3 / CHAPTER 3³

FEATURES OF THE FUNCTIONING OF CITY TRANSPORT NETWORKS UNDER THE INFLUENCE OF STOCHASTIC FACTORS GLOBAL CHARACTER

DOI: 10.30890/2709-2313.2022-13-02-009

Вступ

В сучасних умовах, коли Україна мусить протистояти збройній агресії, перед транспортними мережами міст стоїть низка надзвичайно складних завдань, спрямованих не лише на забезпечення безперебійного руху транспорту, але й на збереження життя та здоров'я громадян, що ним користуються. Ці тези в рівному ступені актуальні для громадського й особистого транспорту, для великих міст і малих населених пунктів.

Розглядаючи бойові дії як стохастичний фактор, тобто вплив чи комплекс впливів, що не піддається точному прогнозуванню, можна створити методологічну основу для оперативних коригувань транспортних потоків. При цьому доцільно розглядати війну не як відокремлений чинник, а як складову в ієрархії глобальних стохастичних факторів, що, в свою чергу, потребує створення такої ієрархії та встановлення вертикальних і горизонтальних зв'язків між її елементами. Це є першим кроком до чіткого розуміння транспортних проблем, викликаних війною й іншими катастрофами, та розробки шляхів усунення їх наслідків.

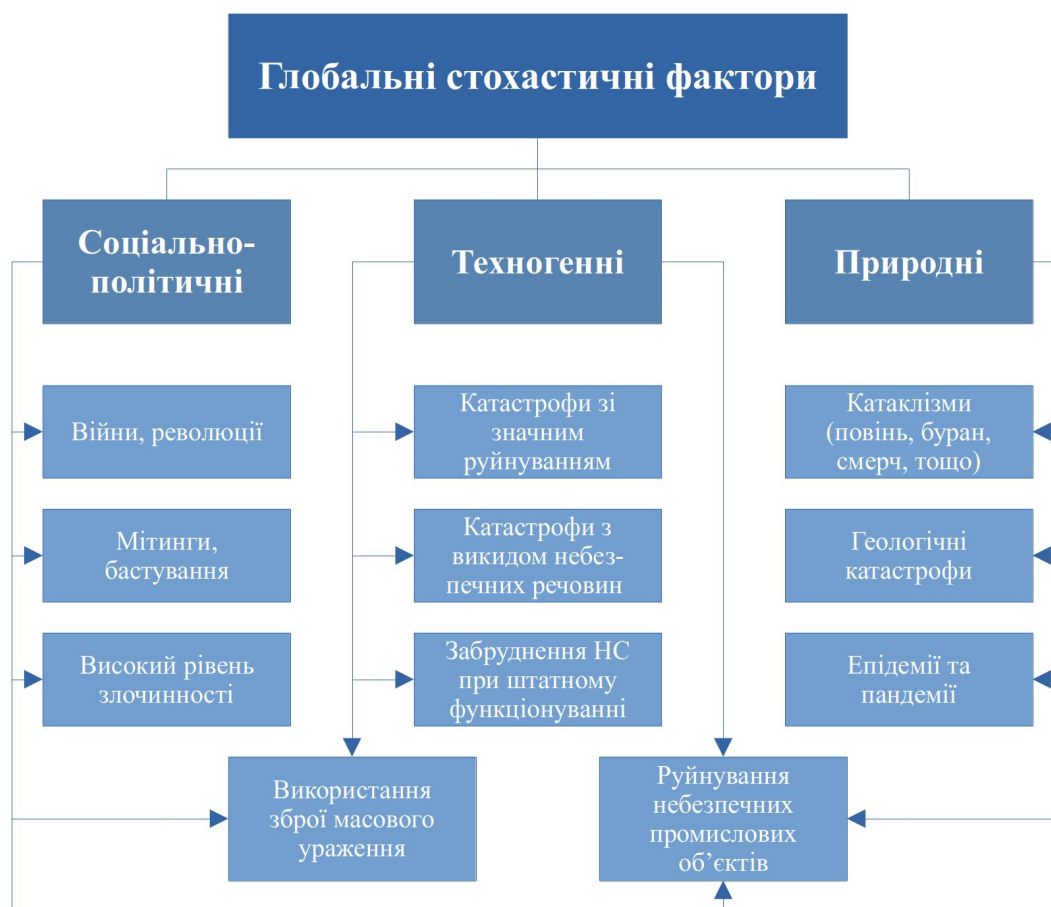
Важливо розуміти, що кожна складова глобального впливу на транспортну систему, хоч і не може розглядатися окремо, є невід'ємним, а інколи й одним з ключових елементів у довгому ланцюгу чинників, які зумовлюють нормальне функціонування транспортної мережі міста. Кожен, навіть незначний на перший погляд елемент може стати рушійною силою, яка зсуне систему з точки рівноваги, після чого неминучі процеси дестабілізації та деградації, які лише прогресуватимуть з часом. Саме тому, стохастичні фактори глобального характеру є одними з найнебезпечніших викликів до транспортної мережі.

³Authors: Hanzheiev Dmytro



3.1. Різновиди, особливості та внутрішні зв'язки глобальних стохастичних факторів

Глобальними стохастичними факторами називають неконтрольовані впливи на транспортну систему, пов'язані з природними чи людськими чинниками. Їх характерною рисою є вплив не на певну ділянку чи вузол транспортної мережі, а на систему в цілому. У порівнянні зі стохастичними факторами інших видів, глобальні відрізняються масовістю, бурхливим перебігом, значними фізичними й економічними збитками.



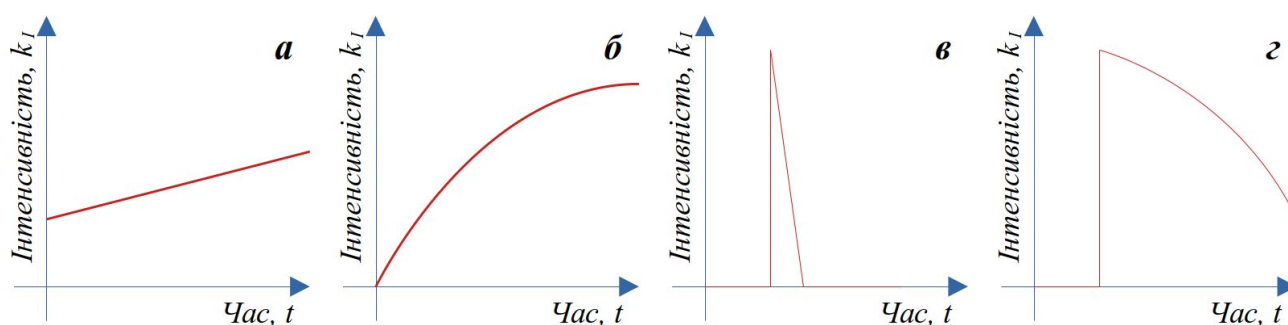
Малюнок 1 – Узагальнена класифікація глобальних стохастичних факторів

За характером виникнення виділяють три основні групи глобальних стохастичних факторів: соціально-політичні, техногенні, природні. Перша група об'єднує мирні та збройні протистояння загальноміського, регіонального, державного та світового значення. Чим масштабніше конфлікт, тим більше в ньому можна виділити локальних підсистем й елементів, які завдають впливу



на певні частини транспортної системи. Тому важливо проводити грамотне структурування фактору на складові елементи, орієнтуючись при виборі ступенів такого структурування на протяжність чинника в часі та ймовірнісний рівень загрози. Більш детально цей процес розглянуто у другому розділі дослідження.

Глобальні техногенні фактори враховують впливи на транспортну систему порушень в нормальному функціонуванні промислових, гірничих, енергетичних та інших об'єктів народного господарства. При цьому на умовному таймлайні кризові впливи можуть носити лінійний (малюнок 2, а), нелінійний (малюнок 2, б) та точковий (малюнок 2, в) характер. У першому випадку негативний вплив постійний, рівномірний, відносно контрольований (наприклад, стійке забруднення повітря у місті), у другому – спостерігається зменшення чи збільшення впливу з перебігом часу. Найбільшу небезпеку несуть точкові впливи, коли одна певна подія призводить до значних руйнувань, забруднення навколишнього середовища тощо. Такі події називають техногенними катастрофами. Якщо вони трапляються на об'єктах, де є токсичні, біологічні, радіоактивні загрози, то такий стохастичний фактор може мати комбінований вплив за точково-нелінійною схемою (малюнок 2, г).



Малюнок 2 – Часова проекція глобальних стохастичних факторів

Найбільші складнощі виникають при спробах класифікувати глобальні стохастичні фактори природного характеру, бо вони тісно споріднені з групою погодно-кліматичних стохастичних факторів, яка, в свою чергу, не є глобальною. Загальноприйняті тези встановлюють рівень небезпеки та площу впливу як основні критерії для диференціювання цих груп. Треба наголосити, що глобальні стохастичні фактори можуть стати наслідком дії погодно-кліматичних (тоді говорять про стихійні лиха), а можуть виникати як первинний чинник, що особливо характерно для катастроф геологічного



походження.

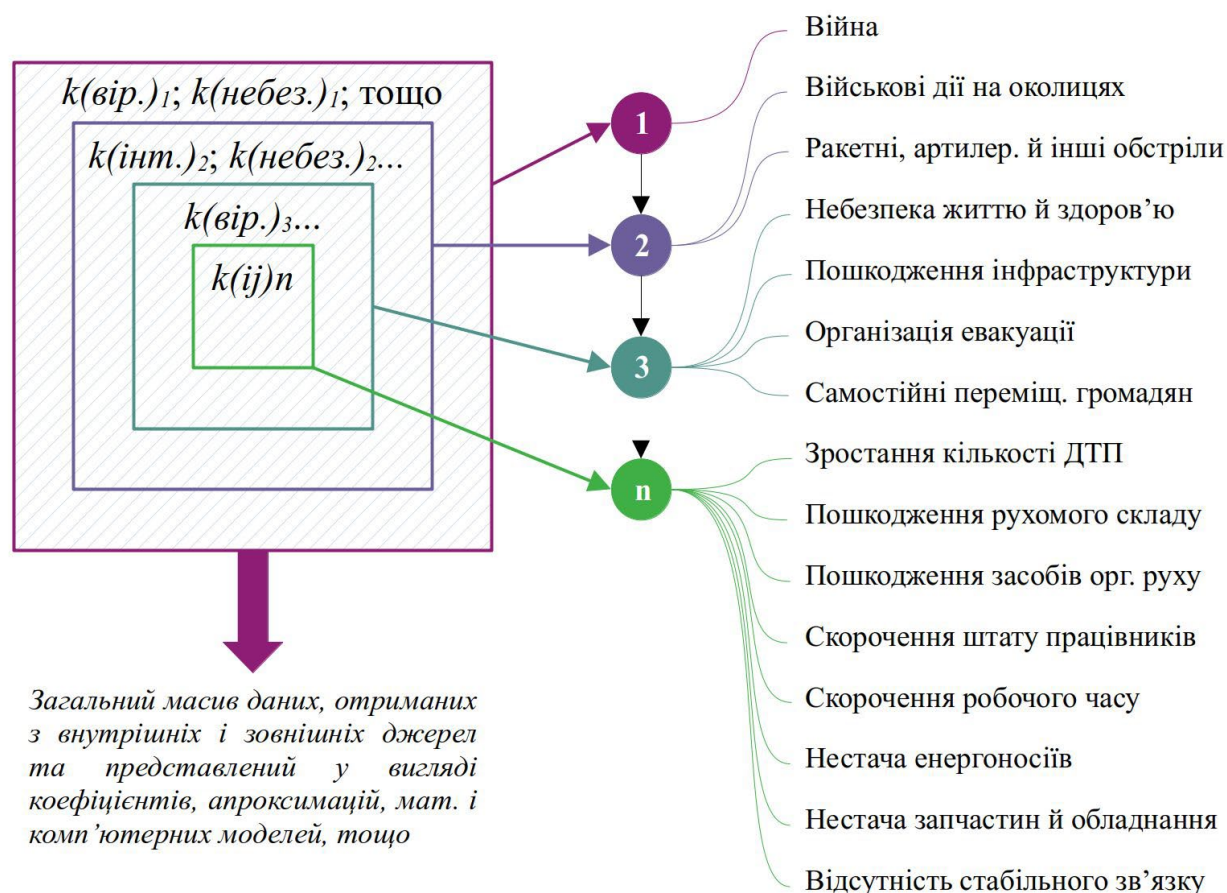
Підсистеми глобальних стохастичних факторів можуть взаємодіяти одна з однією за певними алгоритмами, створюючи комбіновані групи як наслідок одночасної чи послідовної дії основних чинників. Наприклад, використання зброї масового ураження може носити комбінований соціально-політичний і техногенний характер, запускаючи ланцюг руйнувань. Можна навести й інші види багаторівневого впливу, і, зазвичай, чим більше ланок приєднується до процесу, тим тяжчі його наслідки.

3.2. Процеси структурування та дослідження окремих підсистем у складі глобальних стохастичних факторів

Планово-аналітичні системи та комплекси потребують своєчасного надання похідної інформації в кількості, достатній для опрацювання та прийняття рішень. Коли йдеться про вплив глобального стохастичного фактору, очевидно, що інформаційний потік буде значно перевищувати необхідний мінімум, що ускладнить, а головне – сповільнить процеси прогнозування ситуації та прийняття рішень. Саме тому, похідні дані важливо диференціювати, структурувати та фільтрувати за рівнем значущості. Графічно цей процес можна представити у вигляді малюнка 3.

Загальний масив похідних даних (назвемо його первинною матрицею), містить інформацію рівнів $1...n$, де 1 – це власне узагальнений опис глобального фактору, що спостерігається, а n – найменші значущі впливи на окремі ділянки чи вузли транспортної системи. Наприклад, якщо інформацією першого рівня є війна в країні, то інформацією останнього, n -ного рівня може бути ушкодження конкретної одиниці рухомого складу громадського транспорту. Безперечно, що з кожним новим рівнем обсяг інформації зростатиме в геометричній прогресії, будуючи деревоподібну структурну схему стохастичного фактору.

Відмінність аналізу глобального стохастичного фактору від аналізу фактору іншого типу полягає в тому, що розрахунок статистичних коефіцієнтів, наведення графічних і математичних апроксимацій, процеси імітаційного, математичного або комп'ютерного моделювання не передують диференціюванню проблеми та прийняттю управлінських рішень, а проводяться одночасно з ними. Ця умова продиктована вкрай швидкими



Малюнок 3 – Спрощений приклад структурування первинного масиву даних, що описують глобальний стохастичний фактор (див. Розділ 3)

змiнами реального стану транспортної системи і, хоча й містить низку складнощів, є на даний час єдиним можливим засобом своєчасного реагування на кризові виклики. В першу чергу, це стосується глобальних стохастичних факторів соціального-політичного характеру.

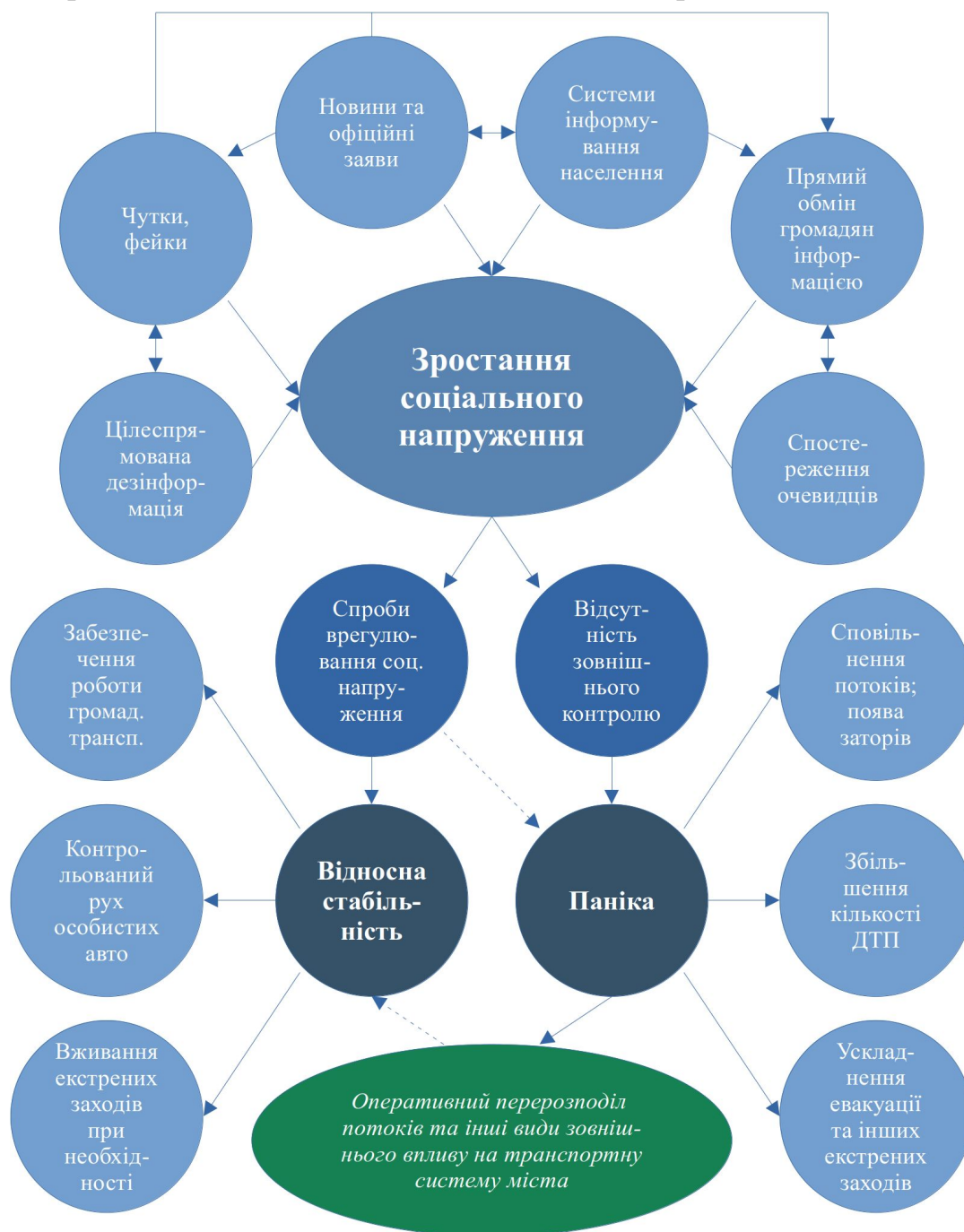
Реалії війни показують, що від здатності транспортних департаментів та військово-цивільних адміністрацій міст приймати оперативні рішення, спираючись на факти й глибокий аналіз ситуації на ВДМ, залежить не лише рівень транспортної безпеки, але й здатність системи функціонувати взагалі. Ефективними рішеннями при цьому можуть бути:

- швидка модифікація графіків руху пасажирського транспорту;
- організація внутрішніх евакуаційних процесів у межах міста;
- перерозподіл пасажиропотоків на більш безпечні види транспорту (зокрема, метрополітен);
- регулювання потоків особистого транспорту за допомогою смарт-об'єктів



дорожньої інфраструктури;

- введення комендантської години для зменшення навантаження на ВДМ в темний час доби;
- зменшення пікових навантажень за рахунок зміни часу роботи великих пасажиропоглинаючих пунктів (промислові підприємства, торговельні центри тощо);
- використання дистанційних та змішаних типів роботи та навчання.



Малюнок 4 – Вплив інформаційного середовища на поточну ситуацію, появу нових криз і ризиків під дією глобального стохастичного фактору



Це далеко не повний перелік заходів, які можуть бути вжиті для боротьби з деструктивними змінами у функціонуванні транспортної системи міста під дією глобального стохастичного фактору. Вибір конкретних дій лишається за адміністративними структурами, але має базуватися на глибокому транспортному аналізі.

Важливою є також інформаційна робота з населенням, його своєчасне сповіщення про зміни в поточній ситуації в цілому та транспортній ситуації в окремості, попередження розповсюдження чуток і фейків, боротьба з панікою, попередження безпідставних переміщень.

Багаторівневість впливу глобального стохастичного фактору на транспортну систему, разом з нестабільністю інформаційного середовища та вкрай швидкими змінами ситуації, створює сприятливу середу для виникнення інших небезпечних чинників, як стохастичного, так і передбачуваного характеру. Боротьба з ними не є пріоритетною, але теж повинна враховуватися при розробці засобів протидії кризі.

3.3. Розробка математичного опису структурованих підсистем глобальних стохастичних факторів і встановлення їх зовнішніх зв'язків

Питання адаптації явищ глобального характеру до форм, сумісних з планово-аналітичними системами, як вказувалося вище, ускладнене багаторівневістю таких явищ. Саме тому, використання статистичних коефіцієнтів, рекомендоване для стохастичних факторів інших типів, потребує суттєвих коригувань у кожній певній ситуації. Перш за все, слід виділити три великі групи коефіцієнтів, які можна застосовувати у розрахунках.

1. Коефіцієнти вірогідності $k(vir.)$ – можуть використовуватися на будь-якому структурному рівні та вказують на очікуваний ризик виникнення певного кризового стану транспортної системи, її підсистеми або елемента.

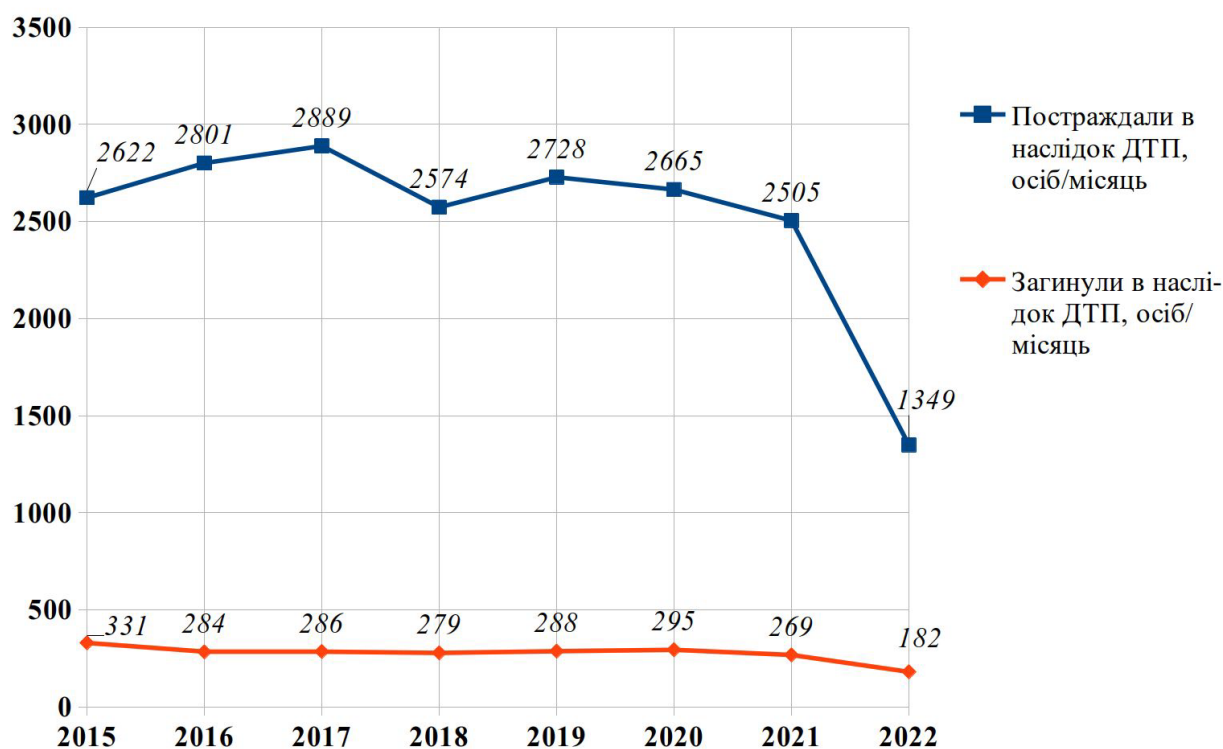
2. Коефіцієнти небезпеки $k(небез.)$ – вказують на ступінь загрози певного чинника для нормального функціонування транспортної системи, її підсистеми чи елемента; можуть оцінюватися як при теоретичному розгляді ймовірнісного глобального фактору, так і безпосередньо під час його дії.

3. Коефіцієнти інтенсивності $k(int.)$ – споріднені з коефіцієнтами небезпеки, фактично є їх проекцією на певний проміжок часу.



Ці групи узагальнюють більшість впливів, але далеко не всі явища, пов'язані з дією глобального фактору. З урахуванням його типу та індивідуальних особливостей, доцільно вводити нові коригувальні коефіцієнти, спираючись на натурні дослідження та результати моделювання.

Також варто враховувати, що антикризові заходи, вже вжиті повноважними органами, здатні не лише нівелювати негативні впливи глобального стохастичного фактору, але й призвести до певних позитивних змін. Якщо системи інформування населення, контролю переміщень, забезпечення захисту учасників транспортного процесу достатньо ефективні, можна спостерігати навіть зниження інтенсивності взаємопов'язаних стохастичних факторів (малюнок 5).



Малюнок 5 – Динаміка кількості постраждалих та загиблих внаслідок ДТП в Україні за вісім років

Аналізуючи наведений графік, можна помітити загальну тенденцію до зменшення тяжких наслідків ДТП, котра, проте, не була суттєвою до поточного року. З початком війни кількість постраждалих та загиблих внаслідок ДТП значно знизилась (на 46 % і 32 % відповідно), що пов'язано, по-перше, із загальним зменшенням транспортної мобільності населення і, по-друге, зі зростанням рівня відповідальності водіїв. Останнє, в свою чергу, викликане достатньо жорсткими контрольними заходами військового стану. Найбільш



суттєво знизилась частка ДТП, викликаних водінням в нетверезому стані. Серед найпоширеніших причин, які в 2022 році призводили до ДТП в нашій країні (за відносною часткою в загальній кількості пригод):

- перевищення безпечної та дозволеної швидкості руху;
- порушення правил маневрування;
- наявність штучних споруд на дорогах (блокування, загорожі тощо);
- демонтаж дорожніх знаків в місцях, де вони можуть допомагати ворогові;
- порушення правил проїзду перехресть;
- порушення правил проїзду пішохідних переходів;
- наїзд на пішоходів у період «блекауту» (вимкнення вуличного освітлення з причин світломаскування й економії електроенергії);
- недотримання безпечної дистанції.

Ця статистика не враховує ДТП, які сталися під впливом чинників, викликаних власне бойовими діями, їх наслідками або підготовкою до них (наїзд на міни та боєприпаси, осколки й уламки, технічні несправності автомобілів внаслідок їх ураження зброєю тощо). Фактично, такі пригоди є комбінованими стохастичними факторами, суміжними з глобальним та загальним впливами.

Висновки

Вплив глобальних стохастичних факторів на транспортну систему не може розглядатися узагальнено та враховуватися у вигляді одного певного коригувального коефіцієнту. Обов'язковим кроком для ефективного використання інформації у транспортному плануванні та керуванні роботою транспортної системи є структурування глобального стохастичного фактору, тобто побудова багаторівневої системи ієрархічних зв'язків з урахуванням взаємовпливу підсистем і компонентів, зовнішніх впливів на них, зворотних зв'язків при впровадженні протикризисових заходів.

Після структурування стає можливим адаптація фактору до надання в аналітично-обчислювальній системі у вигляді рівнянь з низкою коефіцієнтів, інших математичних або графічних апроксимацій, деталізованих моделей різного типу. На цьому етапі, окрім зв'язків і впливів системи, вкрай важливе врахування інформаційного середовища, в якому будуть впроваджуватися прийняті оперативні рішення.



KAPITEL 4 / CHAPTER 4⁴ THE MECHANISM OF REAL ESTATE MANAGEMENT

DOI: 10.30890/2709-2313.2022-13-02-001

Введение

Развитие рынка управления недвижимостью наиболее востребована услуга профессионального управления. Росту популярности услуги управления способствует также жесткая конкуренция среди участников рынка, обусловленная кризисными явлениями в экономике. Благоприятными факторами развития рынка управления недвижимостью является стремление владельцев объектов к принятию максимально эффективной схемы управления и эксплуатации, которая позволит не только поддержать его в должном состоянии, но и сделать этот объект более интересным для потребителя и тем самым повысить его доходность для собственника. В этом ключе чрезвычайно важный момент стремление владельцев объектов к повышению эффективности управления: к снижению затрат на содержание здания, что особенно актуально в условиях кризиса. Именно сегодня для собственников важно, как никогда, верно, распределить расходы и обеспечить устойчивость и дальнейшее развитие объекта. Современное общество требует смены старых форм управления недвижимостью и ее эксплуатации, внедрения новых принципов и предоставления услуг нового качества. На данный момент такими являются сервейинговые и управляющие компании.

4.1. Сервейинговые компании как инструмент управления объектом недвижимости

На сегодняшний день довольно популярной практикой является изменение технических, физических и других параметров зданий и сооружений. Причиной таких изменений является, как правило, улучшение жилищных условий или улучшение потребительских качеств самих зданий. Поэтому особенно оживленный интерес вызывает такой вид строительных работ, как реконструкция.

Под сервейингом понимается профессиональная коммерческая

⁴Authors: Mayevsky Maxim Andreevich



деятельность хозяйствующих субъектов на рынке недвижимости, включающая в себя широкий комплекс экспертных и управленческих услуг, обеспечивающая эффективность процессов создания, эксплуатации, реновации и ликвидации объекта недвижимости.

Сервейинг, как вид профессиональной деятельности на рынке недвижимости, вобрал в себя целый ряд специализаций: землеустройство и кадастровое дело, инженерные и геологические изыскания, геодезию, различные виды экспертиз недвижимости и страхование от несчастных случаев, оценку недвижимости [1]. Современная концепция сервейинга основывается на системном подходе к управлению недвижимостью на всех фазах жизненного цикла.

Сервейеры как профессиональные участники рынка недвижимости выполняют функции по сбору, обработке и предоставлению информации о земле и других объектах недвижимости, планированию пространственного развития городов и населенных пунктов, подготовке, обоснованию и внедрению проектов развития недвижимости, управлению объектами недвижимости, инспектированию и контролю, а также комплексной технической, правовой, управленческой и финансово-экономической экспертизы.

Объектом деятельности профессиональных сервейеров есть объекты недвижимости, то есть земельные участки, участки недр, здания, сооружения, объекты незавершенного строительства, земельно-имущественные комплексы.

Предметом сервейинга есть процессы, обеспечивающие создание и эффективное функционирование объектов недвижимости на всех стадиях жизненного цикла.

Цель сервейинга как профессиональной коммерческой деятельности на рынке недвижимости состоит в обеспечении наилучшего и наиболее эффективного использования объектов недвижимости в интересах собственника при соблюдении требований безопасности, экологичности и системно – правовых управленческих отношений собственности.

Внутреннее управление объектом недвижимости в большей степени подходит для небольших объектов или объектов некоммерческой недвижимости, включая социальную сферу, или для объектов, имеющих значительный износ.

Доходность таких объектов невелика и не позволяет нести



дополнительные расходы на профессиональное управление. Внутреннее управление осуществляется методом создания собственником специальных управляющих подразделений либо обслуживающей службы в своем штате персонала [2].

Преимущества внешнего управления объектами недвижимости состоят в минимизации затрат по эксплуатации здания на основе специализации персонала управляющей компании и централизации некоторых функций управления, применения современных эксплуатационных технологий, повышения качества работ; в увеличении доходности здания за счет экономии на расходах и получения дополнительных доходов от роста арендной платы и доходов от сопутствующего комплекса услуг; в росте стоимости объекта недвижимости за счет качественного технического обслуживания и своевременного выполнения реновационных мероприятий; в повышении ликвидности объекта, находящегося в профессиональном управлении, что делает его более привлекательным как инвестиционный актив и т.д..

Внешнее управление объектами недвижимости применяется преимущественно на высококлассных объектах коммерческой недвижимости (классы А и В), которые отвечают требованиям международных стандартов по местоположению, физическому состоянию, качеству обслуживания, качеству содержания близлежащих территорий, наличию дополнительных технических возможностей и услуг.

Однако эта форма управления может применяться и в социальной сфере на основе создания специализированной сервейинговой компании (например, для управления зданием медицинских стационаров).

Коммерческая недвижимость делится на следующие обширные группы: офисная, гостиничная, торговая, складская, промышленная, уникальная недвижимость, а также гаражи и паркинги [3].

Смешанная форма управления объектом недвижимости применяется в основном в крупных производственных компаниях путем выделения процессов управления объектом недвижимости из общего числа производственных процессов компании, их структурирования и частичного аутсорсинга отдельных функций управления объектом.

Например, на аутсорсинг могут быть переданы отдельные функции управления, такие как брокеридж (brokerage – поиск и привлечение арендаторов или клиентов), заключение договоров с клиентами или



арендаторами, отдельные функции по техническому или санитарному обслуживанию и т.д..

Сервейинговые компании становятся профессиональными участниками рынка недвижимости, которые от простых посреднических или финансовых операций переходят к интегрированным видам деятельности по развитию и управлению объектами недвижимости – сервейингу.

Примерами сервейинговой деятельности есть деятельность большинства специализированных жилищных управляющих компаний. Эффективность их деятельности в значительной степени зависит от качества и технического состояния жилья находящегося в управлении фонда.

Управление – это процесс выработки управленческих решений и осуществления управленческих действий субъекта управления (управляющей системы) на объект управления (управляемую систему) с целью достижения управляемой системой определенных параметров развития.

В зависимости от целей деятельности и комплекса функций, выполняемых управляющей компанией, можно выделить несколько функциональных моделей сервейинговой деятельности:

- управление проектом (Project Management), включающее технико – экономическое обоснование инвестиций в проект создания или развитие объекта недвижимости, выполнение функций технического заказчика, прием объекта в эксплуатацию;

- управление объектом недвижимости (Property Management), включая управление зданием, управление финансовыми потоками, связанными с эксплуатацией объекта недвижимости, администрирование и брокеридж, дополнительный сервис для арендаторов и посетителей;

- управление недвижимостью как инвестиционным активом (Asset Management), включающее разработку инвестиционной стратегии; маркетинговые исследования рынка недвижимости и инвестиционного рынка; оценку рыночной стоимости и инвестиционного потенциала объекта, технико – экономическое обоснование инвестиций в объекты недвижимости; управление рисками портфеля недвижимости; финансовый менеджмент;

- управление технической эксплуатацией объекта (Facility Management), включающее техническое обслуживание объектов недвижимости, оценку его состояния и проведения ремонтов, управление инженерно – техническими



системами зданий, в том числе организация текущих, капитальных и аварийных работ по ремонту инженерных систем, организация систем сохранности;

- санитарно-хозяйственное обслуживание объекта (Cleaning), включающее услуги по уборке помещений, уходу за мебелью и внутренним оборудованием, уходу за фасадом здания, уборке и благоустройству прилегающей территории [4].

Базовой функциональной моделью управления недвижимостью является Property Management. Однако все модели между собой взаимосвязаны и могут интегрироваться, что является отличительной чертой сервейинга.

4.2. Управляющая компания как субъект управления в сфере недвижимости

Управление недвижимостью – организация наиболее эффективного использования недвижимости в интересах ее владельцев, в том числе разработка программы управления объектом недвижимости, организация технической эксплуатации недвижимости, обеспечение объекта коммунальными услугами, маркетинг недвижимости, организация обслуживания пользователей недвижимости, обеспечение взаимоотношений с органами власти и коммунальными службами, управление проектами развития недвижимости.

Под субъектом управления понимается управляющий объектом недвижимости или управляющая компания – физическое или юридическое лицо, осуществляющее комплекс действий по управлению недвижимостью.

Управляющий объектом недвижимости, или управляющий недвижимостью, – штатный сотрудник управляющей компании или индивидуальный предприниматель, прошедший обучение по специальной программе и аттестованный в установленном порядке для профессионального управления объектами недвижимости разного назначения и уровня сложности.

Управляющая компания – организация, основным видом деятельности которой является управление недвижимостью, находящейся в собственности третьих лиц. При этом необходимо учитывать, что под управляющей компанией можно также понимать индивидуального предпринимателя,



оказывающего услуги по управлению недвижимостью [5].

Иностранные компании, занимающиеся обслуживанием и управлением недвижимостью на рынке услуг, можно условно разделить на три профессиональных группы.

К первой группе можно отнести компании, занимающиеся только комплексной эксплуатацией объектов недвижимости (facility management), то есть уборкой помещений и прилегающей территории, а также эксплуатацией инженерных систем здания.

При необходимости к этому могут добавляться дополнительные услуги, например секретаря на ресепшн, организация питания и т.д.. Как правило, компании, занимающиеся эксплуатацией, часть задач решают усилиями собственного персонала, технически сложные или сезонные работы отдают на субподряд.

Кроме того, этот сервис предоставляется и крупными управляющими компаниями, которые, помимо других аспектов деятельности (например, финансового управления), занимаются и вопросами обслуживания инженерных систем, охраной, уборкой и т.д. (вторая профессиональная группа). При этом часть работ осуществляется собственным персоналом, часть – передается на аутсорсинг.

Практика показывает, что часто компании, начинавшие с одного вида деятельности (например, уборка или организация питания в офисных зданиях) постепенно увеличивают штат сотрудников, управляющего персонала и, как следствие, расширяют спектр своих услуг.

Третья профессиональная группа компаний, только начинающая развиваться на рынке недвижимости, – компании, кроме вышеперечисленных услуг, предоставляющих владельцу еще и управление финансовыми потоками его недвижимости, то есть управление активами (asset management) – кредитами под реконструкцию, инвестиционными капиталами и т.д.

Управляющий этого уровня является администратором, специалистом в области недвижимости и экономистом, понимающим, что такое инвестиции, для чего инвестор построил объект или для чего владелец купил объект, чего ожидает и с помощью каких механизмов можно получить максимальную финансовую отдачу.

Полномочия подобных управляющих позволяют распоряжаться финансами и отвечать не только за отдельные сделки с недвижимостью, но и за



разработку и воплощение стратегии по максимизации прибыли от управляемых объектов.

Таким управляющим доверено, например, самостоятельно принимать решение о том, какую часть объектов начать реконструировать, какую – перепрофилировать, а какую – использовать как основной источник дохода.

В настоящее время в этом направлении развиваются крупные консалтинговые компании, а также девелоперы, оказывающие в том числе услуги по управлению.

Какая управляющая компания из трех вышеуказанных профессиональных групп будет выбрана, зависит от собственника, а конкретнее – от его тактических и стратегических целей управления недвижимым имуществом, а также от этапа жизненного цикла объекта недвижимости.

Жизненный цикл объекта недвижимости – период времени, в течение которого недвижимость существует как физический объект, относительно которого необходимо проводить определенные работы и услуги (недвижимость как объект работ и услуг), объект правовых и финансово-экономических отношений (в том числе недвижимость как объект инвестирования), объект, в течение жизни которого собственник несет бремя расходов и имеет возможность получать доходы, а также может владеть, пользоваться и распоряжаться своим имуществом [6].

Процедура получения разрешительной документации с последующим оформлением распоряжения уполномоченного органа власти о предоставлении земельного участка под застройку и оформление прав пользования земельным участком на период строительства сложна и может занять длительное время.

В пределах города управляющие компании имеют достаточный опыт для решения данной проблемы и способны отстоять такие условия, позволяющие обеспечить приемлемые гарантии потенциальному инвестору при организации финансирования проекта. При проектировании и получении технических условий от инженерных служб управляющей компании нужно сравнить желаемый проект с настоящими техническими условиями.

Избыточные требования инженерных служб способны превратить проект в нерентабельный, равно как и жесткая позиция архитекторов, настаивающих на своих конструктивных решениях. На первый взгляд, эти проблемы делают дальнейшую реализацию проекта невозможной.

К существенным проблемам данной стадии следует отнести задачу оценки



проекта в целом. Оценка проекта в целом – это раскрытие стратегических возможностей будущего объекта недвижимости во всех отношениях: техническом, экономическом, социальном, социально-психологическом, экологическом. Системный подход в оценке проекта – необходимое условие его реализации и перспектив функционирования объекта недвижимости.

Подготовка к строительству и строительству объекта. Строительство объекта недвижимости, отвечающего потребностям инвестора, возможно только при соблюдении высокого качества строительных, монтажных и пусконаладочных работ. Инвестор, как правило, не в состоянии самостоятельно оценить качество строительных, монтажных, пусконаладочных и других видов работ. В этом ему может помочь управляющая компания.

На данном этапе периодическое наблюдение управляющего недвижимостью обеспечит заключение грамотных договоров с подрядчиками, соблюдение принятых проектных решений, своевременное внесение корректировок, которые не могли быть предварительно учтены на бумаге, выполнение подрядчиками своих контрактных обязательств, монтаж качественного оборудования и его наладка.

При приеме объекта приемной комиссией управляющая компания обеспечивает взаимодействие с надзорными органами, поставщиками коммунальных услуг и получение от подрядчиков полного комплекта документации, которая лежит в основе дальнейшего обслуживания объекта.

Если компания будет эксплуатировать объект недвижимости, то она заинтересована в максимальном раскрытии дефектов и способах их устранения их строительной компанией до подписания акта приемной комиссией.

После ввода объекта недвижимости в эксплуатацию управляющая компания уже не сможет производить немотивированные для владельца объекта ремонты или замены оборудования.



Выводы

Управление недвижимостью – организация наиболее эффективного использования недвижимости в интересах ее владельцев, в том числе разработка программы управления объектом недвижимости, организация технической эксплуатации недвижимости, обеспечение объекта коммунальными услугами, маркетинг недвижимости, организация обслуживания пользователей недвижимости, обеспечение взаимоотношений с органами власти и коммунальными службами, управление проектами развития недвижимости.

Управляющая компания – организация, основным видом деятельности которой является управление недвижимостью, находящейся в собственности третьих лиц.

Владелец, когда сдает свою коммерческую недвижимость в эксплуатацию, должен понимать, что для улучшения работы недвижимости ей нужна управляющая компания. И именно поэтому объявляются тендеры по выбору управляющей компании с самой выгодной программой, которая принесет ему наибольшую прибыль. После объявления победителя владелец подписывает с управляющей компанией сделку и передает недвижимость под контроль управляющей компании.

Управляющая компания, получая недвижимость в свое распоряжение, должна провести тщательный анализ рынка недвижимости, проанализировать конкурентов для данной недвижимости, проверить внешнее и внутреннее состояние, выявить, какие есть дефекты в данной недвижимости и т.д.. После всех этих мер управляющая компания должна приступать к решительным действиям. Главной целью работы управляющей компании является принесение владельцу такой прибыли, которая сможет покрыть все расходы, которые были использованы на строительство недвижимости.

Управляющей компании нужно сделать качественную рекламу о коммерческой недвижимости, в которой будет четко описан объект, его месторасположение, будет описываться его инфраструктура. Это поможет арендаторам понять, что это выгодное место для офисного помещения.

KAPITEL 5 / CHAPTER 5 ⁵

INFLUENCE OF FATS WASTEWATER ON THE OPERATION OF THE SEWAGE SYSTEM

DOI: 10.30890/2709-2313.2022-13-02-015

Introduction

The food production industry (enterprises for meat processing, bakeries, confectioneries, dairies, etc.), public catering establishments, etc. are characterized by wastewater with a significant fat content – FOG (fat, oil and grease). A general overview and classification of fats belonging to the internal drainage system is shown in Figure 1.

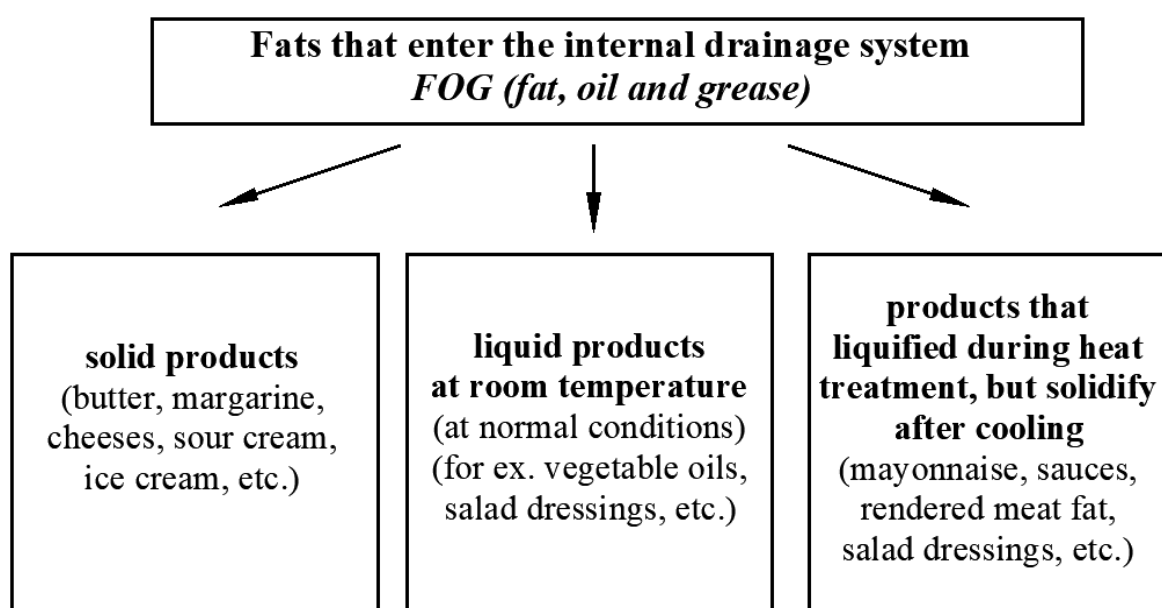


Figure 1 - Classification of fats present in the internal drainage system

The concentration of FOG in wastewater depends on many factors, including the trends for high-oil diets, the dietary preferences of the population in particular region, the use of food waste shredders, etc. The most unfavorable for the drainage system is wastewater from public catering establishments, in which the concentration of fats and oils varies in a wide range, for example, 42...1405 mg/dm³ or even reaches the value of 6500 mg/dm³ [1, 2]. The average value according to latest investigations is 1650 mg/dm³. During 2015, about 50 kg of FOG was generated per person in developing countries [3].

Table 1 shows the average chemical composition of wastewater from meat and seafood processing enterprises compared to typical municipal sewage [4]. The

⁵**Authors:** Matsiyevska Oksana Oleksandrivna, Orel Vadym Ihorovych, Mysak Ihor Vasylovych



analysis of Table 1 shows that the values of wastewater quality indicators of different enterprises differ. This is explained by the difference in the applied food processing technologies. However, the similarity of these wastewaters is observed – a high value of chemical oxygen demand (COD) and biochemical oxygen demand (BOD_{total}), an increased content of suspended solids, total nitrogen, and FOG. Significant concentrations of FOG are observed in wastewater during fish processing, butchering and primary processing of meat, high and low-temperature processing, and frying.

Table 1 – Comparison of the chemical composition of wastewater

Indicator	Sewage			
	food industry	meat processing plant	restaurant business	municipally owned enterprise
COD, mgO_2/dm^3	8000...18700	9600...12900	1250...4500	210...740
BOD_{total} , mgO_2/dm^3	1000...72000	2500...8000	820...3000	150...350
Suspended solids, mg/dm^3	500...2000	790...3350	220...2700	120...450
Total Nitrogen, mg/dm^3	200...300	230...260	—	20...80
Total Phosphorus, mg/dm^3	—	30...50	—	6...23
FOG, mg/dm^3	250...5000	100...2000	140...4100	—

Wastewater which containing FOG causes malfunctions in both internal systems and external sewage networks. Such wastewater has a negative impact on sewage treatment facilities, in particular on the mass exchange of oxygen in aeration tanks, as well as on the processes of dehydration of sewage sludge due to adhesion on its surface.

5.1. Mechanism of formation of fat deposits

In wastewater, FOG is present in unchanged and modified form, for example, after heat treatment or as a result of reaction with detergents. Fats in wastewater are in a non-emulsified state on the water surface and in the form of emulsions. All of



them, regardless of origin, are characterized by the ability to stick to the inner walls of pipelines and water treatment facilities. Other waste water impurities, in particular of organic origin, stick to fats and rot with the formation of an unpleasant smell. The accumulation of such impurities leads to a decrease in the throughput of sewage pipelines, up to their complete blockage. This causes emergency leaks of sewage, and therefore leads, in particular, to: flooding of territories, soil degradation, groundwater pollution, drinking water pollution by sewage, deterioration of the condition of premises on the first floors of buildings, etc. The share of accidents due to clogging of pipelines is in: USA – 40...50%, Great Britain – 50%, Australia – 21%, Malaysia – up to 70% of the total number of accidents [5–7].

The mechanism of the formation of fat deposits in sewage pipelines depends on many factors [8]. Schematically, the mechanism of the formation of fat deposits is shown in Figure 2.

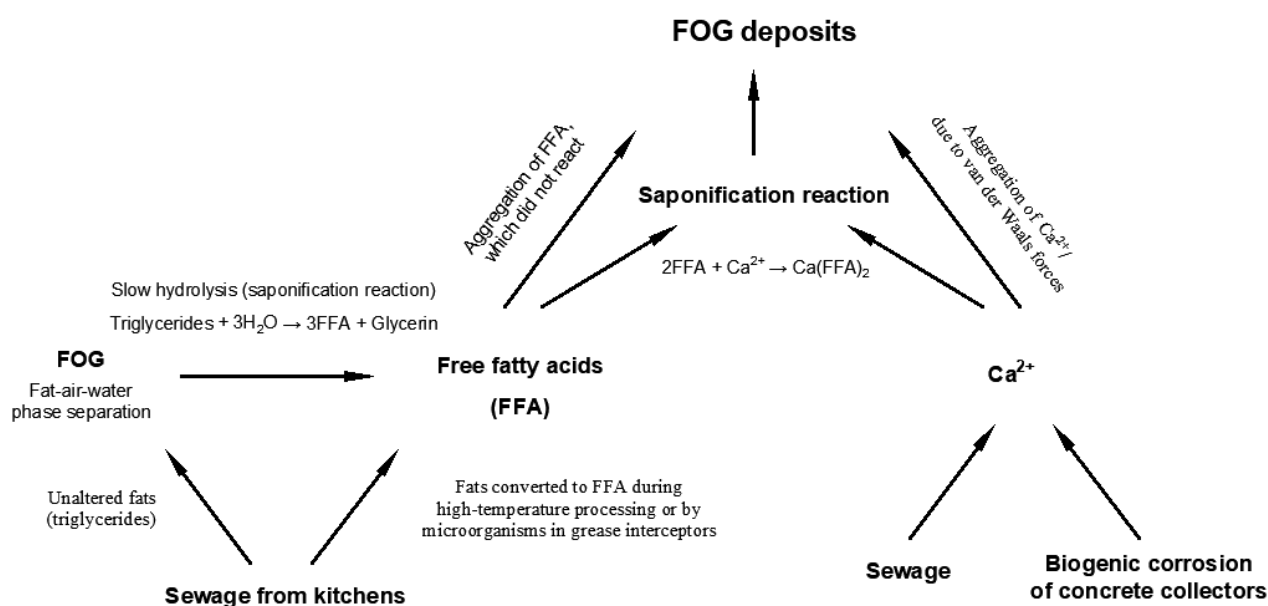


Figure 2 - The mechanism of formation of fat deposits in sewage pipelines

Fats enter into the sewage system in unchanged and modified forms. Fats are converted into free fatty acids during high-temperature processing or by microorganisms in grease interceptors. Unchanged fats (triglycerides) entering the sewage system are also hydrolyzed to free fatty acids (saponification reaction). In a neutral environment, this process proceeds slowly but is noticeably accelerated in the presence of bases. Such catalysts are KOH and NaOH, which are part of detergents. In turn, free fatty acids react with bases and form salts called soaps.



In most concrete sewer collectors, biogenic corrosion is observed, as a result of which calcium is released from the pipe material. In addition, calcium is naturally present in wastewater. Therefore, in the presence of free fatty acids and calcium ions in wastewater, a rapid process of saponification with the formation of fatty acid salts is observed at the boundary of the fat–water or fat–concrete environments. Accumulation of fatty deposits in pipelines is caused not only by the process of saponification but also by the aggregation of released calcium, fatty acids, and other impurities of wastewater on the inner surface of the pipe. This, in turn, leads to the formation of solidified fatty deposits interspersed with other wastewater impurities. An increase in the calcium concentration was recorded in the fatty deposits on the pipe walls. Therefore, it can be assumed that water hardness affects the formation of such deposits [8].

5.2. Methods of removing fat deposits

Internal drainage systems are especially vulnerable to clogging with fatty deposits. In addition to incorrect operation of such systems, the causes of clogging are mistakes made during their design and installation. The most common mistakes are failure to observe the required slope of the pipeline, use of pipes of smaller diameter, and connection of sewer risers to outlets at an angle of 90° (the optimal connection angle is 135°). In addition, unskilled installers can ignore the arrangement in the system of revisions and cleanings.

Methods of removing fat deposits are shown in Figure 3.

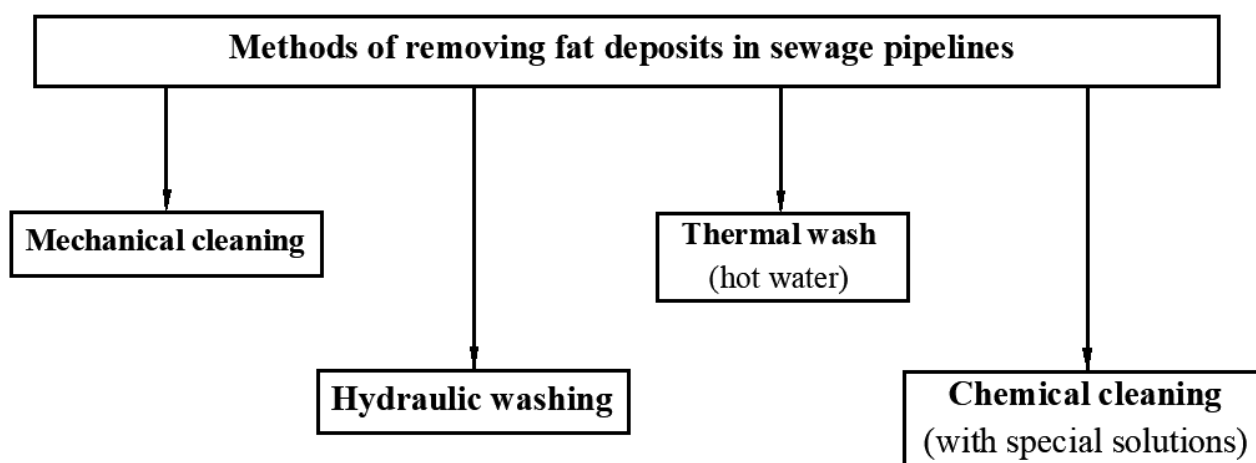


Figure 3 – Fat deposit removal methods in sewage pipelines



At the same time, it should be remembered: pipelines made of Low Density Polyethylene (LDPE), High Density Polyethylene (HDPE), and PVC are designed for permanent transportation of wastewater with a maximum temperature of 60°C and short-term (duration no more than 1 minute) with a temperature of up to 95°C. Pipelines made of PP are used for the removal of wastewater with a temperature not higher than 80°C. The temperature of short-term transportation of wastewater for PP, PVD, HDPE, and PVC pipes should not exceed 95°C.

At the same time, it is forbidden to use metal tools for the mechanical cleaning of plastic pipes. Clogging in plastic sewage pipelines is eliminated with the help of a polyethylene pipe with a diameter of up to 25 mm, or a hard rubber hose.

During the periodic cleaning of sewer pipes from fat, it is effective to use mixtures that contain enzymes – accelerators of biochemical processes. Such a biological degreaser prevents the formation of deposits of fat, emulsions, and soap in sewage pipelines. The powder preparation is a highly concentrated mixture of microorganisms and enzymes that control and accelerate the natural process of decomposition of organic waste water impurities in aerobic and anaerobic conditions.

Caustic soda is included in the composition of chemicals for cleaning pipes. In the means of different manufacturers, it can be in the form of a concentrated solution, granules, powder, or gel. This compound breaks down clogging from food residue, hair, and grease. The solution is poured into the drain hole of waste water receivers (kitchen sink, wash basin, bathtub, etc.) and left for the time specified in the instructions. After that, the pipes are washed with a stream of warm water.

For the guaranteed operation of the entire pipeline system, it is necessary to carry out its periodic prevention and cleaning. For sewage systems that are heavily used (for example, catering establishments, hotels, etc.), pipe cleaning should be carried out quarterly.

The harmful effect of fat-containing wastewater from public catering establishments is neutralized with the help of grease interceptors - devices for the mechanical purification of wastewater from non-emulsified fats. The use of such devices makes it possible to remove up to 80% of fat from wastewater. The classification of grease interceptors is shown in Figure 4.

Grease interceptors are installed as close as possible to sewage disposal sites, preferably in the open air and away from traffic.

For the treatment of industrial wastewater, grease interceptors should be designed at outlets outside the building – for food enterprises (restaurants) on semi-



finished products with a number of seats of 500 seats and more and for food companies (restaurants) on raw materials with a number of seats of 200 seats and more [9].

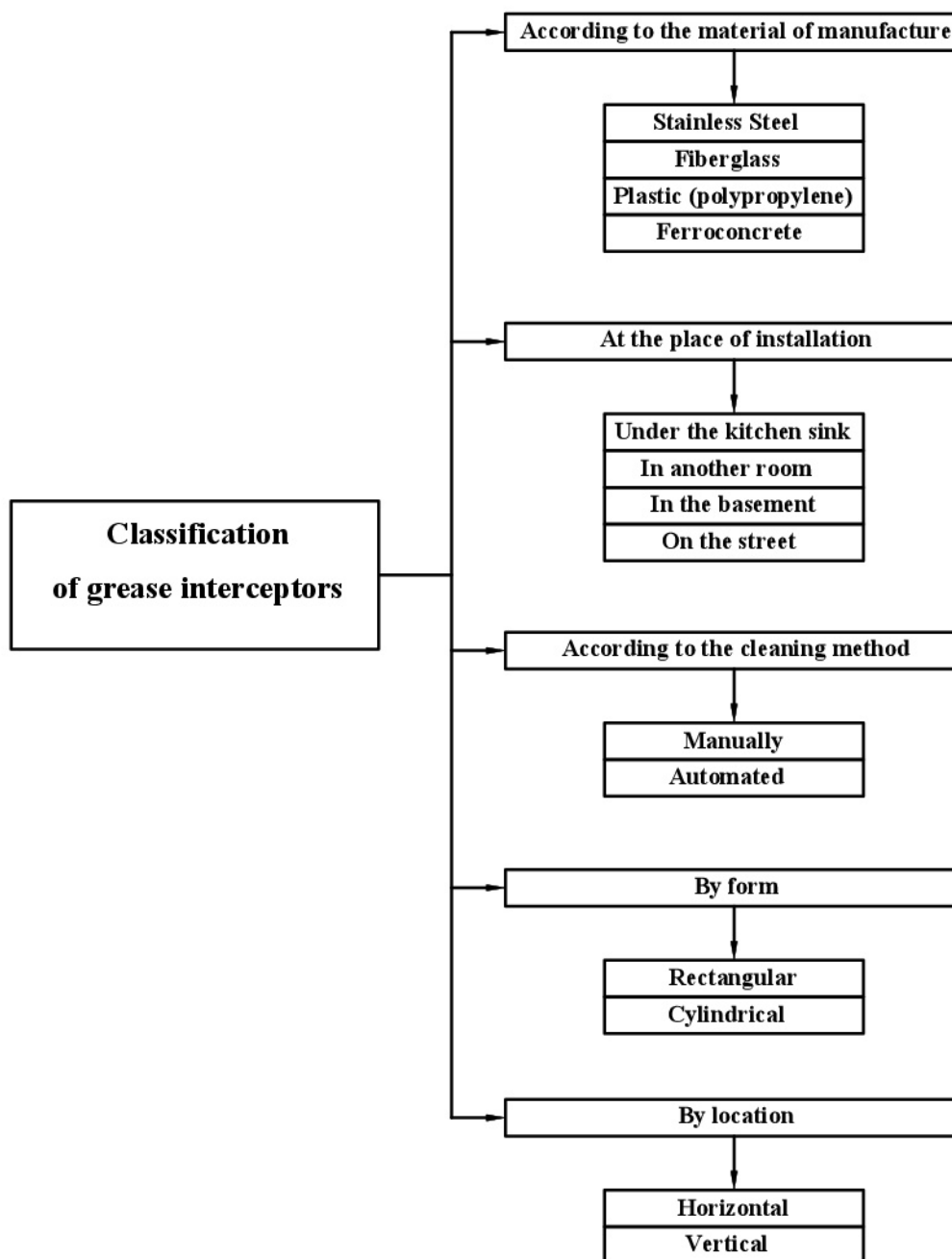


Figure 4 - Classification of grease interceptors

In public catering establishments with daily preparation of up to 500 portions of hot meals and in enterprises working on semi-finished products, compact hermetic grease interceptors with a complete technological cycle and automatic control of the building environment can be installed. Fat separators are installed as close to the



places of fat formation in a separate heated room under the conditions of ventilation, cold and hot water supply, organization of fire extinguishing, etc. In apartments, private houses, and cottages, it is possible to install compact grease interceptors under the sink [10].

5.3. FOG disposal methods

Therefore, difficulties arise during the operation of the drainage system caused by fat-containing wastewater. Given this, a promising direction of scientific research is the identification of effective methods of FOG disposal, and most importantly, the possibility of their reuse in order to replace high-quality energy raw materials of fossil origin. Below is a brief description of the advantages and disadvantages of methods of disposal and reuse of FOG (Figure 5) [4, 11, 12].

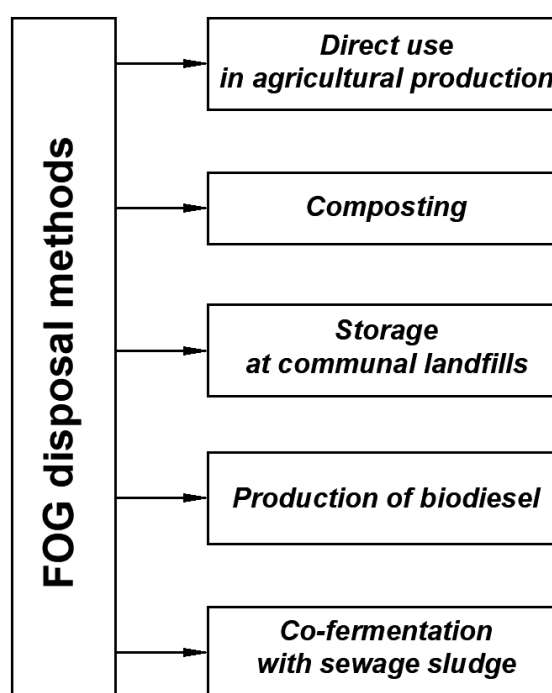


Figure 5 - FOG disposal methods

Direct use in agricultural production. One of the cheapest disposal options. At the same time, the content of organic carbon in the soil increases, and processes of nitrogen leaching, etc. are inhibited. However, a high-fat content can cause the formation of films around soil particles, which will prevent water from reaching the root systems of plants.

Composting. The final product of composting can be used directly in agriculture.



However, there is currently a lack of experimental studies on this use of FOG.

Storage at communal landfills. The method is considered less favorable from an environmental and economic point of view due to the difficulty of using the methane produced during the decomposition of FOG.

Production of biodiesel. In particular, using waste vegetable oil is an important tool for solving acute problems caused by the energy crisis and environmental pollution. In the world, this method is considered cost-effective due to the availability and low costs of purchasing raw materials. In addition, it is possible to save money on the processes of wastewater treatment and waste disposal. However, the chemical composition of waste from food industry enterprises, sewage sludge, and waste from grease interceptors is different. This, in turn, complicates the creation of unified technology and equipment for the production of biodiesel from FOG.

Co-fermentation with sewage sludge. The most promising method. It has been proven that co-fermentation of FOG from food industry enterprises with sewage sludge in methane tanks increases biogas yield by 30% or more. This makes it possible to meet half of the water treatment plant's need for electricity. Adding up to 4% of waste from grease interceptors to sewage sludge increases biogas yield by 65%. However, with an increase in the proportion of such waste in the mixture, the amount of biogas produced decreases. The main problems of co-fermentation are related to the adjustment of FOG volumes and their chemical composition.

The successful implementation of methods of disposal and reuse of FOG involves the creation of an extensive network of their collection at the places of generation.

Conclusions

The presented research characterizes fatty wastewater, describes the mechanism of the formation of fatty deposits in sewage pipelines, and provides methods for their removal from pipelines. The advantages and disadvantages of promising areas of scientific research on the disposal and reuse of FOG are indicated.



KAPITEL 6 / CHAPTER 6 ⁶ UNSTABLE PAIRS AND SUPERIONIC STATE

DOI: 10.30890/2709-2313.2022-13-02-008

Вступ.

Основною властивістю суперіонних кристалів (СІК) (інша назва – тверді електроліти) є їх висока іонна провідність σ у твердій фазі, яка може досягати значень, характерних для розплавів іонних кристалів і навіть перевершувати їх. Такий ефект обумовлений зникненням впорядкування в однієї з підрешіток кристала (частіше катіонної) при збереженні регулярного розташування атомів в інших підрешітках. Типовими прикладами таких сполук є AgI, PbF₂, Ag₄RbI₅.

Причиною виникнення високої іонної провідності є різке збільшення ступеня дефектності (аж до повного зникнення порядку) однією з підрешіток кристала, як правило, в результаті фазового переходу (ФП) I або II роду.

Тверді електроліти використовуються для створення компактних та надійних джерел струму, перетворювачів електричних сигналів (інтегратори-кулонметри, елементи пам'яті, елементи затримки, електричні ключі тощо), сенсорних систем для створення датчиків температури, тиску, прискорення та складу навколишнього середовища.

Механізми зникнення порядку однієї з кристалічних підрешіток та іонного переносу становлять великий інтерес і широко обговорювалися протягом останніх десятиліть.

У більшості існуючих моделей передбачається, що причиною переходу є колективна взаємодія пар Френкеля вакансія – іон у міжвузлі, висока концентрація яких визначає приналежність тієї чи іншої сполуки до СІК. При цьому, як правило, використовуються традиційні уявлення про пари Френкеля, як про дефекти з практично нескінченним часом життя та відсутністю зв'язку міжвузельного дефекту та вакансії, з якою він пов'язаний народженням.

Велика кількість експериментальних фактів свідчить про надзвичайну важливість колективних ефектів для розгляду як термодинамічних, так і кінетичних характеристик СІК (див., наприклад [1]). До таких даних, зокрема, належать наявність у багатьох СІК, крім власне суперіонного, ще й фазового переходу II роду, пов'язаного зі стрибком енергії активації провідності E_{σ} , існування в СІ стані мікродоменів, існування загального для всіх досліджених

⁶Authors: Reshetnyak Yuriy



СИК зростання провідності σ в мікрохвильовому діапазоні частот дані ЯМР, що підтверджують наявність кореляції в системі рухомих іонів. Слід також наголосити, що кристалохімічні критерії для суперіонних та сегнетоелектричних кристалів практично збігаються. Оскільки колективні ефекти грають на вирішальній ролі у виникненні сегнетоелектричного стану, можна припустити, що вони грають істотну роль й у СИК.

Цікавим є питання про радіаційну стійкість СИК. Аналізується вплив радіації на термодинаміку суперіонних кристалів (СИК) у моделі, що передбачає кореляцію в розташуванні міжвузельного іона та вакансії, з якою він пов'язаний з народженням. Вважається, що радіаційні дефекти не вносять змін до енергії системи та враховуються лише через конфігураційну ентропію.

6.1. Точкові дефекти в кристалах.

Найбільш простими комбінаціями точкових дефектів, що забезпечують збереження заряду, є вакансія за наявності додаткового атома на поверхні кристала - вакансія Шоттки і пара Френкеля (ПФ), що складається з вакансії і атома, що належить їй та перейшов у міжвузельну позицію. Енергії утворення вакансії Шоттки E_v і пари Френкеля E_i визначаються енергією зв'язку атома в решітці, енергією релаксації решітки в області дефекту та силами відштовхування в області дефекту. Як правило, величини E_v і E_i становлять кілька електронвольт. Переважання в кристалі дефектів того чи іншого типу визначається співвідношенням їхньої енергії утворення. У більшості діелектриків енергетично вигіднішими є дефекти Шоттки, проте в ряді сполук з іонними радіусами компонентів, що сильно різняться і пухкими кристалічними структурами утворюються в основному дефекти Френкеля. До таких сполук, зокрема, відносяться суперіонні кристали, основним структурним мотивом яких є пухкість кристалічної решітки.

Крім звичайних пар Френкеля, в яких іон і вакансія незалежні один від одного, у кристалі існують також нестійкі пари (НП) вакансія - атом у міжвузлі, що знаходиться в зоні нестійкості цієї вакансії. Зоною нестійкості (ЗН) називається область навколо вакансії така, що міжвузельний атом, що потрапив до неї, рекомбінує з вакансією безактиваційно, із незалежною від температури



ймовірністю, що дорівнює 1. Існування зон нестійкості вперше було доведено Віньярдом [2], який показав, що ЗН в міді охоплює приблизно 50 вузлів решітки. Згодом Балзер [3] визначив розмір ЗН для діелектриків KCl і KBr. Виявилося, що для цих сполук радіус ЗН значно вище, ніж у металах і дорівнює 5 постійних решітки (приблизно 30 ангстрем). У роботах [4-6] показано, що у разі, якщо НП складається із заряджених компонентів, її радіус дорівнює:

$$r_{un} = \alpha \sqrt{\frac{q_i q_v a}{\epsilon U_m}} \quad (1)$$

де q_i, q_v – заряди іона та вакансії, a – міжатомна відстань, ϵ – діелектрична проникність, U_m – енергія міграції міжвузельного іона, α – коефіцієнт порядку 1, який залежить від вибору потенціалу взаємодії дефекту з атомами решітки. НП є проміжним типом дефекту між коливаннями атома у вузлі кристалічної решітки і парами Френкеля. Як у разі коливання, іон безактиваційно повертається у вакансію, але в НП, як і в парах Френкеля, іон може відійти від вакансії на кілька міжатомних відстаней. Таким чином, якщо компоненти пари заряджені, то НП є «блимаючим» диполем зі змінним плечем і кінцевим часом життя. В [4] оцінено час життя НП для випадку кулонівської взаємодії її компонентів:

$$\tau = \frac{\pi \sqrt{m} r_{un}^{3/2}}{2\sqrt{2}q}, \quad (2)$$

де m та q – маса и заряд міжвузельного іона. При $m=10^{-22}$ грамма, $r_{un}=10^{-7}$ см, $\tau=10^{-11}$ секунди.

Очевидно, що енергія утворення НП залежить від відстані між компонентами нестійкої пари ($r \leq r_{un}$). Якщо вважати, що релаксація решітки однакова для ПФ и НП, то E_{un} и E_i пов'язані співвідношенням:

$$E_{un}(r) = E_i - \frac{q^2}{\epsilon r}, \quad (3)$$

Середня енергія утворення НП та середня відстань іон – вакансія у НП [4] дорівнюють:

$$\begin{aligned} \bar{E}_{un} &= E_i - \frac{q^2}{\epsilon \bar{r}}, \\ \bar{r} &= R_0 \frac{\Gamma(-4, -R_0/a) - \Gamma(-4, -R_0/r_{un})}{\Gamma(-3, -R_0/a) - \Gamma(-3, -R_0/r_{un})}, \end{aligned} \quad (4)$$



де $\Gamma(\alpha, x)$ – неповна гамма-функція, $R_0 = q^2 / \varepsilon \bar{r}$. Оцінки показують, що при $r_{un} = 25 \text{ \AA}$, $a = 2.5 \text{ \AA}$, $\bar{r}$ – порядку міжатомної відстані. Відповідно до [4] при $E_i \leq 2q^2 / \varepsilon \bar{r}$ переважним типом дефектів у кристалі є НП. Для $\bar{r} = 3 \text{ \AA}$, $\varepsilon = 5$, маємо $E_i \leq 2 \text{ эВ}$, що виконується для багатьох діелектриків. Таким чином, можна стверджувати, що фізичні характеристики кристалів, що залежать від дефектності решітки, визначаються наявністю в останніх, поряд з дефектами Шоттки і Френкеля, також і нестійких пар.

6.2. Термодинаміка суперіонного фазового переходу у моделі нестійких пар

Зникненню впорядкування решітки, як результату взаємодії термічно активованих нестійких пар, що є «миготливими» диполі з часом життя τ і плечем $q\bar{r}$, присвячені роботи [7-10]. Запропонована модель передбачає таке. Середня енергія утворення НП не залежить від напрямку вильоту міжвузельного іону. Нехай $\vec{k}$ – деякий, довільно обраний напрямок у просторі. Тоді середнє значення проекції радіус-вектора НП $\vec{R}$ на цей напрямок дорівнює $(-1)^m q\bar{r}/2$, де $m = 1, 2$ для випадків $(\vec{R}, \vec{k}) > \pi/2$ и $(\vec{R}, \vec{k}) < \pi/2$ відповідно. Зміна внутрішньої енергії одиниці об'єму кристала, що пов'язана з виникненням НП, дорівнює:

$$\Delta W = \sum_{m=1,2}^N \bar{E}_n \xi_{im} - \frac{1}{2} \sum_{m=1,2}^N \sum_{j=1}^N -1^{m+l} V_{ij} \xi_{im} \xi_{jl}, \quad (5)$$

де N – кількість вузлів розпорядкованої підрешітки в одиниці об'єму, ξ_{im} – ймовірність виникнення НП у вузлі i з орієнтацією m щодо вектора $\vec{k}$, V_{ij} – енергія взаємодії двох паралельних диполів з моментами $q\bar{r}/2$ у вузлах i та j . У наближенні середнього поля зміна вільної енергії кристала, що припадає на один вузол підрешітки, що розглядається, дорівнює:

$$\Delta F = (x_1 + x_2) \bar{E}_n - \varphi(x_1 - x_2)^2 + kT(x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2 + (1 - x_1 - x_2) \ln(1 - x_1 - x_2) - (x_1 + x_2) \ln f) \quad (6)$$



де x_1, x_2 – відносні концентрації НП з орієнтацією $m = 1, 2$ відповідно ($x_1 = \langle \xi_{i1} \rangle$, $x_2 = \langle \xi_{i2} \rangle$), $\varphi = \frac{1}{8} \mu q^2 \bar{r}^2 N, \mu$ – фактор Лоренца, число міжвузлів в зоні нестійкості. Мінімізація (6) показує, що існує три типи температурних залежностей загальної концентрації дефектів $u = (x_1 + x_2)$ и параметра порядку $z = (x_1 - x_2)/(x_1 + x_2)$. Нехай $\beta = \bar{E}_n/kT$, $\gamma = 2\varphi/\bar{E}_n$. Тоді при $\gamma < (\beta_0 - 1)^{-1}$ (де β_0 – корень рівняння $\beta_0 - 2f \exp(-\beta_0) - 1 = 0$) СИ ФП відсутній и z при будь яких температурах тотожно дорівнює 0.

При $(\beta_0 - 1)^{-1} < \gamma < 3/\ln(4f)$ в СІК відбуваються два ФП II рода при температурах T_{c1} и T_{c2} ($T_{c1} < T_{c2}$), які визначаються рівнянням(7):

$$1 + 2f \exp(-\beta) = 2f\beta\gamma \exp(-\beta) \quad (7)$$

При $T > T_{c1}$ відбувається швидке зростання концентрації НП u . В температурному інтервалі $T_{c1} < T < T_{c2}$ в СІК з'являється спонтанна поляризація ($z \neq 0$), яка, на відміну від сегнетоелектричної, створюється не малими статичними зміщеннями атомів, а переважним народженням короткоживучих нестійких пар у напрямку самоузгодженого поля таких самих пар. Тут немає протиріччя між виникненням порядку зі зростанням температури і 2-м початком термодинаміки, оскільки повна ентропія кристала зростає за рахунок зростання концентрації НП. При високотемпературному ФП II роду z стає рівним 0 (зникає порядок у напрямку народження НП за збереження високих значень їхньої концентрації). Цей перехід є аналогом сегнетоелектричних ФП. При $3/\ln(4f) < \gamma < 2$ в системі також здійснюються 2 ФП, аналогічних попередньому випадку, з тією відмінністю, що низькотемпературний ФП є фазовим переходом I роду, тобто параметр порядку та концентрація НП при ФП зростають стрибкоподібно.

6.3. Вплив радіації на термодинаміку фазових переходів в твердих електролітах.

Розглянемо механізм радіаційних пошкоджень у СІК у моделі нестійких



пар [5]. Припустимо, що радіаційних ушкоджень у розупорядкованій (наприклад, катіонної) підрешітці немає, тому що вони миттєво відпалюються, а для вибитих аніонів центрами захоплення є заряджені міжвузелові катіони та вакансії в аніонній підрешітці. При захопленні катіонами B аніонів A виникають нейтральні міжвузелові комплекси AB (концентрація яких n_{AB}) та вакансії в аніонній решітці з концентрацією n_V . Очевидно, що:

$$n_{AB} = n_V \quad (8)$$

Концентрація рухомих катіонів у відомих СІК становить $10^{-2} - 10^{-1}$ вузлів, що наперед більше, ніж необхідно для перекриття їх зон нестійкості. Наслідком цього є рекомбінація вибитих аніонів з центрами захоплення з ймовірністю рівною 1. Припустимо тепер, що в деякій околиці радіаційних дефектів, що виникли, сегнетоподібне впорядкування НП неможливе і вони взагалі не виникають. Таке припущення можна зробити, якщо врахувати, що при розглянутому впорядкуванні виникає осьова симетрія, а радіаційні дефекти, що виникли, створюють центрально симетричне поле. Нехай така зона охоплює f_{AB} міжвузельних позицій у катіонній підрешітці та f_V міжвузельних позицій в околиці аніонної вакансії. Вважатимемо, що радіаційні дефекти не впливають на енергію кристала, враховуватимемо їх наявність тільки в конфігураційній ентропії. У такому наближенні вираз для зміни вільної енергії, що припадає на один вузол підрешітки, в якій зникає порядок, має вигляд:

$$\Delta F = \bar{E}_n(x_1 + x_2) - \varphi(x_1 - x_2)^2 + kT(x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2 + (1 - x_1 - x_2 - (f_{AB} + f_V)n_V) \ln(1 - x_1 - x_2 - (f_{AB} + f_V)n_V) - (x_1 + x_2) \ln f) \quad (9)$$

Вирішуючи систему рівнянь для визначення рівноважних x_1, x_2 :

$$\frac{\partial \Delta F}{\partial x_1} = \frac{\partial \Delta F}{\partial x_2} = 0 \quad (10)$$

маємо:

$$u = \frac{2f(1 - f_0u) \exp(-\beta)}{\sqrt{1 - z^2} + 2f \exp(-\beta)} \quad (11)$$

$$\ln \frac{1 + z}{1 - z} = \frac{4\gamma\beta f z(1 - f_0u) \exp(-\beta)}{\sqrt{1 - z^2} + 2f \exp(-\beta)}$$

де $\beta = \bar{E}_n/kT$, $\gamma = 2\varphi/\bar{E}_n$, $u = x_1 + x_2$, $z = (x_1 - x_2)/(x_1 + x_2)$, $f_0 = f_{AB} + f_V$.

Аналізуючи (5), можна бачити, що концентрація нестійких пар u порівняно з



розглянутим в [7 - 10] неопроміненим кристалом зменшується в $(1 - f_0 u)^{-1}$ разів.

Дослідимо тепер вплив радіаційних дефектів на температуру фазових переходів. ФП II роду здійснюються за умови:

$$\frac{\partial f_1(z)}{\partial z} = \frac{\partial f_2(z)}{\partial z} \text{ при } z = 0 \quad (12)$$

де $f_1(z)$ и $f_2(z)$ - функції, що стоять у лівій та правій частині (6). Залежності T_{c1} (температури суперіонного фазового переходу) і T_{c2} (температури ФП, що знищує порядок у напрямку народження НП), які впливають з (7) можуть бути апроксимовані виразами:

$$T_{c1} = \frac{\bar{\bar{E}}_n}{k \ln(2\gamma^2 f(1 - f_0 u_V))} \quad (13)$$

$$T_{c2} = \frac{4\varphi^2(1 - f_0 u_V)}{k \bar{\bar{E}}_n}$$

При $T > T_{c1}$ відбувається швидке зростання концентрації НП. У температурному інтервалі $T_{c1} < T < T_{c2}$ в кристалі з'являється спонтанна поляризація ($z \neq 0$), яка, на відміну від сегнетоелектричної, створюється не малими статичними зміщеннями атомів, а переважним народженням короткоживучих нестійких пар у напрямку самоузгодженого поля таких самих пар. Залежність температури «сильного» ФП I рода от n_V можна отримати з умови: $\Delta F = 0$ при $u = (1 - f_0 u_V)$, $z = 1$, $f_0 u_V \ll 1$.

$$T_c = T_{c0} + \frac{\varphi n_V (f_{AB} + f_V)}{k \ln f} \quad (14)$$

де T_{c0} - температура ФП в неопроміненому СІК.



Висновки

Багато експериментальних даних свідчать про анізотропію дефектних структур і наявність кореляції в системі рухомих іонів СІК. Зокрема, в [11] при дослідженні методами непружного розсіювання нейтронів та нейтронної дифракції халькогенідів міді та срібла було показано, що зміщення іонів міді та срібла можна розглядати як ангармонічні коливання з великою амплітудою та зниженим енергетичним бар'єром. У моделі [7-10] присутні осцилятори з власною частотою, що лежить в області спектра, що розглядається, і аномально великим згасанням. Такими осциляторами є НП вакансія - атом у міжвузлі, концентрація яких різко зростає при СІ ФП. Таким чином, можна зробити висновок, що рухливі іони в СІК не мігрують хаотично по кристалу, а більшу частину часу роблять ангармонічні коливання поблизу вузлів решітки, так що важливу роль відіграє рух мобільних іонів у «своїх» елементарних комірках.

Показано, що моделі НП опромінення підвищує температуру СІ ФП і знижує температуру високотемпературного ФП II роду. Таким чином, в опроміненому СІК зменшується сфера існування фази впорядкованого виникнення НП. Слід зазначити, що якби СІ ФП супроводжувався зростанням концентрації пар Френкеля, а не НП, опромінення ініціювало б такий перехід як будь-який вплив, що збільшує дефектність решітки.



KAPITEL 7 / CHAPTER 7⁷

METHOD OF OBTAINING AND STANDARTIZING EXTRACTS OF CREEPING THYME

DOI: 10.30890/2709-2313.2022-13-02-017

Вступ.

Згідно даних інституту фтізіатрії і пульмонології НАМН України, на долю захворювань органів дихання припадає третина всіх зареєстрованих в Україні захворювань, в структурі смертності вони займають четверте місце після патологій системи кровообігу, злоякісних новоутворень і нещасних випадків [1].

У фармакотерапії цих захворювань важливе місце займають лікарські засоби (ЛЗ) рослинного походження, яким характерна різнобічна фармакологічна дія, що зумовлена комплексом біологічно активних речовин (БАР) відповідних рослин. Крім цього, рослинні препарати при правильному дозуванні практично нетоксичні, нешкідливі, відносно доступні, ефективні й унікальні [2-3]. Для лікування захворювань, що супроводжуються кашлем перевагу віддають таким рослинам як: чебрець повзучий, плющ звичайний, подорожник великий, фіалка триколірна, алтея лікарська, солодка гола, первоцвіт весняний, оман високий та іншим [2-5]. Віддавна відомою ЛРС і такою, що залишається актуальною для виробництва ЛЗ, є трава чебрецю повзучого (*Thymus serpyllum*), родини Губоцвіті (*Lamiaceae*).

Чебрець повзучий (*Thymus serpyllum*) є фармакопейною рослиною, а відповідна їй сировина – трава чебрецю (*Herba Thymi*) – офіційною. Вона росте по всій Україні, найбільш поширений на Поліссі у сухих хвойних і мішаних лісах, на узліссях, галявинах, серед чагарників, на схилах. З лікувальною метою застосовують траву чебрецю, яку заготовляють в період цвітіння рослини.

Із даних літератури [2-5] відомо, що трава чебрецю повзучого містить ефірну олію (0,2-1,5 %), в деяких джерелах знаходимо її вміст до 3 %, в якій знайдені феноли – тимол (40 %), карвакрол (до 25 %), в незначній кількості – борнеол, терпінеол, каріофіллен та цингіберен. У сировині також містяться флавоноїди, дубильні та гіркі речовини, камедь, терпенові кислоти (урсолова і олеанова), мінеральні солі.

⁷Authors: Zarivna N. O.



З усіх груп БАР трави чебрецю найбільш вивченими є компоненти ефірної олії, виділення і дослідження яких здійснюється різними методами. Для аналізу сумішей терпенових сполук найширше застосування знайшли хроматографічні методи, які дозволяють розділити компоненти сумішей та здійснити їхнє кількісне визначення.

Препарати на основі чебрецю повзучого призначають при бронхітах, запаленні легень, кашлюку як відхаркувальний засіб. Серед рослин з муколітичною активністю особлива увага припадає, також, на чебрець повзучий [5-7]. Тому пошук, дослідження БАР рослинної сировини та створення на їх основі вітчизняних лікарських препаратів з муколітичною активністю є актуальним завданням фармації на сьогодні.

Згідно даних Державного реєстру лікарських засобів України в групу муколітиків (R05CB) включені 73 лікарські засоби, які випускаються в різних лікарських формах тридцятьма виробниками, із яких вісімнадцять – зарубіжні. Фармацевтичні компанії-виробники пропонують на ринку різні лікарські форми цих препаратів для безрецептурного відпуску, які аналізуючи ринок, були поділені на три групи. Першу групу (26 препаратів) складають рідкі лікарські засоби у формі сиропу, крапель, розчинів для внутрішнього застосування; другу групу складають тверді лікарські засоби (35) у формі таблеток, драже, капсул; третю групу (12 препаратів) – у формі для приготування розчинів (шипучі таблетки, гранули, порошки). Вище перераховані ЛЗ – синтетичного походження [6, 8].

Як відомо, препарати природнього походження, не поступаючись за ефективністю синтетичним лікарським засобам, найбільш повно відповідають головній вимозі медицини – “не зашкодь” – завдяки практично повній відсутності побічних ефектів та низькій токсичності. Саме їм надається перевага за рахунок:

- м’якої фармакологічної та політропної дії на організм;
- можливості тривалого застосування без істотних побічних проявів;
- спорідненості хімічних сполук до людського організму [2, 3].

У відповідності з міжнародною класифікацією АТС, лікарські препарати на основі чебрецю належать до групи препаратів, які стимулюють відхаркування (R-рівень кваліфікації). Інтерес представляють препарати, що за АТС класифікацією містяться в групі R05CA10 [8].

Високий попит і рівень конкуренції мають такі препарати як стоптусин



фіто, бронхіпрет, гербіон сироп первоцвіту. Потреба в таких препаратах як пертусин, трава чебрецю практично повністю забезпечується за рахунок продукції вітчизняних фармацевтичних фабрик. Більш великі виробники є монополістами вітчизняного сектору фармацевтичного ринку. Іноземні країни представлені 3 виробниками, зокрема фармацевтичними фірмами Словенії, Німеччини, Чеської республіки. Провівши аналіз фармацевтичного ринку препаратів на основі лікарської рослинної сировини – трави чебрецю повзучого встановлено, що лікарські засоби (ЛЗ) на її основі, містять в своєму складі водні та водно-спиртові екстракти чебрецю (Стоптусин фіто, Гербіон сироп первоцвіту, Пертусин, Пекторал тощо) [6, 8]. Кожен з виробників, вибираючи той чи інший екстрагент, мав на меті вилучення певних біологічно активних речовин (БАР), що найбільш ефективно проявляли ефективність щодо захворювань верхніх дихальних шляхів.

Аналіз ринку препаратів-муколітиків на основі трави чебрецю повзучого показав, що частка українських виробників щодо іноземних становить 25 % проти 75 %. Також, слід зазначити, що серед зареєстрованих ЛЗ на основі чебрецю прості препарати (наприклад лікарська рослинна сировина) становлять меншу частку, ніж комбіновані. Також, спостерігається домінування рідких лікарських форм. Серед комбінованих препаратів пропозиції в цілому рідких (сиropи, настойки, краплі, рідкі екстракти) і твердих (таблетки, збори, пастилки) представлені по 66,66 і 33,33 % у відсотках. Перші займають значну частку завдяки хорошій біодоступності, а перевага твердих лікарських форм зумовлена зручністю застосування, вищою точністю дозування порівняно з рідкими лікарськими формами. Однак, значною мірою це домінування пояснюється традиційною технологією переробки трави чебрецю, а саме отриманням рідкого екстракту та лабільністю біологічно активних речовин чебрецю, в результаті чого потрібно забезпечити захист одержаного екстракту чебрецю від світла, вологи, коливання температури. Всі ці фактори можна усунути за рахунок твердої лікарської форми у вигляді капсул. Більше того, з результатів проведеного маркетингового дослідження випливає необхідність розширення номенклатури ЛЗ за рахунок досягнень сучасної технології з метою більш глибокого насичення ринку препаратів досліджуваної групи у твердих лікарських формах.

Згідно Європейської Фармакопеї (ЄФ) стандартизація сировини проводиться за вмістом ефірної олії (не менше 3,0 мл/кг у перерахунку на суху



сировину). Німецька Фармакопея пропонує якість трави чебрецю здійснювати за вмістом ефірної олії (не менше 3 мл/кг) і вмісту фенолу у перерахунку на тимол (не менше 0,1 %). Державною фармакопеею України якість трави чебрецю регламентується вмістом ефірної олії, ідентифікацією у ній тимолу і карвакролу. Згідно національного доповнення, ідентифікують тільки тимол, зважаючи на тимольний хемотип вітчизняної сировини.

Актуальною проблемою фармацевтичного аналізу є стандартизація лікарських засобів рослинного походження. Показниками для стандартизації рослинних ЛЗ використовують загальні вимоги для лікарських форм останніх редакцій провідних фармакопей з деякими підходами, специфічними для рослинних препаратів. Метою створення критеріїв для стандартизації є забезпечення оптимального рівня постійного складу і фармако-технологічних характеристик рослинного ЛЗ, який за умов виробництва у відповідності до вимог Належної виробничої практики (GMP), міг би гарантувати відтворюваний і передбачуваний терапевтичний ефект. Критерії меж вмісту БАР у рослинних ЛЗ розраховують з урахуванням вмісту БАР або маркерів у вихідній лікарській рослинній сировині чи в рослинних препаратах, їх внеску у склад готового ЛЗ і особливостей технології виробництва. У процесі стандартизації рослинних препаратів важливою умовою є вибір групи чи окремих БАР, які б відповідали за фармакологічну активність ГЛЗ. Маркери якості рослинної сировини, напівпродуктів, а згодом готових лікарських засобів, повинні відображати як фармакологічну дію, так і склад достатньо лабільних БАР, вміст яких може змінюватися у процесі зберігання впродовж всього терміну придатності.

Як було показано при аналізі фармацевтичного ринку препаратів муколітиків [8], в Україні виробляється різними виробниками пертусин і комбіновані ЛЗ на основі трави чебрецю, або його екстракту. Кожен виробник контролює якість своєї продукції методами, приведеними у власних методиках контролю якості (МКЯ). На сьогодні більшість з них залишають кількісним показником якості вміст тимолу, який визначають методом газової хроматографії.

Розробка нових ЛЗ на основі рослинних екстрактів вимагає їх стандартизації в ланцюзі сировина – екстракти – ГЛЗ. Враховуючи те, що, трава чебрецю повзучого містить гідрофільні (флавоноїди-глюкозиди, фенолкарбонові кислоти, полісахариди, амінокислоти) та гідрофобні (у складі



ефірної олії) БАР, які мають фармакологічну активність [5], проте використовувана вітчизняними виробниками технологія отримання екстракту та настойки не дозволяє їх одночасне вилучення з трави. В результаті значна частина БАР потрапляє у відходи, що є доказом нераціонального використання ЛРС чебрецю, а отримувані ЛЗ, порівняно з сировиною, не можуть, внаслідок цього, містити повного комплексу БАР трави. Тому, необхідним виявилось підібрати оптимальний спосіб одержання рідкого екстракту, густого екстракту та змінити підхід до їх стандартизації. Для цього, спочатку вивчалися різні умови екстракції з досліджуваної ЛРС. З метою встановлення оптимальних умов отримання рідкого екстракту та максимального вилучення екстрактивних речовин з трави чебрецю повзучого було проведено експеримент щодо вибору оптимальних концентрації екстрагенту. Для забезпечення повноти витягу діючих речовин і максимальної швидкості екстрагування до екстрагента висувають такі вимоги:

- повинен максимально розчиняти ЛР і мінімально баластні речовини;
- повинен проникати у пори матеріалу і крізь стінки клітин, забезпечувати високу змочувальну здатність;
- повинен перешкоджати мікробіологічному забрудненню;
- повинен мати низьку температуру кипіння, легко регенеруватися;
- повинен бути мінімально токсичним і вогнебезпечним;
- повинен бути доступним за вартістю.

7.1. Розробка технології одержання рідкого екстракту чебрецю повзучого

Попередніми дослідженнями нами проведено екстракцію біологічно активних речовин з трави чебрецю повзучого водою та розчинами спирту різної концентрації (10 % – 96 %). Дані екстрагенти широко використовуються при отриманні екстрактів на хіміко-фармацевтичних підприємствах. З огляду на закордонний досвід отримання екстрактів чебрецю із застосуванням різної концентрації спиртових розчинів є доречним апробування їх як індивідуально, так і в поєднанні, тобто ступінчасто. Екстракцію проводили в класичному співвідношенні сировина – екстрагент (1:10) методом реперколяції. Відомо, що метод мацерації є тривалим і не завжди дозволяє вилучити максимальну кількість БАР з ЛРС та, як правило, є методом отримання настоек. Тому,



враховуючи склад трави чебрецю повзучого, а саме наявність у ньому флавоноїдів, ефірної олії, полісахаридів, амінокислот для подальших досліджень було обрано метод реперколяції, який є доступним, експресним та економічно вигідним методом в промислових умовах [9].

Для експерименту використовували траву чебрецю повзучого Житомирської ФФ «Ліктрави».

Витяги для досліджень отримували наступним експериментальним шляхом: 10 г сировини чебрецю поміщали в перколятор додавали 100 мл відповідного екстрагенту, настоювали 3 години до повного набрякання сировини, після чого доливали екстрагентом до «дзеркала» та залишали на 24 години. Зливали витяжку з першого перколятора і заливали нею свіжу сировину в другому перколяторі, а в перший поміщали свіжий екстрагент і проводили аналогічні операції як в перший день. На третій день все по аналогії з попередніми днями.

Технологічний процес проводили у батареї, що складалася з 3 перколяторів, що працюють у взаємозв'язку. У батареї зливання готового продукту проводять із перколятора, в якому завжди свіжа сировина, а свіжий екстрагент подають у перколятор, де найбільш виснажена сировина. На шостий день отримували витяг об'ємом 300 мл. Після чого отриманий витяг відстоювали 2 доби при температурі 10 °С, фільтрували через бязевий фільтр. За маркери якості отримуваних екстрактів, виходячи з проведених досліджень складу сировини, обрали флавоноїди, відновлюючі моносахариди та амінокислоти.

Кількісне визначення флавоноїдів, відновлюючих моносахаридів, амінокислот проводили спектрофотометричним методом, у перерахунку на апігенін, глюкозу та гліцин відповідно, як у випадку дослідження сировини (табл. 1).

Одержані експериментальні дані свідчать, що за здатністю екстрагувати комплекс флавоноїдів трави чебрецю повзучого значну перевагу має спирт етиловий 60 %; 30 % етанол вилучає максимальну кількість амінокислот; вода – полісахариди.

Таким чином, нами були відібрані лідери – 60 %, 30 %, 10 % розчини спирту і вода для подальших досліджень.



Таблиця 1 – Порівняльна характеристика виходу екстрактивних речовин, флавоноїдів, полісахаридів, амінокислот у витягах чебрецю повзучого, одержаних при екстрагуванні водно-спиртовими розчинами різної концентрації ($P = 0,95$; $n = 5$)

Вміст спирту в розчині для отримання екстракту, %	Екстрактивні речовини в перерахунку на суху речовину, %	Вміст флавоноїдів у перерахунку на апігенін $\times 10^{-2}$, %	Вміст відновлюючих моносахаридів у перерахунку на глюкозу $\times 10^{-2}$, %	Вміст амінокислот у перерахунку на гліцин $\times 10^{-2}$, %
Вода	$1,17 \pm 0,02$	$2,37 \pm 0,05$	$6,60 \pm 0,03$	$6,02 \pm 0,04$
10	$1,46 \pm 0,01$	$2,45 \pm 0,04$	$5,40 \pm 0,02$	$6,12 \pm 0,03$
20	$1,54 \pm 0,01$	$3,05 \pm 0,03$	$5,31 \pm 0,03$	$6,18 \pm 0,02$
30	$1,55 \pm 0,01$	$4,30 \pm 0,03$	$5,22 \pm 0,01$	$7,24 \pm 0,02$
40	$1,56 \pm 0,02$	$6,00 \pm 0,02$	$5,03 \pm 0,02$	$6,21 \pm 0,02$
50	$1,63 \pm 0,01$	$6,70 \pm 0,03$	$4,70 \pm 0,02$	$5,45 \pm 0,01$
60	$1,68 \pm 0,01$	$7,50 \pm 0,03$	$4,51 \pm 0,02$	$4,81 \pm 0,02$
70	$1,72 \pm 0,01$	$7,40 \pm 0,03$	$2,10 \pm 0,03$	$4,73 \pm 0,03$
80	$1,44 \pm 0,02$	$5,50 \pm 0,02$	-	$3,84 \pm 0,02$
90	$0,95 \pm 0,02$	$2,40 \pm 0,03$	-	$1,86 \pm 0,02$
96	$0,51 \pm 0,02$	$1,06 \pm 0,03$	-	$1,32 \pm 0,03$

В результаті було обрано три технології рідкого екстракту чебрецю, суть яких заключалась у різній черговості застосування екстрагенту з тою чи іншою концентрацією спирту. Використовували метод реперколяції, екстрагування проводили впродовж 4 діб. На восьмий день отримували екстракт об'ємом 300 мл. Отримані екстракти відстоювали впродовж 2 діб, фільтрували і визначали вміст БАР відповідно. Результати експерименту наведені в таблиці 2.

Як видно з результатів дослідження, оптимальною виявилася технологія № 2, коли почергово сировина екстрагується 60 % спиртом, потім 30 % і пізніше гарячою водою. Запропонована технологія, дозволяє отримувати екстракти з високим виходом БАР.

Важливою умовою ефективності будь-якої екстракції рослинного матеріалу є її тривалість. Тому, актуальним стало вивчення динаміки вилучення діючих речовин з трави чебрецю повзучого при розробці технології рідкого екстракту з метою визначення оптимального часу. У серії наступних досліджень отримували екстракт згідно технології № 2 методом реперколяції, проводячи екстрагування впродовж 3, 4, 5, 6 днів і використовуючи відповідне число перколяторів. Результати дослідження показані в таблиці 3.



Таблиця 2 – Залежність виходу екстрактивних речовин, флавоноїдів, відновлюючих моносахаридів, амінокислот в рідкому екстракті чебрецю повзучого від черговості застосування екстрагентів ($P = 0,95$; $n = 5$)

Вміст біологічно-активних речовин, %	Технологія № 1 60% : 30 % : 10 %	Технологія № 2 60 % : 30 % : гаряча вода	Технологія № 3 10 % : 30% : 60%
Флавоноїди у перерахунку на апігенін $\times 10^{-2}$	$3,31 \pm 0,03$	$3,21 \pm 0,02$	$1,32 \pm 0,04$
Відновлюючі моносахариди у перерахунку на глюкозу $\times 10^{-2}$	$2,64 \pm 0,04$	$9,91 \pm 0.03$	$5,13 \pm 0.03$
Амінокислоти у перерахунку на гліцин $\times 10^{-2}$	$4,41 \pm 0,04$	$4,61 \pm 0.03$	$5,41 \pm 0.02$
Екстрактивні речовини в перерахунку на суху речовину $\times 10^{-2}$	$1,56 \pm 0,01$	$1, 78 \pm 0.01$	$1,52 \pm 0,01$

Таблиця 3 – Залежність виходу екстрактивних речовин, флавоноїдів, відновлюючих моносахаридів, амінокислот в рідкому екстракті чебрецю повзучого від часу екстракції ($P = 0,95$; $n = 5$)

Кількість перколяторів	Вміст флавоноїдів у перерахунку на апігенін $\times 10^{-2}$, %	Вміст відновлюючих моносахаридів у перерахунку на глюкозу $\times 10^{-2}$, %	Вміст амінокислот у перерахунку на гліцин $\times 10^{-2}$, %	Екстрактивні речовини в перерахунку на суху речовину, %
3	$3,21 \pm 0,03$	$9,91 \pm 0,02$	$4,61 \pm 0,02$	$1,78 \pm 0,01$
4	$3,33 \pm 0,02$	$10,71 \pm 0,03$	$4,42 \pm 0,02$	$1,94 \pm 0,01$
5	$4,15 \pm 0,02$	$11,13 \pm 0.02$	$4,51 \pm 0,03$	$2,15 \pm 0,01$
6	$4,18 \pm 0,03$	$12,91 \pm 0,02$	$5,83 \pm 0,03$	$2,31 \pm 0,01$

Як видно з результатів, наведених у таблиці 3 найбільший вміст БАР спостерігається в екстракті, де екстрагування проводили 6 діб, а цільовий витяг отримували з 6 перколяторів. Це свідчить про довготривалість технологічного процесу, що створить труднощі на хіміко-фармацевтичних підприємствах, яким вигідно отримувати екстракти в коротші терміни з максимальним виходом БАР



та мінімальними затратами екстрагенту. Крім цього, надмірна тривалість процесу екстрагування призводить до забруднення витяжок супутніми високомолекулярними сполуками, швидкість дифузії яких значно менша, ніж у біологічно активних речовин. Загальна тривалість екстракції найчастіше змінюється з економічних міркувань. Інколи, доцільно припинити процес у певний момент, бо додатково витягнуті кількості речовин не окуплять надлишкових витрат цінних екстрагентів (спирту). Таким чином, ми обрали технологію екстракту, де використали 4 перколятори, де вміст БАР незначно відрізняється від попереднього.

Сучасні реактори дозволяють підвищити ефективність екстракції БАР за рахунок перемішування. Тому наступним було дослідження впливу перемішування на вихід БАР. Для цього, використовували технологію № 2 методом реперколяції, впродовж 4 діб, застосовували в першому випадку перемішування, а в іншому - без нього. На 8 день технологічного процесу отримували необхідний витяг. Отримані витяги відстоювали, фільтрували і визначали вміст БАР. Дані експерименту представлені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Залежність виходу екстрактивних речовин, флавоноїдів, відновлюючих моносахаридів, амінокислот в рідкому екстракті чебрецю повзучого від режиму екстракції ($P = 0,95$; $n = 5$)

Режим екстракції	Вміст флавоноїдів у перерахунку на апігенін, $\times 10^{-2}$, %	Вміст відновлюючих моносахаридів у перерахунку на глюкозу, $\times 10^{-2}$, %	Вміст амінокислот у перерахунку на гліцин, $\times 10^{-2}$, %	Екстрактивні речовини в перерахунку на суху речовину, %
З перемішуванням	$4,72 \pm 0,03$	$12,36 \pm 0,02$	$5,11 \pm 0,02$	$4,72 \pm 0,01$
Без перемішування	$3,31 \pm 0,02$	$10,71 \pm 0,03$	$4,42 \pm 0,02$	$1,94 \pm 0,01$

Як показують дані дослідження, представлені в таблиці 4, екстракти виготовлені з перемішуванням сировини відзначаються вищим вмістом БАР. Це закономірно, оскільки при даному режимі екстракції зменшується шар нерухомої рідини, з'являються конвекційні потоки, які сприяють перенесенню речовини. З появою турбулентного перемішування як усередині, так і назовні клітин молекулярно-кінетичний рух змінюється на конвективний, це дозволяє



підтримувати різницю концентрацій у зоні зіткнення фаз на високому рівні.

Таким чином, вивчення технологічних властивостей сировини та впливу ряду чинників на процес екстрагування дозволив визначити оптимальні умови для виробництва рідкого екстракту чебрецю повзучого. Запропонований спосіб отримання екстракту чебрецю повзучого характеризується високим виходом БАР і є рентабельним, а, отже, може знайти інноваційну реалізацію, зокрема при створенні вітчизняного лікарського засобу з муколітичною активністю.

7.2. Дослідження умов отримання густого екстракту чебрецю повзучого

Для отримання густого екстракту при проведенні експерименту використане наступне обладнання:

- насос глибокого вакууму VT6 з максимальним розрідженням до 0,85 кгс/см² з вакуумметром ОБВ 1-100 з діапазоном вимірювання від 0 до -1 кгс/см²;

- лабораторний роторний випарювач LABOROTA 4001;

У ході проведення експерименту нами відібрано по 500 мл екстракту чебрецю повзучого. Упарювання проводили до об'єму 100 мл фіксуючи час упарювання за наступних умов:

- значення температури 60 °С, вакууму 0,6 кгс/см²;
- значення температури 60 °С, вакууму 0,8 кгс/см²;
- значення температури 80 °С, вакууму 0,6 кгс/см²;
- значення температури 80 °С, вакууму 0,8 кгс/см².

Результати експерименту представлені у таблиці 5.

Таблиця 5 – Режими згущення рідкого екстракту чебрецю повзучого

Режим	Температура, °С			
	60		80	
Вакуум, кгс/см ²	0,6	0,8	0,6	0,8
Час упарювання, хв (з 500 мл до 100 мл)	95	80	65	55

З одержаних даних можна зробити висновок, що суттєвий вплив має



температура упарювання, а саме приблизно на 50 % швидше упарюється екстракт при 80 °С порівняно з 60 °С упарювання. При розрідженні вакууму 0,8 кгс/см² приріст складає близько 15-20 % порівняно із вакуумом 0,6 кгс/см².

Таблиця 6 – Залежність тривалості упарювання від температури упарювання

Значення вакууму, кгс/см ²	Температура упарювання, °С	Тривалість упарювання, год.	Вміст флавоноїдів, г
0,8	30	9	2,73 ± 0,04
0,8	40	7	2,72 ± 0,03
0,8	50	5,5	2,73 ± 0,04
0,8	60	4,5	2,72 ± 0,03
0,8	70	4	2,72 ± 0,02
0,8	80	4	2,70 ± 0,02

Як видно з результатів експерименту [9], оптимальною температурою упарювання є температура 60-70 °С, при цьому тривалість упарювання складатиме 4-4,5 год. Внаслідок того, що екстракт являє собою складну фізико-хімічну систему, що складається з багатьох індивідуальних речовин, а саме фенольних сполук (апигенін і лютеолін та їхні глікозиди, кофейна, хлорогенова і розмаринова кислоти тощо), що є термолабільними сполуками, підвищення температури вище 70 °С є ризикованим з точки зору зниження кількісного вмісту флавоноїдів.

В результаті проведеного експерименту, отримано готовий продукт – густий екстракт трави чебрецю повзучого, який візуально є густою, в'язкою масою, яка не виливається з тари, а розтягується в нитки і знову зливається в суцільну масу із специфічним запахом.

Технологічна схема отримання екстракту густого чебрецю повзучого представлена на рисунку 1.

Технологічний процес виробництва екстракту густого чебрецю повзучого складається з таких стадій:

ДР.1. Санітарна підготовка виробництва.

ДР.2. Підготовка сировини

ТПЗ. Отримання рідкого екстракту з трави чебрецю повзучого.

ТП4. Отримання екстракту густого чебрецю повзучого .

Санітарна підготовка виробництва включає наступні операції:



- ДР1.1 приготування дезінфікуючих розчинів;
- ДР1.2 підготовка вентиляційного повітря;
- ДР1.3 підготовка виробничих приміщень;
- ДР1.4. підготовка обладнання і інвентарю;
- ДР1.5. підготовка технологічного одягу;
- ДР1.6. підготовка робочого персоналу.

Технологічну стадію (ДР2. – підготовка сировини) здійснюють в приміщеннях складування сировини. Сировину і допоміжні матеріали, зберігають на складах, на піддонах або стелажах по найменуваннях, згідно вибухонебезпечних і токсикологічних властивостей відповідно до вимог Правил пожежної безпеки для підприємств з виробництва лікарських засобів (НАПБ В.01.051-99/191). Вхідний контроль сировини і матеріалів здійснюється Відділом контролю якості (ВКЯ) згідно КД 64У-2-95 “Вхідний контроль сировини і матеріалів для виробництва продукції медичної та мікробіологічної промисловості”. Відбір проб здійснюють згідно з документом НРН.QM.QC.U5.Sam.01.In “Порядок відбору проб вихідної сировини” на складі сировини в спеціально відведеному приміщенні класу D, обладнаному припливно-витяжною вентиляцією.

Технологічну стадію (ДР.2.1 – подрібнення сировини (трави) чебрецю повзучого) здійснюють в приміщенні подрібнення сировини на валковій дробарці тип ПД-630 поз. РМ73 відповідно до НРН.М.ЕР.SOE.Chem.U1.03.In.

За допомогою сит для ручного просіву перевіряють розмір подрібнених частинок, який має бути в середньому 1-2 мм. Роботу на подрібнюючому обладнанні проводять при постійно працюючих припливно-витяжній вентиляції, місцевому відсмоктуванні, які забезпечують вміст рослинного пилу у повітрі в концентрації не вище граничнодопустимої. В бункер завантажують траву чебрецю повзучого, попередньо зважені на вазі поз. КП4 в кількості 154,0 кг (К2.1.1), періодично перевіряють розмір розчавленої рослинної сировини (К2.1.2). Після чого подрібнену траву чебрецю (ДР.2.1) повзучого збирають в чисті поліетиленові мішки, маркують етикеткою «Проміжна продукція» відповідно до НРН.М.ЕР.SOE. Chem. Com.38.In, зважують на вазі поз. КП4 і передають у приміщення екстракції.

Технологічна стадія ТПЗ – отримання рідкого екстракту з трави чебрецю повзучого включає такі операції:

- ТПЗ.1. Приготування 60 % водно-спиртової суміші.



ТПЗ.2. Приготування 30 % водно-спиртової суміші

ТПЗ.3. Екстракція трави чебрецю повзучого.

Екстракцію проводять 60 %, 30 % водно-спиртовою сумішшю та водою гарячою (95 °С). В підготовлений апарат поз. 378 самопливом із мірника поз. М75 подають 96,5 % етиловий спирт в відповідному об'ємному співвідношенні. Із збірника поз. 379 (на заповнення) перетискують за допомогою інертного газу в мірник поз. М75 слабкий екстракт, відсмоктаний із трави чебрецю повзучого (250,0 л) і відігнаний (150,61 л) з екстрактора спирт етиловий із шроту, із збірника поз. 383 (на витіснення) перетискують за допомогою інертного газу в мірник поз. М75 спирт етиловий, отриманий після упарювання екстракту (361,56 л), і самопливом із мірника поз. М75 подають в апарат поз. 378 (КЗ.1.1).

З відділення водопідготовки за допомогою вакууму подають очищену воду М9 в апарат поз. Р76 (КЗ.1.2) та включають мішалку для перемішування впродовж 10 – 15 хв (КЗ.1.3) спирту. Після чого відбирають проби водно-спиртових сумішей відповідно до НРН.М.ЕР.СОЕ.Chem.Com.14.In та визначають концентрацію спирту етилового в них (КЗ.1.4) згідно НРН.М.ЕР.СОЕ.Chem.U1.76.In.

Приготовлений екстрагент перетискують за допомогою інертного газу в мірник поз. М75 і з нього при необхідності передають на наступну операцію ТПЗ.2. Перед завантаженням мірник поз. М75 продувають інертним газом (тиск азоту 0,2 кгс/см²), мірну ємкість маркують етикеткою «Проміжна продукція» відповідно до НРН.М.ЕР.СОЕ.Chem.Com.38.In. Процес екстрагування трави чебрецю повзучого (ТП 3.3. – екстракція трави чебрецю повзучого) проводили методом реперколяції в батареї із 4-х екстракторів поз. Р11 (1, 2, 3, 4), експлуатацію яких проводять відповідно НРН.М.ЕР.СОЕ.Chem.U1.15.In. В підготовлений екстрактор поз. Р11(1) через верхній люк завантажують зважених на вазі поз. КП4 150 кг подрібненої трави чебрецю повзучого (КЗ.2.1) і зверху на неї вкладають нержавістальний сітчатий круг. Після загрузки екстрактор щільно закривають кришкою. Із мірника поз. М75 через нижній зливний кран екстрактора поз. Р11(1) самопливом подають 60 % водно-спиртову суміш в кількості 500 л до утворення над сировиною чебрецю повзучого дзеркала розчинника (КЗ.2.2). Наповнення і витіснення екстракту проводять зі швидкістю 40 л/год (КЗ.2.3). Настоявання проводять 12 год (КЗ.2.4). Одночасно з цим готують до роботи наступний екстрактор з аналогічною загрузкою рослинної сировини. Після закінчення часу



настоювання до верхнього зливного патрубку екстрактора поз. Р11(1) підключають нижній зливний патрубок другого екстрактора поз. Р11(2), завантаженого рослинною сировиною. Із мірника поз. М75 в екстрактор поз. Р11(1) самопливом через нижній зливний кран подають 500 л 30 % водно-спиртової суміші, витісняючи первинний екстракт з екстрактора поз. Р11(1) в екстрактор поз. Р11(2). Заповнення проводять до появи первинного екстракту в верхньому зливному патрубку екстрактора поз. Р11(2). Обидва заповнених екстрактори залишають для настоювання впродовж 12 год. Паралельно готують до роботи наступний третій екстрактор з аналогічною загрузкою рослинної сировини. Після настоювання в екстракторах поз.Р11(1) і поз. Р 11(2) із мірника поз. М75, аналогічно вищеописаному, в екстрактор поз. Р11(1) знову подають 500 л 30 % водно-спиртової суміші, яка витісняє з нього екстракт в екстрактор поз. Р11(2), з якого через патронний фільтр поз. Ф12, заправлений марлею, витісняється 500 л екстракту в збірник поз. 378 (К3.2.5). Збірник поз. 378 обладнаний мірним склом, манометром поз. КП7. Після знімання екстракту до батареї екстракторів поз. Р11(1) і поз. Р11(2) підключають екстрактор поз. Р11(3) з завантаженою рослинною сировиною і заповнюють його через 2 попередні екстрактори, подаючи 500 л 30 % самопливом із мірника поз. М75 в екстрактор поз.Р11(1). Після закінчення наповнення проводять настоювання в 3-х екстракторах впродовж 12 год. Після цього із екстрактора поз. Р11(3) витісняється в збірник поз. 378 через патронний фільтр 500 л екстракту, методом подачі (3 год) гарячої води (95 °С) в кількості 500 л в екстрактор поз. Р11(1).

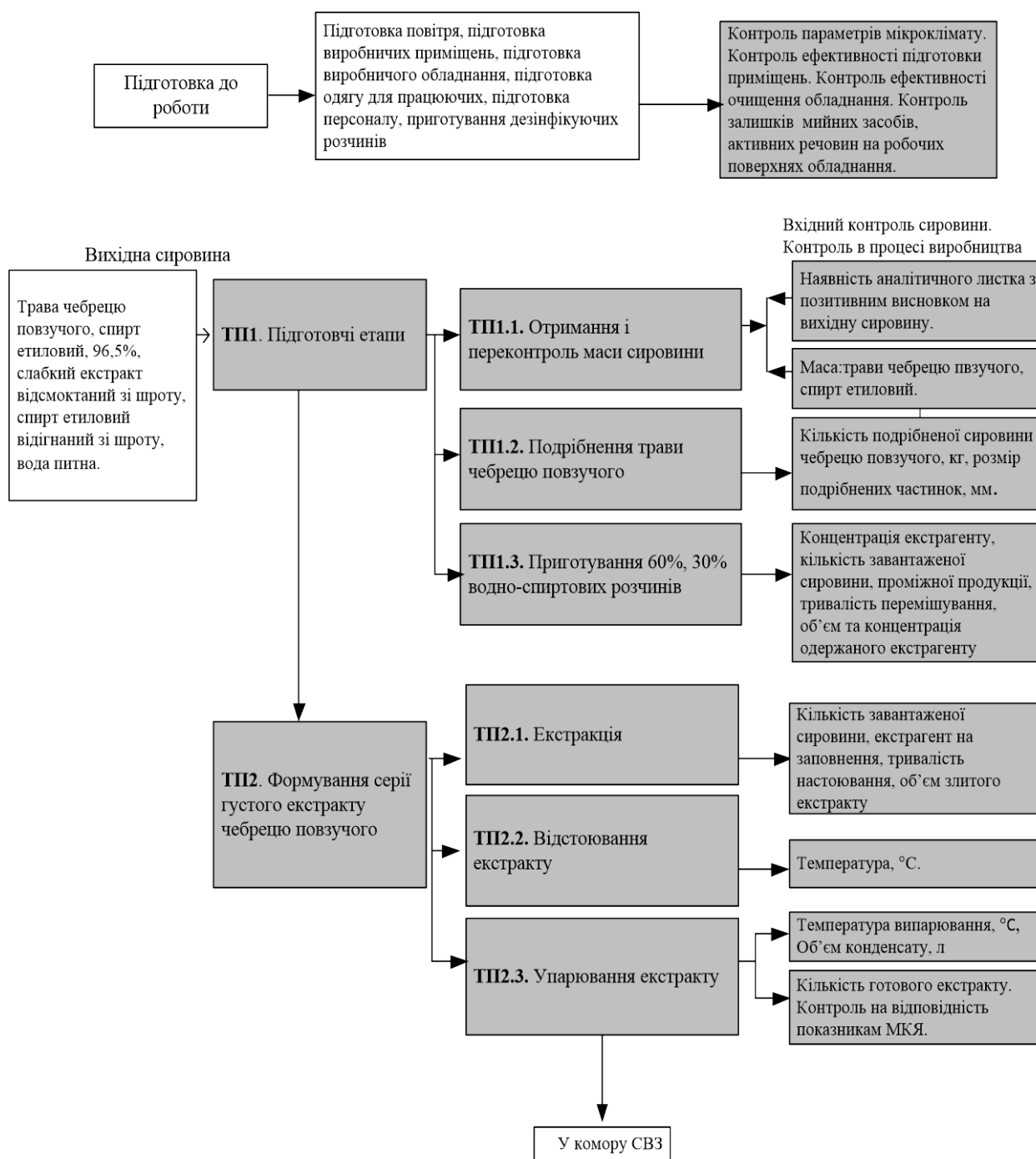


Рисунок 1 – Технологічна схема отримання густого екстракту чебрецю повзучого

До батареї екстракторів поз. Р11(1), поз. Р11(2) і поз. Р11(3) підключають екстрактор поз. Р11(4) з завантаженою сировиною і заповнюють його через 3 попередні екстрактори, подаючи 500 л свіжої суміші самопливом із мірника поз. М75 в екстрактор поз. Р11(1). Після закінчення наповнення проводять настоювання в екстракторах поз. Р11(2), поз. Р11(3), поз. Р11(4) впродовж 12



годин, а екстрактор поз. Р11(1) відключають (так закінчується пусковий режим – розгортання батареї), робочий період починається з другого обороту 1-го перколятора).

На екстракторі поз. Р11(1) закривають всі вентиля, крім вентиля на лінії відсмоктування. На збірнику поз. 379, обладнаному мановакуумметром поз. КП16, включають вакуум і проводять відсмоктування слабкого екстракту із екстрактора поз. Р11(1) до кількості 250 л (К3.2.6) з наступною подачею його в мірник поз. М75 з метою використання його на стадії екстракції після відповідного коректування. Відсмоктування проводять при вакуумі $0,6 \div 0,7$ кгс/см² протягом $1,5 \div 2$ годин (К3.2.7). Слабкий екстракт аналізують на вміст спирту по методиці К3.2.10 (для спирту). Після відсмоктування екстрагенту закривають вентиль на лінії відсмоктування, подають воду на теплообмінник поз. Т20, гостру пару в екстрактор поз. Р11(1) і пару в оболонку екстрактора.

Відгін спиртової суміші проводять в збірник поз. 379 впродовж 8-8,5 годин глухою і гострою парою (К3.2.9) до повного зникнення спирту з трави чебрецю. Після закінчення відгону закривають гостру пару, зливають воду з екстрактора, яка там залишилась, і вивантажують відпрацьований шрот відповідно до НРН.М.ЕР.СОЕ.Сhem.Com.02.In. З отриманого рідкого екстракту відбирають пробу згідно НРН.М.ЕР.СОЕ.Сhem.Com.14.In. для проведення аналізу згідно методики (К3.2.10). При регенерації відпрацьованого шроту одержують близько 150,61 л (К3.2.11) водно-спиртової суміші, яку аналізують на вміст спирту згідно НРН.М.ЕР.СОЕ.Сhem.U1.76.In. (К3.2.12). Водно-спиртову суміш передають в мірник поз. М75 з метою використання її на стадії екстракції після відповідного коректування.

Технологічна стадія ТП4 – отримання екстракту густого чебрецю повзучого складається із таких операцій:

ТП4.1. – відстоювання екстракту;

ТП4.2. – упарювання екстракту.

Відстоювання водно-спиртового екстракту чебрецю повзучого (ТП4.1) проводять в нержавістальній чаші поз. Р80, обладнаній оболонкою для охолодження. Водно-спиртовий екстракт в кількості 500 л самопливом подають із збірника екстракту поз. 378 в чашу поз. Р80, розсіл подають в оболонку чаші і відстоюють екстракт при температурі 3-5 °С не менше однієї доби для отримання прозорої рідини (К4.1.1). Після відстоювання, водно-спиртовий



екстракт чебрецю повзучого передають вакуумом у вакуум-випарний апарат поз. Р81.

Упарювання екстракту (ТП4.2.) проводять у вакуум-випарному апараті поз. Р81. обладнаному паровою оболонкою, термометром поз. КП37, мановакуумметром поз. КП16, теплообмінником поз. Т82 і збірником конденсату поз. 383. Подають пару в оболонку апарату, відгін проводять при температурі від 60 до 80 °С і вакуумі $0,7 \pm 0,1$ кгс/см² (К4.2.1). Температуру контролюють кожні 15 хвилин (К4.2.2). Процес продовжують до того часу, поки кількість конденсату не становитиме близько 361,56 л (К4.2.3), або поки не з'являться погони, які не містять слідів спирту (з'явиться голубувате забарвлення конденсату). Одержаний спирт-відгін аналізують на вміст спирту етилового згідно НРН.М.ЕР.СОЕ.Сhem.U1.76.In. (К4.2.4). Одержаний відігнаний спирт передають в мірник поз.М75 і після відповідного коректування використовують на екстракціях наступних завантажень. Процес випарювання продовжують при температурі 80÷100 °С (К4.2.5). Отриманий густий екстракт чебрецю повзучого аналізують згідно методики (К 4.2.6).

У випадку отримання негативного результату по вмісту вологи всю серію екстракту густого чебрецю повзучого піддають додатковому випарюванню, після чого серія екстракту густого повторно контролюється на втрату в масі при висушуванні. При отриманні позитивного результату аналізу продукт дають на упаковку. Отриманий конденсат води після доупарювання екстракту можна використовувати для отримання екстрагенту.

Екстракт густий чебрецю повзучого із вакуум-випарного апарату поз. Р81 вивантажують в чисту суху поліетиленову бочку. Контролер ВКЯ підприємства відбирає пробу готової продукції для аналізу на відповідність вимогам МКЯ №UA/6809/01/01 (К4.2.7).

7.3. Дослідження якісного складу біологічно активних речовин у рідкому та густому екстрактах чебрецю повзучого

Оскільки при аналізі трави чебрецю повзучого з метою стандартизації цієї сировини як показник якості, серед інших, ми обрали склад флавоноїдів і гідроксикоричних кислот та кількісний вміст флавоноїдів, то доречним є



вивчення якісного та кількісного складу цих БАР і в одержаних екстрактах [11].

Ідентифікацію та визначення кількісного вмісту аналізованих БАР у ЛРС та відповідних їхніх екстрактах проводили із застосуванням сучасних чутливих і селективних методів аналізу.

Якісний склад флавоноїдів визначали методом ТШХ [12] у системі розчинників *етилацетат Р – мурашина кислота Р – вода Р* (90:6:9). Визначені об'єми розчинів наносили на хроматографічні пластинки Silica gel F₂₅₄ фірми “Merck” за допомогою приладу для автоматичного нанесення проб на пластинку “CAMAG Linomat 5”, хроматографування проводили в хроматографічній камері “GAMAG”.

Питання доповнення існуючої фармакопейної статті на ЛРС чебрецю повзучого ідентифікацією фенолкарбонових кислот і флавоноїдів, які чисельно представлені у даній сировині, розглянуто нами в розділі 3. Приступаючи до стандартизації рідкого та густого екстракту чебрецю повзучого, нами розглядалась можливість ідентифікації таких же БАР, продовжуючи запропонований підхід у ланцюзі ЛРС – екстракти.

Хроматографічні дослідження рідкого та густого екстракту чебрецю повзучого методом ТШХ дозволили ідентифікувати фенолкарбонові кислоти – розмаринова (головний представник), кофейна і хлорогенова; флавоноїди – лютеолін-7-О-глюкозид, апігенін-7-О-глюкозид, лютеолін, апігенін і рутин. Не ідентифікували дві кислоти, незначні кількості яких виявляються у верхній частині хроматограми і невстановленої будови глюкозид лютеоліну, який за розміром та інтенсивністю флуоресценції, є головним представником флавоноїдів в екстракті. Виходячи з даних літератури [5] цей представник флавоноїдів може бути лютеолін-7-О-ди або триглюкозидом.

Тому, кислоти – розмаринова, кофейна, хлорогенова і флавоноїди – лютеолін-7-О-глюкозид, рутин і лютеолін, а також невстановленого складу глюкозид лютеоліну, ми обрали як ідентифікаційні маркери рідкого екстракту чебрецю повзучого, наявність зон яких на хроматограмі досліджуваного об'єкту дозволить об'єктивно його ідентифікувати.

В результаті проведених ТШХ-досліджень нами пропонується наступна методика ідентифікації флавоноїдів та фенолкарбонових кислот у рідкому та густому екстракті чебрецю повзучого.

Методика ідентифікації досліджуваних БАР у екстрактах чебрецю повзучого.



Випробовуваний розчин: а) рідкий екстракт чебрецю повзучого;

б) 0,4 г густого екстракту чебрецю повзучого розчиняють в 10 мл 96 % *етанолу Р* в ультразвуковій бані впродовж 10 хв, фільтрують.

Розчин порівняння. 0,5 мг СЗ кислоти розмаринової (Fluka), 0,5 мг СЗ кислоти кофейної (Fluka), 0,5 мг СЗ кислоти хлорогенової (Fluka), 1,0 мг ФСЗ лютеолін-7-О-глюкозиду (ДФУ), 0,5 мг СЗ рутину (Sigma) і 0,5 мг СЗ лютеоліну (Fluka) розчиняють у 20,0 мл метанолу Р.

На лінію старту хроматографічної пластинки окремо смугами по 10 мм наносять 10 мкл *випробовуваного розчину* (а, б) та 5 мкл *розчину порівняння*. Пластинку поміщають у камеру із сумішшю розчинників *кислота мурашина безводна Р – вода Р – етилацетат Р* (6:9:90). Коли фронт розчинників пройде 10 см від лінії старту, пластинку виймають із камери.

Висушування: сушать на повітрі, а потім витримують при температурі від 100 °С до 105 °С впродовж 2 хв.

Виявлення: теплу пластинку обприскують *розчином 10 г/л аміноетилового ефіру дифенілборної кислоти Р у метанолі Р*, сушать на повітрі. Потім пластинку обприскують *розчином 50 г/л макрогону 400 Р у метанолі Р*, сушать на повітрі впродовж 30 хв і переглядають в УФ-світлі з довжиною хвилі 365 нм.

Результати: на хроматограмі *розчину порівняння* повинні виявлятися (у порядку зростання R_f): жовто-оранжева флуоресціююча зона, відповідна рутину ($R_f = 0,18$), блакитна флуоресціююча зона, відповідна кислоті хлорогеновій ($R_f = 0,32$); жовто-оранжева флуоресціююча зона, відповідна лютеолін-7-О-глюкозиду ($R_f = 0,42$), салатово-блакитна флуоресціююча зона, відповідна кислоті розмариновій ($R_f = 0,80$), блакитна флуоресціююча зона, відповідна кислоті кофейній ($R_f = 0,82$), жовто-оранжева флуоресціююча зона, відповідна лютеоліну ($R_f = 0,84$).

На хроматограмі *випробовуваного розчину* (а) мають виявлятися шість зон (рутину, кислоти хлорогенової, лютеолін-7-О-глюкозиду, кислоти розмаринової, кислоти кофейної і лютеоліну) на рівні зон на хроматограмі *розчину порівняння*, відповідні їм за забарвленням і флуоресценцією і зона яскравої жовто-оранжевої флуоресценції ($R_f = 0,29$) нижче зони кислоти хлорогенової на хроматограмі *розчину порівняння*. Можуть виявлятися інші зони блакитної і жовто-оранжевої флуоресценції.

На хроматограмі *випробовуваного розчину* (б) мають виявлятися шість зон



(рутину, кислоти хлорогенової, лютеолін-7-О-глюкозиду, кислоти розмаринової, кислоти кофейної і лютеоліну) на рівні зон на хроматограмі розчину порівняння, відповідні їм за забарвленням і флуоресценцією і зона яскравої жовто-оранжевої флуоресценції ($R_f = 0,29$) нижче зони кислоти хлорогенової на хроматограмі розчину порівняння. Можуть виявлятися інші зони блакитної і жовто-оранжевої флуоресценції.

Послідовність зон на хроматограмах випробуваного розчину (рідкого або густого екстракту) та розчину порівняння наведена нижче на рисунку 2.

Верхня частина пластинки	
Лютеолін: жовто-оранжева флуоресціююча зона	жовто-оранжева флуоресціююча зона (лютеолін)
Кислота кофейна: блакитна флуоресценціююча зона	блакитна флуоресціююча зона (кислота кофейна)
Кислота розмаринова: салатово-блакитна флуоресценціююча зона	салатово-блакитна флуоресценціююча зона (кислота розмаринова)
Лютеолін-7-О-глюкозид: жовто-оранжева флуоресціююча зона	жовто-оранжева флуоресціююча зона (лютеолін-7-О-глюкозид)
Кислота хлорогенова: блакитна флуоресціююча зона	блакитна флуоресціююча зона (кислота хлорогенова) дуже інтенсивна жовто-оранжева флуоресціююча зона
Рутин: жовто-оранжева флуоресціююча зона	жовто-оранжева флуоресціююча зона (рутин)
Розчин порівняння	Випробовуваний розчин

Рисунок 2 – Схема хроматограми в умовах ідентифікації рідкого екстракту чебрецю повзучого після обробки розчинами аміноетилового ефіру дифенілборної кислоти і макроголу 400 при перегляді в УФ-світлі з довжиною хвилі 365 нм

В результаті проведених ТШХ-досліджень доведена наявність флавоноїдів та фенолкарбонових кислот в рідкому та густому екстрактах чебрецю, що дозволить об'єктивно встановлювати тотожність досліджуваних екстрактів на наявність БАР використаної сировини.



Наступним етапом дослідження було проведення ідентифікації полісахаридів в рідкому та густому екстрактах чебрецю повзучого і здійснювали методом ТШХ на пластинках “Silica gel” (Merck, Німеччина) в системі розчинників *вода Р – ацетонітрил Р* (15:85) із використанням розчину стандартних зразків (СЗ) моносахаридів (арабіноза, галактоза, рамноза, фруктоза, глюкоза, ксилоза) [139-142]. Хроматограми проявляли розчином тимолу (0,5 г тимолу, 5 мл концентрованої сульфатної кислоти та 95 мл 96 % спирту етилового). Результати хроматографічного виявлення моносахаридів в досліджуваних екстрактах наведено в таблиці 7.

Таблиця 7 – Результати виявлення моносахаридів чебрецю повзучого у його рідкому екстракті методом ТШХ

Моносахариди	R _f	Колір зони після проявки
Арабіноза	0,21	сіро-фіолетова
Галактоза	0,13	рожева
Рамноза	0,33	оранжева
Фруктоза	0,18	темно-рожева
Глюкоза	0,17	світло-рожева
Ксилоза	0,29	світло-фіолетова
не ідентифікована	0,66	рожева

В результаті проведеного хроматографічного дослідження було ідентифіковано сім моносахаридів, один з яких залишився невідомим в зв'язку з відсутністю необхідного стандарту.

Методика ідентифікації моносахаридів в досліджуваних екстрактах чебрецю повзучого.

Випробуваний розчин (а). 10 мл рідкого екстракту чебрецю поміщали у стакан місткістю 100 мл і додавали 30 мл 96 % *етанолу Р*, підігрівали 3 хв на водяній бані при температурі 30 °С до утворення в розчині кремових згустків. Після чого розчин відстоювали 1 годину, центрифугували, декантували, а з осадом проводили наступні операції: додавали 5 мл кислоти 2 моль/л сульфатної та кількісно перенесли в колбу місткістю 50 мл зі шліфом. Проводили нагрівання на водяній бані зі зворотнім холодильником впродовж 1 години. Після проведеного гідролізу отриманий розчин нейтралізували барій карбонатом. Пізніше суміш центрифугували, осад відкидали, застосували



надосадову рідину, як випробовуваний розчин.

Випробуваний розчин (б). 0,4 г густого екстракту поміщали у центрифужну пробірку, додавали 10 мл *води Р* і залишали в ультразвуковій бані протягом 10 хв, після чого центрифугували. Надосадову рідину переносили у стакан місткістю 100 мл, додавали 30 мл 96 % спирту і далі обробляли розчин, як вказано у приготуванні випробовуваного розчину (а), починаючи зі слів «...підігрівали 3 хвилини ...».

Розчин порівняння. 10 мг стандартних зразків фруктози, глюкози, арабінози, галактози, ксилози і рамнози поміщали у мірну колбу і розчиняли в у *воді Р*, доводячи об'єм розчину *водою Р* до позначки.

На лінію старту хроматографічної пластинки “Silica gel” розміром 20 × 20 см (Merck, Німеччина) наносять 15 мкл випробовуваного розчину (а) і (б) та 5 мкл розчину порівняння. Пластинку сушать на повітрі протягом 10 хв, поміщають у камеру з рухомою фазою *вода Р* – *ацетонітрил Р* (15:85) і хроматографують висхідним методом. Коли фронт розчинників пройде 15 см від лінії старту, її виймають з камери і сушать на повітрі. Пластинку обприскують розчином тимолу (0,5 г тимолу, 5 мл концентрованої сірчаної кислоти та 95 мл 96 % *спирту Р*) та нагрівають при температурі 100-105 °С впродовж 3-5 хв, переглядають при денному світлі.

У результаті проведеного аналізу [13], встановлено наявність фруктози, глюкози, арабінози, ксилози і рамнози у досліджуваних екстрактах чебрецю повзучого. За співвідношенням розміру та інтенсивності забарвлення плям на хроматограмах було зроблено висновок, що переважаючим моносахаридом є фруктоза, а з відновлюючих моносахаридів – глюкоза. Таким чином можна запропонувати обрати маркерами якості досліджуваних екстрактів наявність фруктози та глюкози (рис. 3).

З метою доведення наявності амінокислот в складі відповідних екстрактів проведено ТШХ-аналіз.

Методика ідентифікації амінокислот в рідкому та густому екстракті чебрецю повзучого наведена нижче.

Випробуваний розчин (а) Рідкий екстракт чебрецю.

Випробовувай розчин (б) 0, 4 г густого екстракту розчиняють в 10 мл *спирту* (30 %, об/об) *Р* на ультразвуковій бані впродовж 10 хв.

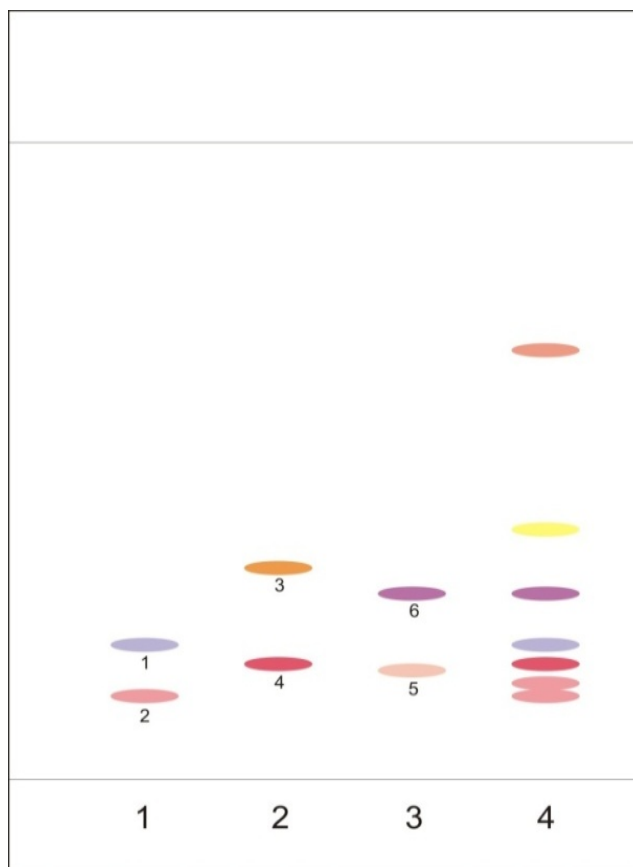


Рисунок 3 – Схема хроматограми густого екстракту чебрецю повзучого (4) та розчинів порівняння (1, 2, 3, де 1 – арабіноза; 2 – галактоза; 3 – рамноза; 4 – фруктоза; 5 – глюкоза; 6 – ксилоза) в умовах ідентифікації моносахаридів

Розчин порівняння. по 10 мг стандартних зразків гліцину, лейцину, тирозину, аланіну, аспарагінової та глютамінової кислот розчиняють в 25 мл води *P*.

На лінію старту хроматографічної пластинки Silica gel F₂₅₄ розміром 20x20 см з товщиною шару 0,25 мм наносять смугами, завдовжки 10 мм, 20 мкл випробовуваного розчину та 5 мкл розчину порівняння. Пластинку сушать на повітрі впродовж 30 хв, поміщають у камеру з рухомою фазою *ізопропанол P – мурашина кислота P – вода P* (40:2:10) і хроматографують висхідним методом. Коли фронт розчинників пройде 15 см від лінії старту, її виймають з камери і сушать на повітрі. Пластинку обприскують *розчином нінгідрину P* у суміші *кислоти оцтової P* та *бутанолу P*, нагрівають при температурі 100-105 °C 3-5 хв і проглядають при денному світлі [14].

На хроматограмах випробовуваних розчинів рідкого і густого екстрактів спостерігали зони тирозину, аланіну, лейцину, гліцину, глютамінової та



аспарагінової кислот на рівні відповідних зон на хроматограмі розчину порівняння.

Схема хроматограми, отримана при дослідженні рідкого екстракту чебрецю повзучого в умовах ідентифікації амінокислот наведена на рисунку 4.

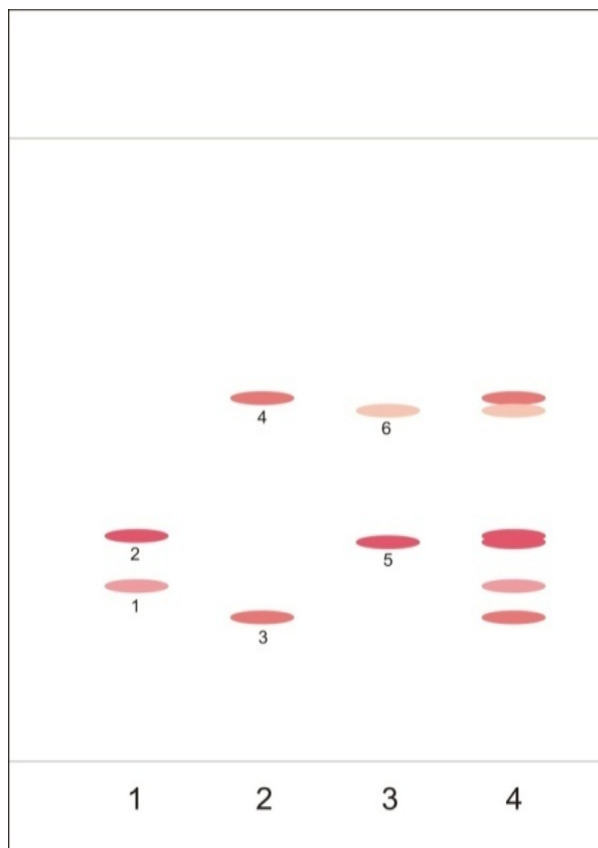


Рисунок 4 – Схема хроматограми випробуваного розчину (4) та розчинів порівняння (1, 2, 3), на яких 1 – гліцин; 2 – аланін; 3 – аспарагінова кислота; 4 – лейцин; 5 – глутамінова кислота; 6 – тирозин.

Таким чином, в складі рідкого екстракту чебрецю повзучого доведена наявність амінокислот.

7.4. Визначення кількісного вмісту біологічно активних речовин у досліджуваних екстрактах чебрецю повзучого та вибір критеріїв прийнятності

Розглядаючи кількісні показники для встановлення якості досліджуваних екстрактів ми зупинили свій вибір на кількісному визначенні в них флавоноїдів, полісахаридів та амінокислот. Останні представлені у ЛРС та ідентифіковані



нами відповідно у рідкому й густому екстрактах [11-12].

Визначення суми флавоноїдів проводили методом диференціальної спектрофотометрії на спектрофотометрі марки “Cary-50”.

Кількісний вміст флавоноїдів у рідких екстрактах визначали по реакції утворення забарвленої сполуки безпосередньо флавоноїдів із алюміній хлоридом [5].

Оскільки стандартом для розрахунку їх вмісту у сировині було обрано апігенін, то і при контролі якості екстрактів необхідно розраховувати кількість флавоноїдів на апігенін [11].

Диференціальні електронні спектри поглинання комплексу алюміній хлориду з флавоноїдами, присутніми у рідкому екстракті чебрецю, характеризуються наявністю максимуму поглинання при 390 ± 2 нм (рис. 5).

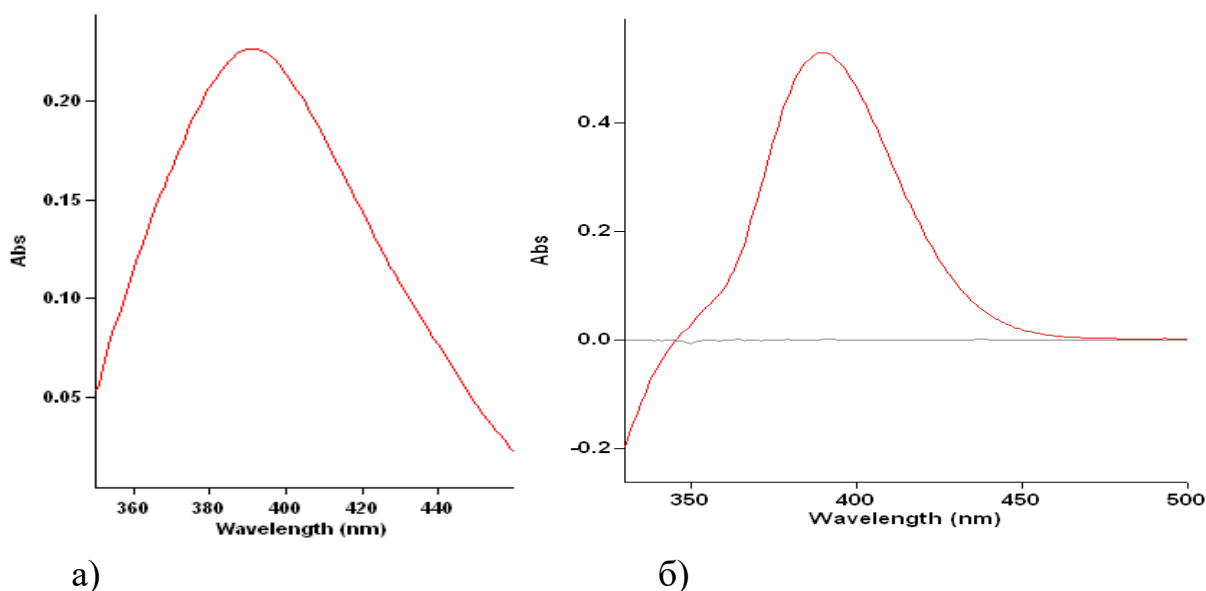


Рисунок 5 – Диференціальні електронні спектри поглинання випробуваного (а) і розчину порівняння (б) в умовах кількісного визначення флавоноїдів у рідкому екстракті чебрецю повзучого ($\lambda_{\text{max}} = 390,0$ нм)

Як видно з рисунку 5, в умовах кількісного визначення флавоноїдів, спектр поглинання випробуваного розчину для досліджуваного екстракту чебрецю повзучого за ходом кривої та положенням максимуму відповідає спектру поглинання відповідного комплексу апігеніну, тому суму флавоноїдів в екстракті розраховували у перерахунку на апігенін.

Для визначення суми флавоноїдів у рідкому екстракті чебрецю повзучого нами запропоновано наступну методику.



Методика визначення суми флавоноїдів в рідкому (густому) екстракті чебрецю повзучого.

Вихідний розчин (а). 10,0 мл рідкого екстракту поміщають в мірну колбу місткістю 50 мл і доводять об'єм розчину *спирт ом (70 %, об/об)Р* до позначки і перемішують (*вихідний розчин*).

Випробуваний розчин (а). 1,0 мл *вихідного розчину (а)* поміщають у мірну колбу місткістю 25 мл, додають 2,0 мл 3 % розчину алюміній хлориду і доводять об'єм розчину *спирт ом (70 %, об/об)Р* до позначки, перемішують.

Компенсаційний розчин. 1,0 мл *вихідного розчину (а)* поміщають в мірну колбу місткістю 25 мл і доводять об'єм розчину *спирт ом (70 %, об/об) Р* до позначки, перемішують.

Вихідний розчин (б). 0,13 г (точна наважка) густого екстракту чебрецю поміщають в мірну колбу місткістю 25 мл, розчиняють у 20 мл *спирту (60 %, об/об) Р* та доводять об'єм розчином тим же спиртом до позначки, перемішують.

Випробуваний розчин (б). 1,0 мл *вихідного розчину (б)* поміщають у мірну колбу місткістю 25 мл, додають 2,0 мл 3 % розчину алюмінію хлориду та доводять *спиртом (70 %, об/об) Р* до позначки, перемішують.

Компенсаційний розчин. 1,0 мл *вихідного розчину (б)* поміщають в мірну колбу місткістю 25 мл і доводять об'єм розчину *спирт ом (70 %, об/об) Р* до позначки, перемішують.

Розчин стандартного зразка апігеніну. 0,03 г (точна наважка) стандартного зразка апігеніну (Fluka) поміщають у мірну колбу місткістю 100 мл, додають 70 мл *спирту (70 %, об/об) Р*, розчиняють та доводять об'єм розчину тим самим розчинником до позначки і перемішують.

10,0 мл отриманого розчину поміщають у мірну колбу місткістю 25 мл і доводять об'єм розчину *спирт ом (70 %, об/об) Р* до позначки, перемішують.

Розчин порівняння. 1,0 мл розчину стандартного зразка апігеніну поміщають в мірну колбу місткістю 25 мл, додають 2,0 мл 3 % розчину алюміній хлориду і доводять об'єм розчину *спирт ом (70 %, об/об) Р* до позначки, перемішують.

Компенсаційний розчин. 1,0 мл розчину стандартного зразка апігеніну поміщають в мірну колбу місткістю 25 мл і доводять об'єм розчину *спирт ом (70 %, об/об) Р* до позначки, перемішують.

Через 45 хв записують диференціальні електронні спектри поглинання для



випробовуваного розчину і розчину порівняння відносно компенсаційних розчинів для кожного відповідно та вимірюють оптичну густина в максимумі поглинання при довжині хвилі 390 ± 2 нм.

Вміст суми флавоноїдів (X_1) в рідкому екстракті чебрецю, у відсотках та в перерахунку на апігенін, розраховують за формулою:

$$X_1 = \frac{2 \cdot m_0 \cdot A}{A_0}$$

де: A – оптична густина *випробовуваного розчину*,

m_0 – маса наважки стандартного зразка апігеніну, в г;

A_0 – оптична густина *розчину порівняння*.

Вміст суми флавоноїдів (X_2) в густому екстракті, у відсотках, в перерахунку на апігенін та на суху речовину, розраховують за формулою:

$$X_2 = \frac{25 \cdot m_0 \cdot 6 \cdot 100 \cdot 100 \cdot A}{A_0 \cdot 100 \cdot m \cdot (100 - W)}$$

де: A – оптична густина *випробовуваного розчину*;

m – маса наважки екстракту, взятого для аналізу, г;

m_0 – маса наважки стандартного зразка апігеніну, г;

W – втрата в масі при висушуванні, %.

Результати кількісного визначення суми флавоноїдів у рідких та густих екстрактах наведено в таблиці 8.

Кількісний вміст флавоноїдів у досліджуваних екстрактах коливається у певних межах і визначається їх вмістом у вихідній сировині та відтворюваністю технології екстракту. Зважаючи на отримані результати кількісного визначення, при стандартизації рідкого екстракту чебрецю повзучого можна запропонувати критерієм якості вміст флавоноїдів не менше 0,03 %, густого екстракту – не менше 2,5 % у перерахунку на апігенін.

Таблиця 8 – Результати визначення вмісту флавоноїдів в рідких та густих екстрактах ($P = 0,95$; $n = 5$)

Екстракт	Вміст флавоноїдів в перерахунку на апігенін, %			
	№1	№2	№3	№4
Рідкий екстракт чебрецю	$0,052 \pm 0,01$	$0,049 \pm 0,01$	$0,051 \pm 0,01$	$0,048 \pm 0,01$
Густий екстракт чебрецю	$2,81 \pm 0,01$	$2,80 \pm 0,02$	$2,81 \pm 0,03$	$2,77 \pm 0,02$



Визначення полісахаридів в рідкому екстракті чебрецю повзучого проводили гравіметрично, а вміст відновлюючих моносахаридів – спектрофотометрично з використанням фотометричної реакції відновлення пікринової кислоти до пікрамінової [15].

Методика гравіметричного визначення вмісту полісахаридів у рідкому екстракті чебрецю повзучого.

20,0 мл рідкого екстракту (точна наважка) поміщають у стакан місткістю 200 мл, додають 60 мл 96 % спирту Р, перемішують і нагрівають на водяній бані при температурі 30 °С протягом 5 хв. Витримують 1 год і фільтрують під вакуумом через скляний фільтр ПОР 16, попередньо висушений при температурі 100-105 °С до постійної маси. Осад кількісно переносять на фільтр за допомогою 15 мл суміші вода Р – 96 % спирт Р (1:2) і послідовно промивають 10 мл 96 % спирту Р, 15 мл ацетону Р та 15 мл етилацетату Р. Фільтр з осадом сушать на повітрі, потім висушують при температурі 100 – 105 °С до постійної маси, охолоджують в ексікаторі і зважують.

Вміст полісахаридів в рідкому екстракті у відсотках, розраховують за формулою:

$$X = \frac{m}{m_{\text{нав}}} \cdot 100\%$$

де m – маса осаду після висушування і доведення до постійної маси, г;

$m_{\text{нав}}$ – маса рідкого екстракту, взятого для аналізу, г.

Результати гравіметричного визначення вмісту полісахаридів представлені в таблиці 9.

Таблиця 9 – Результати гравіметричного визначення вмісту полісахаридів в рідкому екстракті чебрецю повзучого (Р = 0,95; n = 5)

Зразок екстракту	Вміст полісахаридів, %
1	0,28 ± 0,02
2	0,30 ± 0,01
3	0,29 ± 0,02
4	0,26 ± 0,01

Окрім цього, нами були проаналізовані досліджувані екстракти на вміст відновлюючих моносахаридів методом спектрофотометрії у видимій ділянці спектру.

Методика кількісного визначення вмісту відновлюючих моносахаридів в



рідкому та густому екстракті чебрецю повзучого.

Вихідний розчин (а). 10,0 мл рідкого екстракту (точна наважка) поміщають у центрифужну пробірку місткістю 50 мл, додають 30 мл 96 % спирту Р, перемішують і нагрівають на водяній бані при температурі 30 °С протягом 5 хв. Витримують 1 год, вміст центрифугують, надосадову рідину відкидають, а осад переносять за допомогою 5,0 мл кислоти хлористоводневої розведеної Р та 5,0 мл води Р у конічну колбу місткістю 50 мл зі шліфом та нагрівають впродовж 1 год зі зворотнім холодильником на киплячій водяній бані. Колбу з вмістом охолоджують, поміщають в колбу невеликий шматок паперу конго і додають по краплях 40 % розчин натрію гідроксиду до почервоніння паперу, потім додають по краплях кислоту хлористоводневу розведену до посиніння паперу, а потім по краплях 10 % розчин натрію гідроксиду до почервоніння паперу. Отриманий розчин кількісно переносять за допомогою води Р в мірну колбу місткістю 25 мл, доводять об'єм розчину водою Р до позначки, перемішують і фільтрують, відкидаючи перші 5 мл фільтрату (розчин А).

Вихідний розчин (б). 0,2 г (точна наважка) густого екстракту чебрецю повзучого поміщають в мірну колбу місткістю 25 мл, додають 10 мл води Р, розчиняють і обробляють його так, як при приготуванні розчину А, починаючи зі слів “поміщають у центрифужну пробірку ...”. (розчин В)

Випробовуваний розчин (а). 1,0 мл 1 % розчину кислоти пікринової поміщають в плоскодонну колбу місткістю 25 мл, додають 3,0 мл 20 % розчину натрію карбонату і 1,0 мл розчину А. Колбу з вмістом витримують на киплячій водяній бані протягом 10 хв, потім охолоджують до кімнатної температури. Вміст колби кількісно переносять за допомогою води Р у мірну колбу місткістю 25 мл і доводять об'єм розчину водою Р до позначки.

Випробовуваний розчин (в). 1,0 мл 1 % розчину кислоти пікринової поміщають в плоскодонну колбу місткістю 25 мл, додають 3,0 мл 20 % розчину натрію карбонату і 1,0 мл розчину В. Колбу з вмістом витримують на киплячій водяній бані протягом 10 хв, потім охолоджують до кімнатної температури. Вміст колби кількісно переносять за допомогою води Р у мірну колбу місткістю 25 мл і доводять об'єм розчину водою Р до позначки.

Розчин стандартного зразка глюкози. 0,14 г (точна наважка) стандартного зразка глюкози (Fluka), висушеної при температурі від 100 до 105 °С до постійної маси, поміщають в мірну колбу місткістю 100 мл, розчиняють у 50 мл води Р, доводять об'єм розчину водою Р до позначки і перемішують. 10,0



мл одержаного розчину поміщають в мірну колбу місткістю 25 мл, доводять об'єм розчину водою P до позначки і перемішують.

Розчин порівняння. 1,0 мл 1 % розчину кислоти пікринової, 3,0 мл 20 % розчину натрію карбонату і 1,0 мл розчину стандартного зразка глюкози, оброблений аналогічно досліджуваному розчину, починаючи зі слів: « Колбу з вмістом витримують...».

Компенсаційний розчин. 1,0 мл 1 % розчину кислоти пікринової, 3,0 мл 20 % розчину натрію карбонату і 1,0 мл води P , оброблений аналогічно досліджуваному розчину, починаючи зі слів «Колбу з вмістом витримують...».

Оптичну густину випробовуваного розчину і розчину порівняння вимірюють при довжині хвилі 460 нм відносно компенсаційного розчину.

Вміст відновлюючих моносахаридів в рідкому екстракті, у відсотках, в перерахунку на глюкозу, розраховують за формулою:

$$X_1 = \frac{A_x \cdot m_0}{A_0 \cdot 10 \cdot m} \cdot 100,$$

де A_x – оптична густина випробуваного розчину;

A_0 – оптична густина розчину порівняння;

m_0 – маса наважки стандартного зразка глюкози, г;

m – маса екстракту взятого для аналізу, г.

Вміст відновлюючих моносахаридів в густому екстракті, у відсотках, в перерахунку на глюкозу і суху речовину, розраховують за формулою:

$$X_2 = \frac{A_x \cdot m_0 \cdot 100 \cdot 100}{A_0 \cdot 4 \cdot m_n \cdot (100 - W)},$$

де A_x – оптична густина випробуваного розчину;

A_0 – оптична густина розчину порівняння;

m_0 – маса наважки стандартного зразка глюкози, г;

m – маса наважки екстракту, взятого для аналізу, г;

W – вміст води у екстракті, %.

Результати кількісного визначення відновлюючих моносахаридів представлені у таблиці 10.

Кількісний вміст відновлюючих моносахаридів у досліджуваних екстрактах коливається і визначається вмістом у вихідній сировині та відтворюваністю вибраної технології екстракту.



Таблиця 10 – Результати визначення вмісту відновлюючих моносахаридів в рідких та густих екстрактах чебрецю повзучого ($P = 0,95; n = 5$)

Досліджувані екстракти	Вміст відновлюючих моносахаридів в перерахунку на глюкозу, %			
	№1	№2	№3	№4
Рідкий екстракт чебрецю	$0,113 \pm 0,02$	$0,121 \pm 0,02$	$0,101 \pm 0,003$	$0,121 \pm 0,002$
Густий екстракт чебрецю	$6,02 \pm 0,10$	$6,87 \pm 0,09$	$5,60 \pm 0,10$	$6,97 \pm 0,11$

Керуючись результатами кількісного визначення відновлюючих моносахаридів, при стандартизації рідкого та густого екстракту чебрецю повзучого можна запропонувати критерієм якості вміст відновлюючих моносахаридів не менше 0,09 %, густого екстракту – не менше 5,0 % у перерахунку на глюкозу.

Визначення амінокислот в досліджуваних екстрактах чебрецю повзучого проводили методом спектрофотометрії у видимій ділянці спектру з використанням відомої і використовуваної фотометричної реакції утворення забарвленої сполуки амінокислот з нінгідрином [16].

Методика кількісного визначення вмісту амінокислот в рідкому і густому екстрактах чебрецю повзучого.

Випробовуваний розчин (а). До 1,0 мл (точна наважка) рідкого екстракту, поміщеного у пробірку, додають 1,1 мл свіжоприготовленого 0,2 % розчину нінгідрину P і нагрівають у киплячій водяній бані протягом 20 хв. Після повного охолодження розчин кількісно переносять у мірну колбу місткістю 100 мл і розбавляють водою P до позначки, перемішують.

Випробовуваний розчин (б). 0,13 г (точна наважка) густого екстракту чебрецю поміщають у мірну колбу місткістю 25 мл, розчиняють в 20 мл спирту (30 %, об/об) та доводять тим же спиртом об'єм розчину до позначки, перемішують.

1,0 мл отриманого розчину обробляють аналогічно випробовуваному розчину (а) починаючи зі слів «поміщеного у пробірку...».

Розчин порівняння. 0,059 г (точна наважка) ФСЗ гліцину поміщають у мірну колбу місткістю 100 мл, додають 70 мл води P , розчиняють протягом 5-10 хв, нагрівають на водяній бані при температурі 50 °С. Охолоджують і доводять об'єм розчину водою P до 100 мл і перемішують.



До 1,0 мл отриманого розчину, поміщеного у пробірку, додають 1,1 мл 0,2 % розчину нінгідрину *P* і нагрівають в киплячій водяній бані протягом 20 хв. Після повного охолодження розчин кількісно переносять у мірну колбу місткістю 100 мл і розбавляють водою *P* до позначки, перемішують.

Компенсаційний розчин. 1,0 мл води *P* поміщають у пробірку, додають 1,1 мл 0,2 % розчину нінгідрину *P* і нагрівають у киплячій водяній бані протягом 20 хв. Після повного охолодження розчин кількісно переносять у мірну колбу місткістю 100 мл і розбавляють водою *P* до позначки, перемішують.

0,2 % розчин нінгідрину *P* 0,1 г нінгідрину поміщають у мірну колбу місткістю 50 мл, розчиняють у 30 мл води *P*, доводять об'єм розчину тим же розчинником до позначки і перемішують.

Через 1 год вимірюють оптичну густину випробовуваного розчину і розчину порівняння на спектрофотометрі при довжині хвилі 567 ± 2 нм у кюветі з товщиною шару 10 мм відносно компенсаційного розчину.

Вміст амінокислот в рідкому екстракті, у відсотках, в перерахунку на гліцин, розраховують за формулою:

$$X_1 = \frac{A_x \cdot m_0}{A_0 \cdot m} \cdot 100,$$

де A_x – оптична густина випробовуваного розчину;

A_0 – оптична густина стандартного зразка гліцину;

m_0 – маса наважки стандартного зразка гліцину, г;

m – маса екстракту взятого для аналізу, г.

Вміст амінокислот в густому екстракті, у відсотках, в перерахунку на гліцин, розраховують за формулою:

$$X_2 = \frac{A_x \cdot m_0 \cdot 100 \cdot 100}{A_0 \cdot 16 \cdot m_n \cdot (100 - W)},$$

де A_x – оптична густина випробовуваного розчину;

A_0 – оптична густина розчину порівняння;

m_0 – маса наважки стандартного зразка глюкози, г;

W – вміст води в екстракті, %;

$m_{\text{нав}}$ – маса наважки густого екстракту, взятого для аналізу, г.

Результати кількісного визначення суми амінокислот в екстрактах чебрецю представлені у таблиці 11.



Таблиця 11 – Результати кількісного визначення суми амінокислот в в рідких та густих екстрактах чебрецю повзучого ($P = 0,95$; $n = 5$)

Екстракти	Вміст амінокислот в перерахунку на гліцин, %			
	№1	№2	№3	№4
Рідкий екстракт чебрецю $\times 10^{-2}$, %	$4,40 \pm 0,04$	$5,48 \pm 0,03$	$3,25 \pm 0,05$	$5,10 \pm 0,03$
Густий екстракт чебрецю	$1,86 \pm 0,02$	$2,18 \pm 0,01$	$1,50 \pm 0,01$	$2,08 \pm 0,02$

Таким чином визначено кількісний вміст суми амінокислот у перерахунку на гліцин у досліджуваних екстрактах чебрецю повзучого. Кількісним критерієм якості запропоновано їхній вміст відповідно у рідкому екстракті не менше 0,03 % та у густому – не менше 1,0 %.



Висновки.

1. Досліджено вплив концентрації спирту етилового, часу і режимів екстракції на вихід екстрактивних речовин, флавоноїдів, відновлюючих моносахаридів, амінокислот трави чебрецю повзучого.

2. Підібрано оптимальний спосіб одержання рідкого екстракту чебрецю повзучого, яка здійснюється градієнтним екстрагуванням із застосуванням спирту етилового різної міцності (60 % і 30 % (об/об)) та гарячої води, чотирьох перколяторів, методу реперколяції з періодичним перемішуванням сировини у перколяторах. Застосування такої технології отримання дозволяє отримувати екстракт, який максимально насичений флавоноїдами, амінокислотами, полісахаридами.

3. Досліджено оптимальні умови отримання густого екстракту чебрецю повзучого, які полягають у випаровуванні під вакуумом при температурі 60-70 °С і залишковому вакуумі 0,8 кгс/см².

4. Досліджено якісний склад рідкого і густого екстрактів трави чебрецю повзучого за групами БАР – флавоноїди, амінокислоти, полісахариди. З метою стандартизації екстрактів запропоновано ідентифікаційні маркери з фенольних сполук – лютеолін-7-О-глюкозид, лютеолін, рутин, хлорогенова, розмаринова і кофейна кислоти, глікозид лютеоліну невідомого складу.

5. Досліджено кількісний вміст флавоноїдів, амінокислот і відновлюючих моносахаридів у рідкому й густому екстрактах. Кореляція вмісту основних груп БАР для рідкого і густого екстракту свідчать про коректність вибраних умов переведення рідкого екстракту в густий. При стандартизації екстрактів кількісним показником якості запропоновано вміст флавоноїдів з наступними критеріями: для рідкого екстракту – не менше 0,03 %, для густого – не менше 2,5 % у перерахунку на апігенін.

KAPITEL 8 / CHAPTER 8⁸

THE ROLE OF MSCT, DWI, PET/CT, 3D RECONSTRUCTION AND VIRTUAL ENDOSCOPY IN THE DETECTION OF COLON PATHOLOGY AND COLORECTAL CANCER

DOI: 10.30890/2709-2313.2022-13-02-020

Introduction. Cancer of the rectum and colon (colorectal cancer, or CRC) today, without exaggeration, can be designated as a global problem [1,207 p.]. It is known that in the first place in terms of morbidity, among men, is lung cancer, among women - breast cancer, and CRC is gradually coming to second place. The trend towards a continuous increase in the incidence is especially pronounced in industrialized countries. Being the center of the modern globalized world, they involve countries with less developed economies in their orbit, imposing their “industrial” way of life among many factors. One of the characteristics of this lifestyle is nutrition. It is with its features that most scientists associate the rapid increase in morbidity and mortality from colorectal cancer. So, according to the WHO, about one million new cases of patients with colorectal cancer are registered annually in the world [5,976 s]. In the US, mortality from CRC is in third place. In Ukraine, in 2018, the registered incidence rate of CRC is 38 cases per 100 thousand population, which is in line with European and global trends [5,976]. In the CIS countries, over the past 20 years, colon cancer has moved from 6th to 3rd place in women after breast and ovarian cancer and to 3rd place in men, behind only lung and prostate cancer.

To date, such risk factors for colorectal cancer have been identified, such as the age of patients over 50, dietary habits, genetic syndromes (diffuse familial polyposis, Gardner-Turner syndrome, Peitz-Egers syndrome), Turk's disease, the presence of colon adenomas, ulcerative colitis, Crohn's, a history of CRC in relatives, previous breast cancer and / or female genital cancer [12,744p.].

In patients with chronic inflammatory diseases of the rectum, especially with ulcerative colitis, the incidence of rectal cancer is significantly higher than in the general population [13,560 p.].

The duration and clinical course of the disease affect the risk of cancer.

So, according to the literature, the risk of rectal cancer with a disease duration of up to 5 years ranges from 0 to 5%, up to 15 years - 1.4-12%, up to 20 years - 5.4-

⁸**Authors:** Sokolov Viktor, Rozhkovskaya Galina, Tsvigovskiy Viacheslav, Dorofeeva Tamara, Korsun Aleksandr, Dius Elena, Dolgushyn Oleg



20%, up to 30 years - fifty%. [5, 978 p.].

Polyps most often occur on the background of hyperplastic folds. Lymphomas occur in the distal small intestine and cecum.

Polyps are more common in men (60%) and less often in women (40%). The sizes at which malignancy of polyps often occurs are as follows: less than 5 mm - 0%, 5-9 mm - 1%, 10-20 mm - 10%, more than 20 mm - 40-50%.

Existing techniques do not always allow us to establish the nature of the changes in the colon. For example, standard barium irrigoscopy can detect only large polyps and, in 80% of cases, colon cancer, most often exophytic, less often endophytic (70-75%).

Conducted tests for occult blood, according to literature data, are characterized by very low sensitivity and low specificity.

Colonoscopy is not always indicated for everyone and is often fraught with complications.

Foreign authors propose to conduct a virtual colonoscopy and immediately carry out fibrocolonoscopy to remove polyps identified using virtual colonoscopy. However, information on this score

The duration and clinical course of the disease affect the risk of cancer.

So, according to the literature, the risk of rectal cancer with a disease duration of up to 5 years ranges from 0 to 5%, up to 15 years - 1.4-12%, up to 20 years - 5.4-20%, up to 30 years - fifty%. [5, 978 p.].

Polyps most often occur on the background of hyperplastic folds. Lymphomas occur in the distal small intestine and cecum.

Polyps are more common in men (60%) and less often in women (40%). The sizes at which malignancy of polyps often occurs are as follows: less than 5 mm - 0%, 5-9 mm - 1%, 10-20 mm - 10%, more than 20 mm - 40-50%.

Existing techniques do not always allow us to establish the nature of the changes in the colon. For example, standard barium irrigoscopy can detect only large polyps and, in 80% of cases, colon cancer, most often exophytic, less often endophytic (70-75%).

Conducted tests for occult blood, according to literature data, are characterized by very low sensitivity and low specificity.

Colonoscopy is not always indicated for everyone and is often fraught with complications.

Foreign authors propose to conduct a virtual colonoscopy and immediately carry



out fibrocolonoscopy to remove polyps identified using virtual colonoscopy. However, the information on this matter is rather contradictory, sometimes based on a small number of observations and is often not interpreted correctly enough.

Virtual colonoscopy (screening of colon cancer using computed tomography) finds 90% of large precancerous polyps [9, pp. 145-150]. The study showed that virtual colonoscopy detected 90% of polyps with a diameter of 10 mm or more (the same accuracy as for colonoscopy) determining the reliability of detecting polyps using MPR, 3D reconstruction and virtual endoscopy; establishing the distinctive features of MSCT images of polyps and polypoid thickening of mucosal folds; establishing criteria for tumor invasion of the intestinal walls; determining the effectiveness of chemoradiation and surgical treatment; determining radiological criteria for tumor recurrence.

The purpose of our research was the following: establishment of MSCT criteria for infiltrating and exophytic colon cancer; establishing the capabilities of DWI and PET / CT in the diagnosis of colon cancer;

determination of the reliability of detecting polyps using the MPR, 3D reconstruction

Materials and methods. When writing the monograph, the data of literature studies were used, the results of our own studies for the period of work from 2006 to 2017 MSCT colonoscopy was performed in 345 patients (240 with suspected cancer, 105 with polyps). Preparation for the study of patients was carried out according to the standard method. The usual radiation dose for MSCT colonoscopy is 6-12 mGy. During screening, it is permissible to reduce the dose to 3-6 mGy ("low dose technique"). The low dose technique should be used to determine the cause of the obstruction of the colonoscope or if the irrigoscopy is not possible. The introduction of contrast is often necessary for the purpose of enveloping the stool lumps. This is especially important for elderly people who cannot perfectly prepare for the examination. Intravenous administration of contrast is performed according to indications, especially if there is a suspicion of a relapse of the tumor process, determination of the transition of the tumor to pericolic fat, to assess the effectiveness of radiation or chemotherapy. When using axial imaging, it is better to use the pulmonary window, which allows better visualization of polyps. The soft tissue window visualizes fat damage better. It is advisable to use all three positions: axial, sagittal and coronary, which demonstrate good resolution (see Fig. 1).



Figure 1 - shows MSCT colonography of the normal colon.

When using a 3D view, we clearly visualize invisible lesions located behind the haustral folds. Sometimes difficulties arise when there is a lot of fluid or stool. In these cases, it is necessary to examine patients on the back and abdomen. With the help of targeted navigation, it was possible to inspect the large intestine both from the outside and to view the object from the inside [9, p.145-150].

We used standard abdominal radiography, MSCT (multislice computed tomography), MRI (magnetic resonance imaging), DWI (diffusion-weighted images).

MSCT studies were carried out on 4 and 64-slice Toshiba devices. MRI examinations were performed with a field strength of 1.5 T. PET / CT was performed using labeled ^{18}F -FDG (2-fluorodioxylucose).

Results and discussion. Malignant tumors are subdivided into endophytic or infiltrative, exophytic and mixed tumors. In infiltrative tumors, thickening of the colon walls over 12-13 mm was determined with a norm of 2-3 mm. The latter circularly narrow the intestinal lumen.



The virtual colonoscopy clearly reveals the tumor formation. MSCT examination of the colon was carried out in cases of suspicion of a tumor and difficulty in performing standard methods of examination of the colon, due to severe pain, pronounced dolichosigma, enema incontinence, the impossibility of examining the right sections of the colon, post-radiation changes, with suspicion of early postoperative complications, in cases of massive extraorganic growth to assess the prevalence of the process and identify extraorganic tumor recurrence.

Exophytic cancer was found in 90, endophytic in 86 and mixed in 74 patients. With exophytic tumors, a cancerous tumor has a bumpy surface and, as it were, consists of several nodes. The use of CT colonography helps to identify tumor invasion of the intestinal wall and the surrounding fatty tissue or mesentery.

Virtual colonoscopy clearly demonstrates individual tumor nodes that grow into the adjacent fatty tissue, often put pressure on the outer wall of the intestine, determine the defeat of the lymph nodes in the abdominal cavity. The virtual colonoscopy clearly reveals the tumor formation. MSCT examination of the colon was carried out in cases of suspicion of a tumor and difficulty in performing standard methods of examination of the colon, due to severe pain, pronounced dolichosigma, enema incontinence, the impossibility of examining the right sections of the colon, post-radiation changes, with suspicion of early postoperative complications, in cases of massive extraorganic growth to assess the prevalence of the process and identify extraorganic tumor recurrence.

Exophytic cancer was found in 90, endophytic in 86 and mixed in 74 patients. With exophytic tumors, a cancerous tumor has a bumpy surface and, as it were, consists of several nodes. The use of CT colonography helps to identify tumor invasion of the intestinal wall and the surrounding fatty tissue or mesentery.



Figure 2 - shows an infiltrative tumor with concentric narrowing of the intestine.

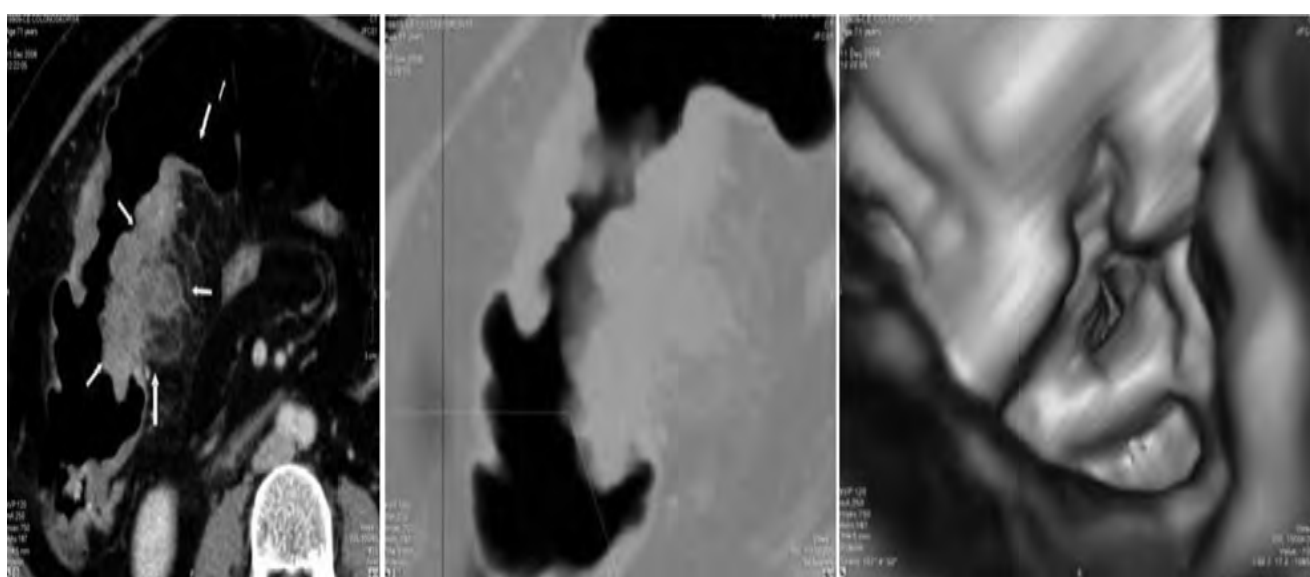


Figure 3 - MSCT and spiral colonography show an exophytic colon tumor (see arrows).

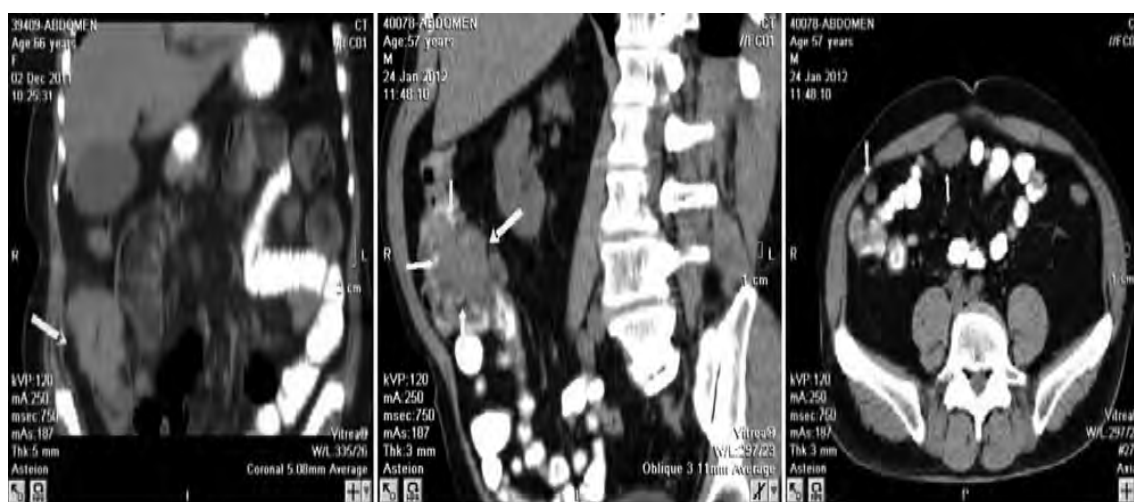


Figure 4 - MSCT. Tumor of the cecum with metastases in the abdominal cavity

To date, the risk factors for colorectal cancer have been identified. These are: 1. the age of patients over 50; 2. features of power supply; 3. genetic syndromes (diffuse familial polyposis, Gardner-Turner syndrome, Peitz-Eggers syndrome), Turk's disease; 4. the presence of adenomas of the colon; 5. ulcerative colitis; 6. Crohn's disease; 7. A history of colorectal cancer in relatives, previous breast cancer and / or female genital cancer.

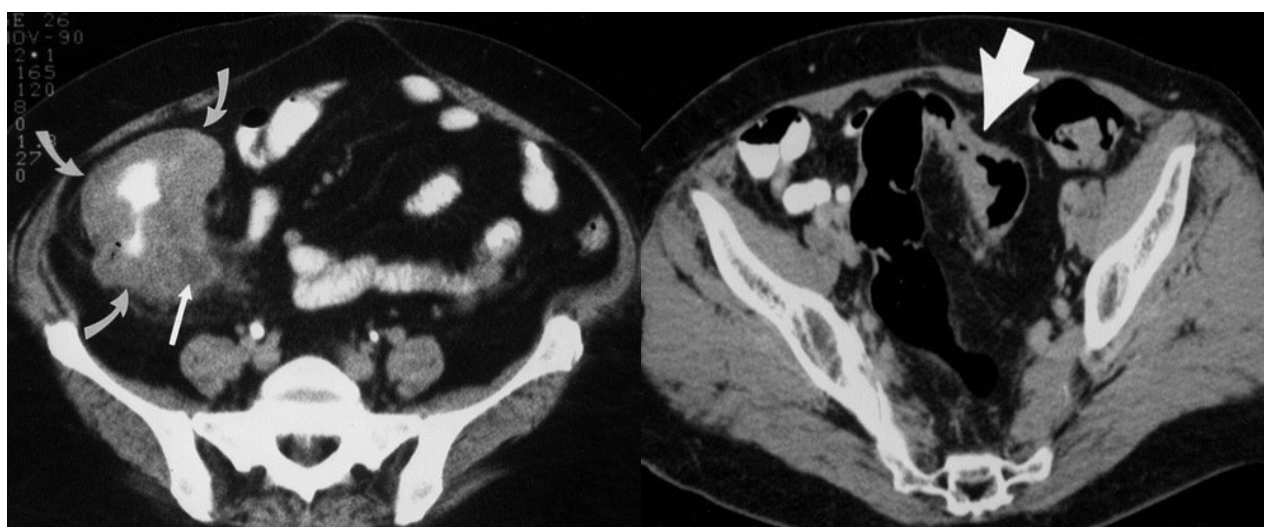


Figure 5 - MSCT of colon cancer (cecum, transverse colon - arrows).

In patients with chronic inflammatory diseases of the rectum, especially with ulcerative colitis, the incidence of rectal cancer is significantly higher than in the general population. Cancer risk is influenced by the duration and clinical course of the disease (Fig. 6).

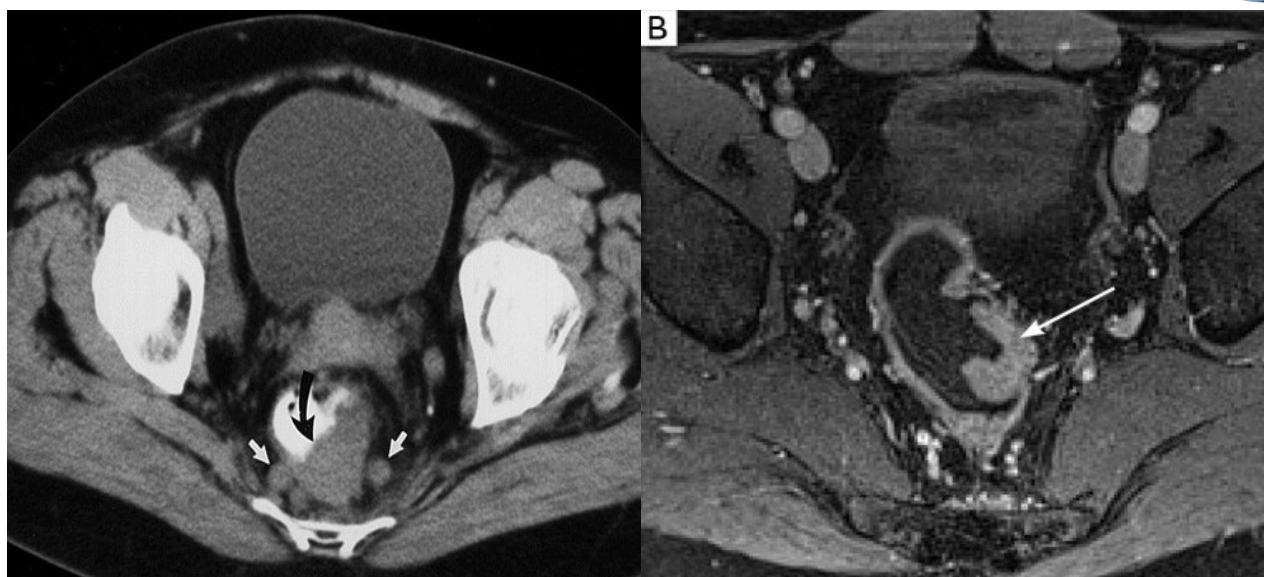


Figure 6 - (a) MSCT of rectal cancer

(b) MRI of rectal cancer

According to the literature, the risk of rectal cancer with a disease duration of up to 5 years ranges from 0 to 5%, up to 15 years - 1.4-12%, up to 20 years - 5.4-20%, up to 30 years - 50% ...

The accuracy of MSCT varies significantly and depends on the extent of the process. Here you should pay attention to the fact that with the progression of the process, tumor growth can be observed not only in the area of the anastomosis, but also in the adjacent areas, while the tumor significantly accumulates contrast. You should also pay attention to the condition of the regional lymph nodes.

Colon polyps

In Figure 7, two polyps are found in the shadow projection option. One of them is located in the hepatic corner of the large intestine, the other on the lateral wall of the rectum. The size of the first polyp is 1.6 cm, the second is 1.5 cm.

The accuracy of MSCT varies significantly and depends on the extent of the process. Here you should pay attention to the fact that with the progression of the process, tumor growth can be observed not only in the area of the anastomosis, but also in the adjacent areas, while the tumor significantly accumulates contrast. You should also pay attention to the condition of the regional lymph nodes.

In addition to polyps, hyperplastic folds, which resemble adenomatous polyps, are false in the differential diagnostic plan.

With adenomatous polyps, virtual colonography gives a clear idea of the presence of an adenomatous polyp by maintaining a normal internal pattern of the intestine, haustration (Fig. 7).

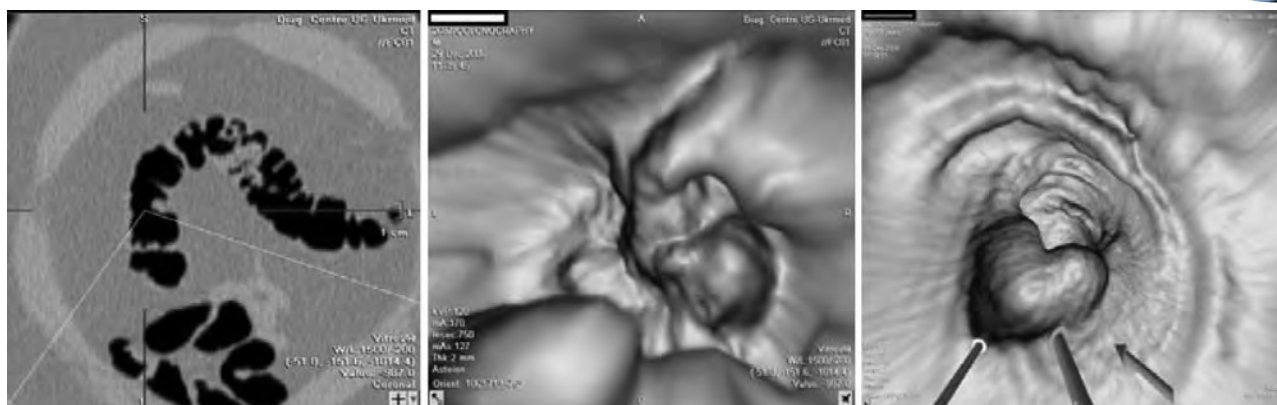


Figure 7 - shows two adenomatous polyps of different sizes: 1.6 cm and 1.5 cm. The patient was asked to remove them.

Tumor formations larger than 1 cm and hyperplastic masses in 10-25% may be carcinomas.

On an axial tomogram, the changes are no different from the image of cecum cancer with invasion of pericolic fatty tissue. Virtual colonography indicates an inflammatory process with preservation of gausturation.

Patients with these processes must necessarily be examined using fibrocolonoscopy to take a biopsy.

Fatty polyps, especially pedunculated polyps, are highly mobile and can make them difficult to interpret. Figure 8 shows an image of a large fatty polyp with a long stem, up to 1.8 cm in size. The polyp was removed during a subsequent colonoscopy.

The sensitivity of MSCT in the diagnosis of polyps measuring 6 mm is 90% and 99% during colonoscopy. With tumors larger than 1 cm, the sensitivity of both methods reaches 100%, but it should be borne in mind that not all patients will be able to undergo colonoscopy.

The accuracy of MSCT varies significantly and depends on the extent of the process. Here you should pay attention to the fact that with the progression of the process, tumor growth can be observed not only in the area of the anastomosis, but also in the adjacent areas, while the tumor significantly accumulates contrast. Polyps should be differentiated from small feces (polyps retain their structure regardless of the patient's position, fecal pieces are displaced when the patient's position is changed). In addition, air bubbles are always detected above the feces, and there is no accumulation of contrast.

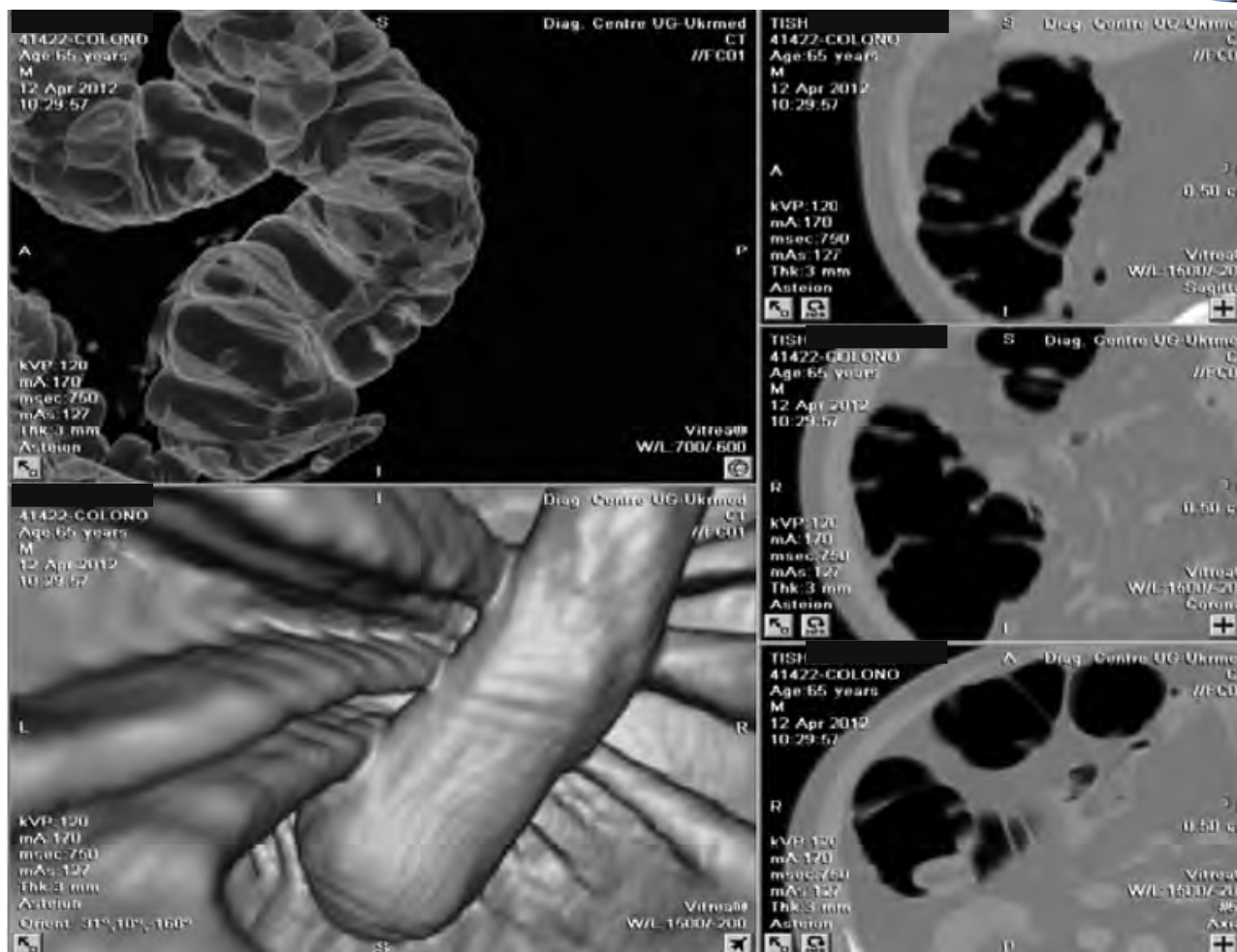


Figure 8 - Virtual colonography. Large pedunculated fatty polyp.

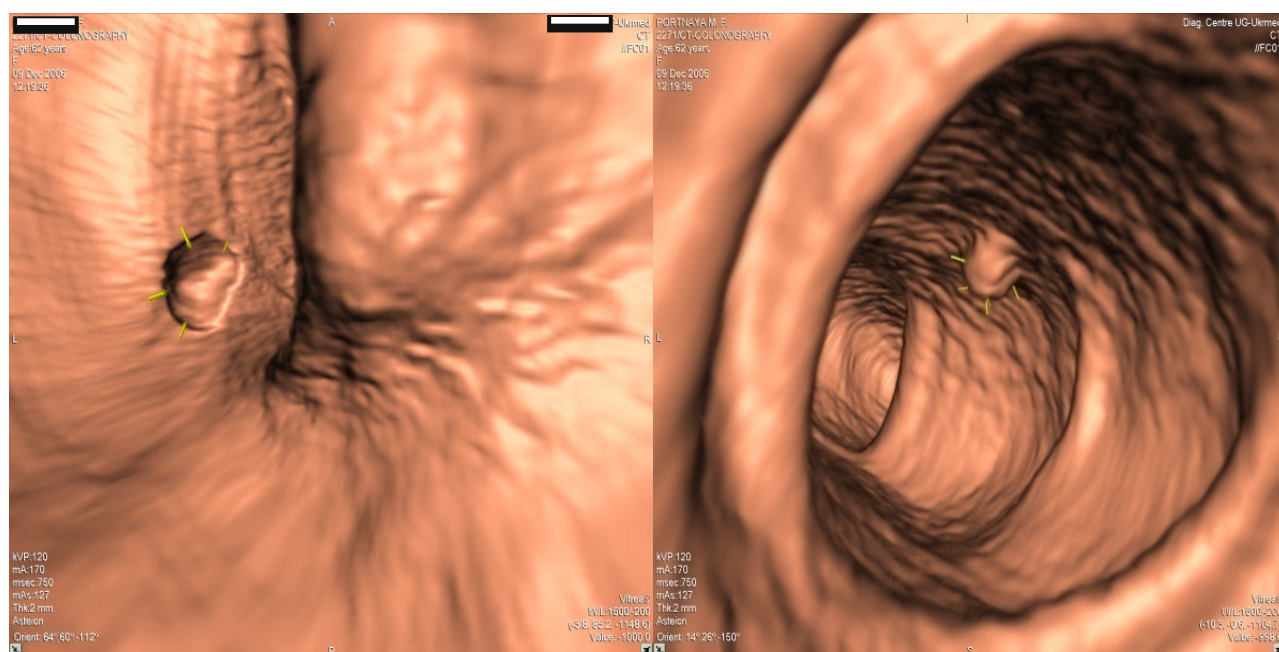


Figure 9 - Virtual colonoscopy of a piece of stool and polyp.



When performing radiation therapy, we paid attention to the features of the contrast distribution in the tumor and surrounding tissues (during and after) irradiation). A pronounced decrease in the accumulation of contrast by the tumor indicated a good effect of the radiation therapy.

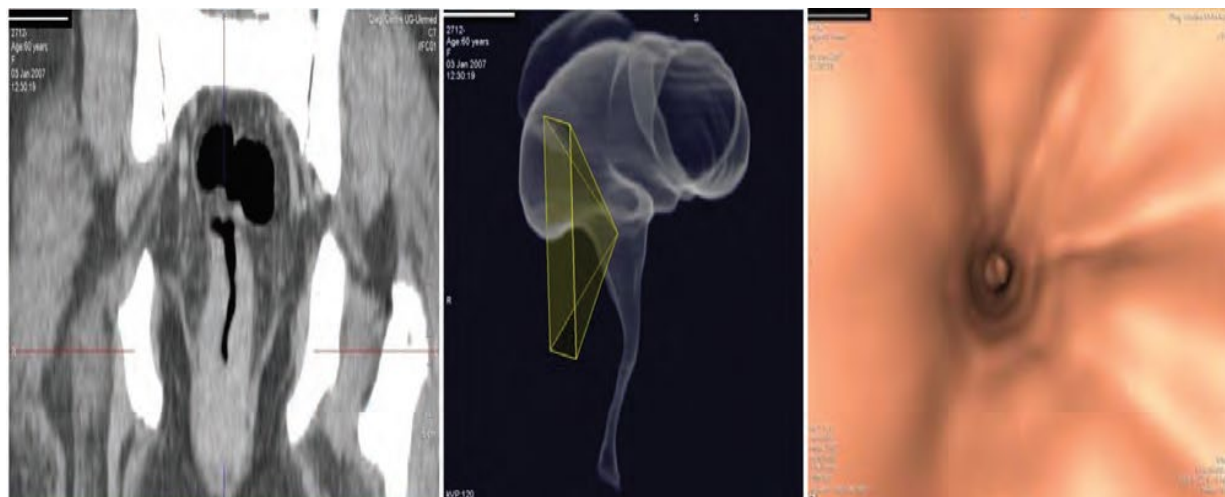


Figure 10 - MSCT and virtual colonography of rectal cancer after radiation therapy.

The following are the results of examining patients using DWI and PET / CT.

DWI is based on the registration of changes in the nature of the Brownian motion of water molecules in various pathological processes. We measured the signal intensity in a series of DWI images and calculated the diffusion coefficient (DTC) values. The ICD is a gradient curve that is plotted by comparing the values of b on the x-axis and the logarithm of the tissue signal on the y-axis. ICD values were determined automatically by entering the area of interest on the map. ICD is expressed in $\mu\text{m}^2 / \text{s}$. We used the values $b = 50\text{s} / \text{mm}^2$, $400\text{s} / \text{mm}^2$, $800\text{s} / \text{mm}^2$. For each focus, the diffusion coefficient of ICD was determined on special ICD maps (Fig. 11 and Fig12).

PET / CT in combination with MSCT with high accuracy allows diagnosing both small colon tumors and metastases, including tumor dissemination along the peritoneum [15, p.92-103] (Fig.13 and Fig.14).

Spiral tomography clearly shows tumor growths in the cecum (b), MSCT shows a tumor lesion of the cecum (arrow (a)), which was confirmed by ^{18}F -FDG(c).

Rectal cancer recurrence 6 months after resection and radiation therapy (arrows). The accumulation of FDG over the tumor indicated insufficient effectiveness of the radiation therapy.

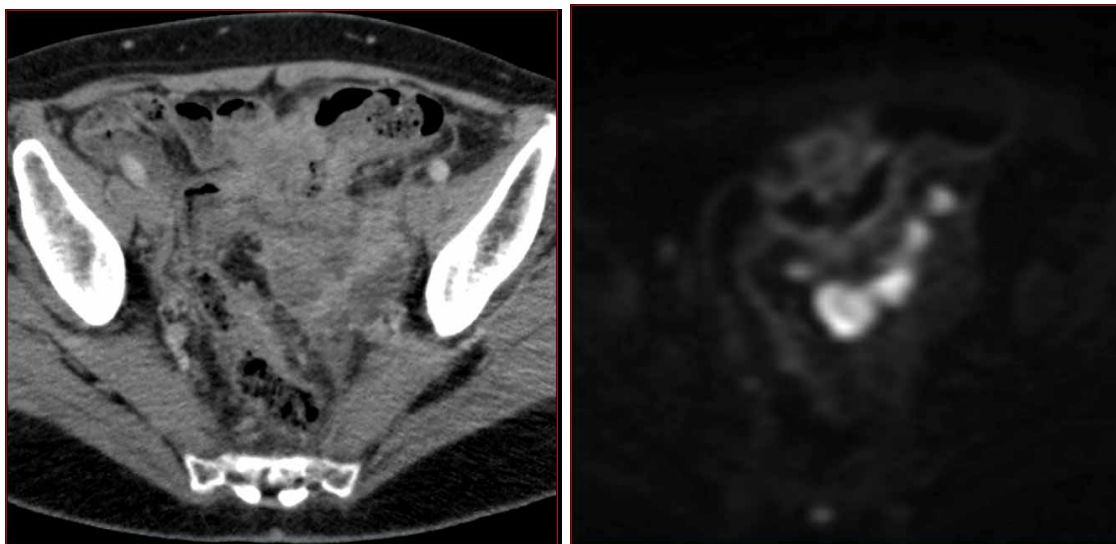


Figure 11 - MSCT tumor of the sigmoid colon. T2-weighted images show a well-defined lesion in the perisigmoid space. DWI was obtained at $b = 750$ and shows a high signal.

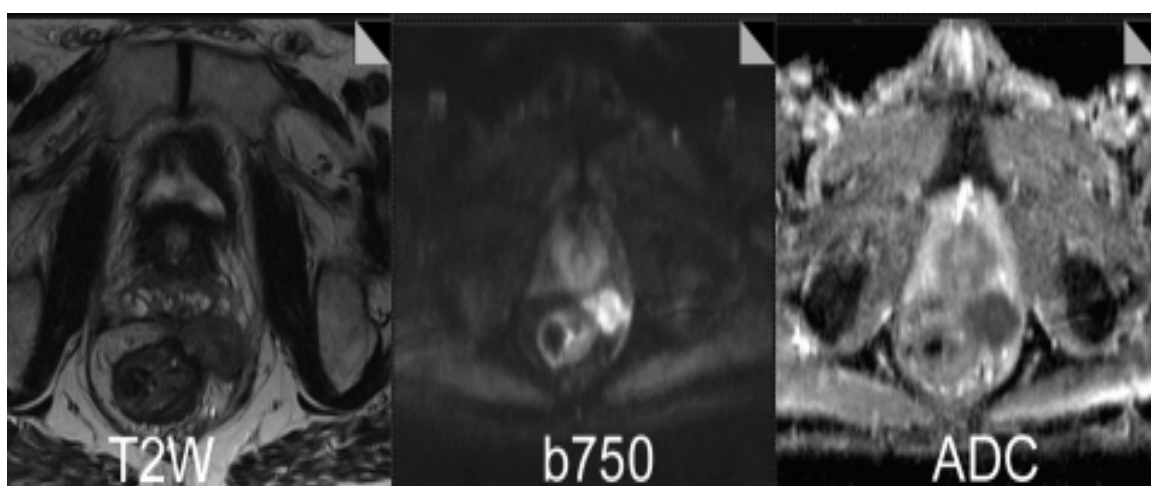


Figure 12 - T2-weighted images show a well-defined lesion in the perirectal space. DWI was obtained at $b = 750$ and shows a high signal.

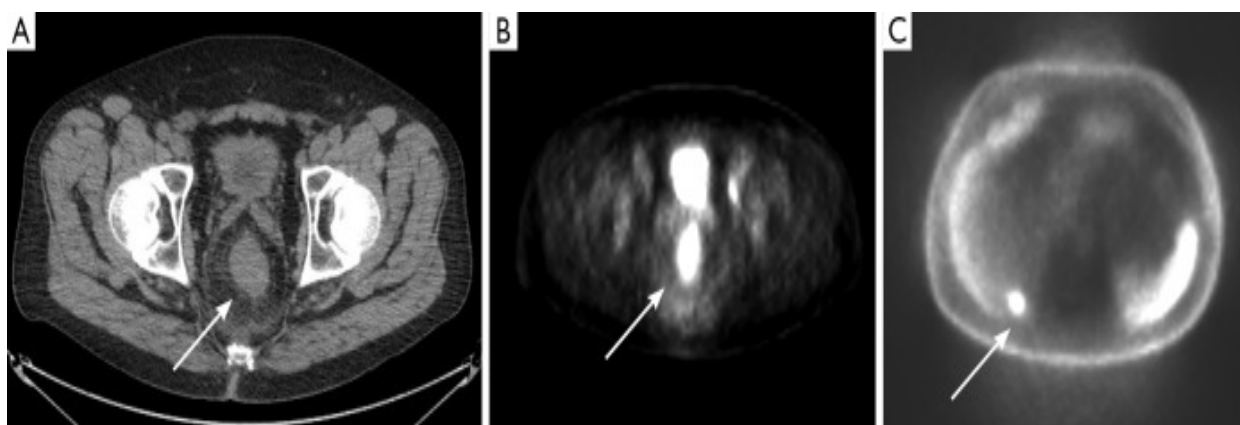


Figure 13 - PET / CT of rectal tumor with liver metastasis (arrows).

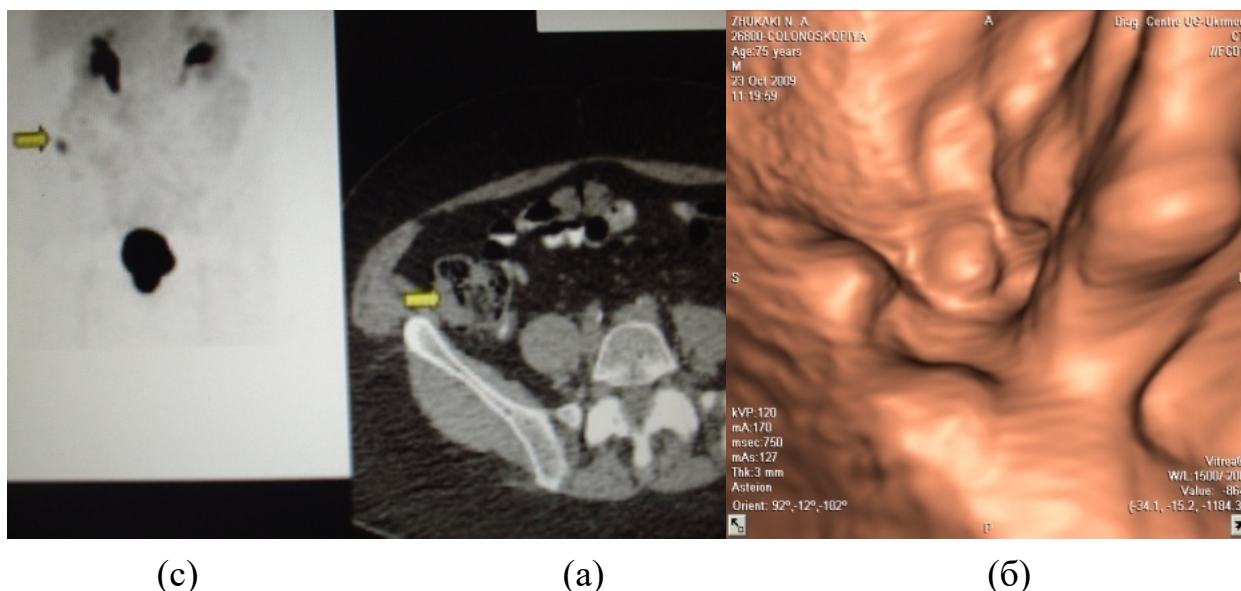


Figure 14-MSCT(a), spiral tomography (b) and PET/CT of the cecum tumor (c).

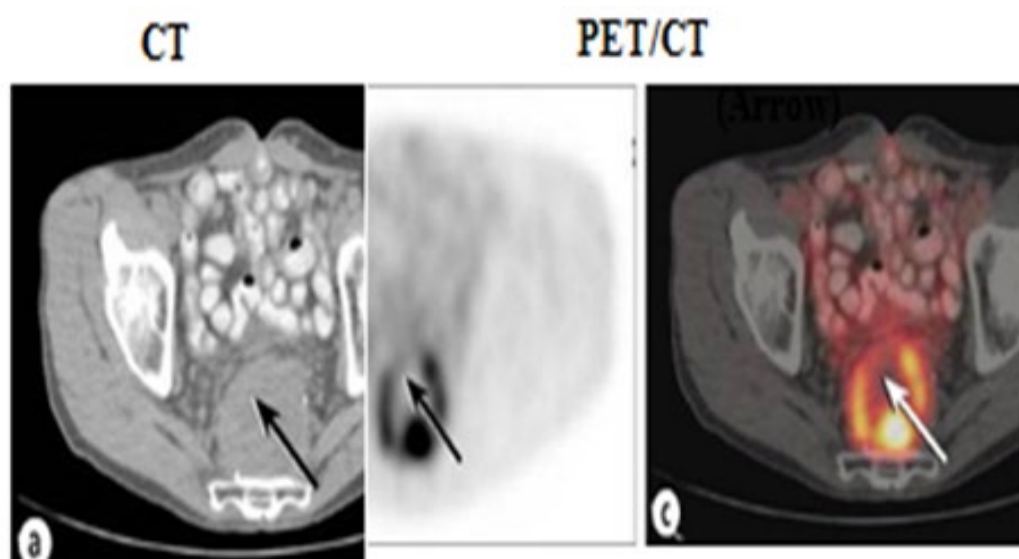


Figure 15 MSCT and PET / CT Recurrent rectal cancer. (a) MSCT shows a large pre-sacral mass that showed negative biopsy. The negative result was obtained because during the puncture the needle passed through necrotic changes in the tumor. (b) The arrow shows the progress of the biopsy image of a fused active tumor with a discontinuous rim surrounding the necrotic center. (c) Repeated biopsy based on PET / CT imaging confirmed tumor recurrence



Conclusions.

MSCT, including MSCT endoscopy, is a highly informative method for detecting invasive colon cancer, showing sensitivity and specificity indicators approaching 100%, which cannot be said about the diagnosis of colon polyps (76%). The use of MSCT can increase the accuracy of preoperative detection of a colon tumor, clarify the stage of the disease, detect tumor recurrence, and determine the effectiveness of radiation therapy. The sensitivity of MSCT for detecting polyps of 5-6 mm in size was 59%, with optical colonoscopy - 76%, the sensitivity of MSCT for detecting polyps of 10 mm was 91%, with optical colonoscopy - 95%.

The advantage of virtual colonoscopy is that it does not require complex preparation of the patient for the study and does not injure him, since the research technique, in fact, is a variant of computed tomography.

This technique is well suited for screening patients from risk groups, especially in the presence of polyps, because they often undergo malignant transformation.

Methods MSCT, DWI, MRI are useful in the diagnosis and definition of the metastatic focus of education.

¹⁸F-FDG PET / CT can provide effective prognosis information after surgical resection of colon cancer. PET / CT provides a significant advantage in improving diagnosis and therapeutic monitoring of patients, monitoring treatment responses.



Verweise / References

Chapter 1.

1. Грибут И. Э. Автосервис: станции технического обслуживания автомобилей : И. Э. Грибут, В. С. Артюшенко. – Киев: Альфа-М, 2008. – 480 с.
2. Марков О. Д. Станции технического обслуживания автомобилей / О. Д. Марков. – Киев: Валма, 2008. – 536 с.
3. Марков О. Д. Организация автосервиса / Марков О. Д. – Л: Ориана Нова, 1998. – 332 с.
4. Волгин В. В. Автосервис: структура и персонал / В. В. Волгин. – М.: Дашков и К, 2006. – 712 с.
5. Марков О. Д. Автосервис: рынок, автомобиль, клиент / О. Д. Марков. – М.: Транспорт, 1999. – 270 с.
6. Харцег К. Станции обслуживания легковых автомобилей [пер. с венг.] / К. Харцег. – М.: Транспорт, 1978. 303 с.
7. Кобеньяков А. В. Техническое обеспечение войск пограничного округа / А. В. Кобеньяков. – М.: Воениздат, 1975. – 37 с.
8. Организация технического обслуживания автотранспортной техники воинской части: метод. пособие / руководитель авт. кол. И. В. Балабай ; за общ. ред. А. Т. Смирнов. – М.: Воениздат, 1975. – 169 с.
9. Експлуатація та ремонт військової техніки. Терміни та визначення : ДСТУ 3576-97. – [Чинний від 01.01.1996]. – К.: Держспоживстандарт України, 1998. – 36 с.
10. Про затвердження Інструкції про порядок проведення комплексних перевірок (інспектування) озброєння, техніки й особового складу технічних служб, підрозділів, частин, з'єднань Прикордонних військ України : Наказ Голови Держкомітету – командуючого Прикордонними військами України від 25 липня 1995 року № 300. – К.: НАПВУ, 1995. – 120 с.
11. Городнов В. П. Теоретические основы моделирования микроэкономических и других процессов и систем : монографія / В. П. Городнов – Х.: Изд-во АБВ МВД Украины, 2008. – 484 с.
12. Говорущенко Н. Я. Основы теории эксплуатации автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – Киев: Вища школа, 1971. – 232 с.
13. Говорущенко Н. Я. Техническая эксплуатация автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – Харьков: Вища школа, 1984. – 312 с.



14. Madu, C. A closed Quencintry Maintenance Network with two repair Centers / C. Madu // Journal of the Operational Research Society (OR), Vol.39. – N., 1998. – P. 959-967.

15. Власов В. М. Оценка и проектирование организационно-технологического обеспечения производства техобслуживания и ремонта автомобилей : дисс. ... д-ра техн. наук : 05.22.10 / В. М. Власов ; Моск. гос. ун-т им. М. Ломоносова. – Москва : МГУ, 1996. – 363 с.

16. Безуглов Ю. И. Исследование некоторых вопросов оптимизации системы технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей в автотранспортных предприятиях : автореф. дисс. на получение научн. степени канд. техн. наук: 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / Ю. И. Безуглов ; Московск. автомобильно-дорожный ин-т. – М. : МАДИ, 1974. – 23 с.

17. Лукин В. П. Исследование некоторых вопросов стратегии работы системы технического обслуживания и ремонта автомобилей в грузовых автотранспортных предприятиях : автореф. дисс. на получение научн. степени канд. техн. наук: 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / В. П. Лукин ; Московск. автомобильно-дорожный ин-т. – М. : МАДИ, 1977. – 20 с.

18. Масуев М. А. Разработка методики оптимизации системы технического обслуживания и ремонта автомобилей в АТП (на примере грузового АТП) : автореф. дисс. на получение научн. степени канд. техн. наук: 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / М. А. Масуев ; Московск. автомобильно-дорожный ин-т. – М. : МАДИ, 1979. – 21 с.

19. Панин А. В. Исследование вопросов оптимизации работы системы ТО и ремонта базовых предприятий автотранспортных объединений : автореф. дисс. на получение научн. степени канд. техн. наук: 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / А. В. Панин ; Московск. автомобильно-дорожный ин-т. – М. : МАДИ, 1981. – 20 с.

20. Полнар Ю. М. Исследование вопросов организации и управления системой технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей в автотранспортных предприятиях : автореф. дисс. на получение научн. степени канд. техн. наук: 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / Ю. М. Полнар ; Московск. автомобильно-дорожный ин-т. – М. : МАДИ, 1977. – 24 с.

21. Хинчин А. Я. Роботи з математичної теорії масового обслуговування / А. Я. Хинчин; за ред. Б. В. Гнеденко. – М. : Физматгиз, 1963. – 236 с.

22. Богомяков Ю. Л. Определение оптимальной мощности СТО / Ю. Л.



Богомяков, С. К. Темиргалиев, К. М. Кадайкулов // Автомобильный транспорт Казахстана. – А., 1975. – № 7. – С. 20–21.

23. Никульшин С. В. Совершенствование структуры и организационных форм технологических процессов автосервисных предприятий: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / С. В. Никульшин ; Нац. трансп. ун-т. – Киев : КНТУ, 1999. – 211 с.

24. Хабибуллин Р. Г. Основы формирования фирменной системы технического обслуживания и ремонта автомобилей (на примере автомобилей КамАЗ): автореф. дисс. на получение научн. степени канд. техн. наук: 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / Р. Г. Хабибуллин ; Московск. автомобильно-дорожный ин-т. – М. : МАДИ, 2000. – 21 с.

25. Тахтамышев Х. М. Теоретические основы формирования и использования внутрипроизводственной мощности автотранспортных предприятий: дисс. ... д-ра техн. наук : 05.22.10 / Х. М. Тахтамышев ; Киевск. автодорожный ин-т. – К. : КАДИ, 1989. – 429 с.

26. Айвазян С. А. Экономико-прикладная статистика и основы эконометрики / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. – Москва : Юнити, 1998. – 1022 с.

27. Ферстер Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа / Э. Ферстер, Б. Ренц. – Москва: Финансы и статистика, 1983. – 301 с.

28. Городнов В. П. Вища математика (популярно, із прикладами) : підручник для студ. екон. спец. вищ. навч. закл. / В. П. Городнов. – Х.: УНУА, 2006. – 384 с.

29. Гнеденко Б. В. Введение в теорию массового обслуживания / Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. – М. : Наука, 1966. – 431 с.

30. Иголкин В. Н. Об оптимизации одной системы массового обслуживания / В. Н. Иголкин. – С-П.: Изд. СПбГУ, 1992. – 7 с.

31. Кофман, А. Массовое обслуживание. Теория и приложения / А. Кофман, Р. Крюон. – М. : Мир, 1965. – 382 с.

Chapter 2.

1. Стратегія розвитку морських портів України на період до 2038 року
rada.gov.ua ›

2. United Nations ESCAP.2021. Smart Ports Development Policies in Asia and the Pacific. URL: <https://www.unescap.org/sites/default/d8files/event-documents/>



[SmartPortDevelopment_Feb2021.pdf](#).

3. PRIORITIES OF EUROPEAN PORTS FOR 2019 – 2024 www.espo.be › media › Memorandum ESPO FINAL Digital version

4. Review of Maritime Transport 2021 - UNCTAD unctad.org › system › files › official-document › rmt2021_en_0

5. Sinay. 2021. What Is a Smart Port? Port Digitalization. <https://sinay.ai/en/smart-port-101-what-is-a-smart-port/>

6. Решетков Д.М., Іванова І.М. Світовий досвід використання цифрових технологій у морських портах. Транспортні системи і технології: проблеми функціонування та розвитку портів. Том 6: монографія / [авт. кол.: Кириллова О.В., Пітерська В.М., Магамадов О.Р., Решетков Д.М. та ін.] за ред. О.В.Кириллової. – Одеса: КУПІРІЄНКО СВ, 2021 – 159 с.

Chapter 3.

1. Гук, В. І. Транспортні потоки: теорія та її застосування в урбаністиці [Текст] : монографія / В. І. Гук, Ю. М. Шкодовський. – Харків : Золоті Сторінки, 2009. – 231 с.

2. Застосування моделей і методів ергономіки і логістики в транспортних системах [Текст] : монографія / за ред. проф. В. К. Долі ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : Лідер, 2016. – 332 с.

3. Кашканов, А. А. Проблеми функціонування транспортних систем великих міст України в сучасних умовах [Текст] / А. А. Кашканов, О. В. Пальчевський // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – 2022. – № 1. – С. 87–96.

4. Мазур, В. В. Потоківі моделі транспортної мережі міста [Електрон. ресурс] / В. В. Мазур. – Львів, 2010. – Режим доступу: <http://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2018/aug/14105/04.pdf>. – Заголовок з екрана.

5. Нагребельна, Л. П. Вибір моделі для дослідження транспортного потоку на вулично-дорожній мережі міст України [Текст] / Л. П. Нагребельна // Автошляховик України. – 2019. – № 3. – С. 30–33.

6. Скалзуб, В. В. Моделирование неоднородных транспортных потоков с переменными тарифами [Текст] / В. В. Скалзуб, Л. А. Паник // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. праць ДНУЗТ. – 2015. – Вип. 10. – С. 105–111.



7. Скалозуб, В. В. О построении обобщенных моделей планирования неоднородных транспортных потоков [Текст] / В. В. Скалозуб, Л. А. Паник // Системные технологии. – 2016. – № 5. – С. 94-101.

8. Сохацький, А. В. Моделювання ланцюгових критичних ситуацій в щільному транспортному потоці [Текст] / А. В. Сохацький, Є. М. Романенко, І. С. Іванисенко // Інтернаука. – 2017. – № 14. – С. 92–96. – (Серія: Технічні науки).

9. Степанчук, О. В. Особливості використання методів моделювання транспортних потоків на вулично-дорожній мережі міста [Текст] / О. В. Степанчук, О. І. Лапенко, О. С. Чернишова // Теорія та практика дизайну. – 2022. – Вип. 25. – С. 110–119.

10. Сукач, Е. И. Метод перераспределения автомобильных транспортных потоков региона на основе имитационного моделирования [Текст] / Е. И. Сукач // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2008. – № 3. – С. 37–45.

11. Ткаченко, І. О. Ризики у транспортних процесах [Текст] : навч. посіб. / І. О. Ткаченко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 114 с.

12. Черненко, А. О. Щодо моделювання транспортних потоків для аналізу завантаженості доріг в містах [Текст] / А. О. Черненко, Н. В. Халіпова, І. Ю. Леснікова // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. праць ДНУЗТ. – 2016. – Вип. 12. – С. 90–98.

13. Barcelo, J. Fleet rerouting strategies with real-time traffic information [Electronic resource] / J. Barcelo, J. Orozco // 12th World Conference on Transportation Research WCTR (Lisbon, July 11–15, 2010 y.). – Lisbon, 2010. – Mode of access: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/10877>. – Screen title.

14. Casas, J. The need to combine different traffic modelling levels for effectively tackling large-scale projects adding a hybrid meso/micro approach [Text] / J. Casas, J. Perarnau, A. Torday // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2011. – Vol. 20. – P. 251–262.

15. Xing, Wu. Modeling heterogeneous risk-taking behavior in route choice: A stochastic dominance approach [Text] / Xing Wu, Yu (Marco) Nie // Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2011. – Vol. 45. – P. 896–915.

Chapter 4.

1. Будівельний сервейінг – <http://m-cg.com.ua/ua/services/surveying/>



2. Сутність і зміст сервейінгу – <http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785726415888-SCN0002/004.html>
3. Сутність, призначення оцінки вартості майна та напрями оціночної діяльності – <http://bibl.com.ua/ekonomika/1957/index.html?page=13>
4. Професійне управління нерухомістю – сервейінг – https://stud.com.ua/51980/ekonomika/formi_metodi_osnovnih_vidiv_pidpriyemnitskoyi_diyalnosti_rink_u_neruhomosti
5. Глосарій – <https://stud.com.ua/64328/ekonomika/visnovok#625>
6. Верцун А. Модель «DUPONT», як факторна модель оцінки рентабельності власного капіталу підприємства» – http://www.rusnauka.com/13_EISN_2013/Economics/3_136375.doc.htm

Chapter 5.

1. Janczukowicz, W., Rodziewicz, J., Mielcarek, A., Wolter, A. (2016). The impact of food waste discharge into the municipal sewerage on cod concentration in urban wastewater in Olsztyn. *Inżynieria Ekologiczna*, (47), 68-73.
2. Yau, Yiu-Hung, Rudolph, Victor, Lo, Cat Chui-Man and Wu, Kam-Chau (2018). Restaurant oil and grease management in Hong Kong. *Environmental Science and Pollution Research* 1-11.
3. European Biomass Industry Association, 2015. Transformation of Used Cooking Oil into Biodiesel: from Waste to Resource - Position Paper, [online], Promotion of Used Cooking Oil Recycling for Sustainable Biodiesel Production (RecOil) available at : http://www.eubren.com/UCO_to_Biodiesel_2030_01.pdf (Accessed 1July 2016).
4. Klaucans E. and Sams K. Problems with Fat, Oil, and Grease (FOG) in Food Industry Wastewaters and Recovered FOG Recycling Methods Using Anaerobic Co-Digestion: A Short Review, *Key Engineering Materials*, Vol. 762, pp. 61-68, 2018.
5. Marlow, D.R., Boulaire, F., Beale, D.J., Grundy, C., and Moglia, M. (2011). Sewer Performance Reporting: Factors That Influence Blockages. *J. Infrastruct. Syst.* 17, 42–51.
6. Mohamed RMS, Al-Gheethi AA, Welfrad AN, Hashim A. Development in-house: A trap method for pretreatment of fat, oil and grease in kitchen Wastewater. In: Hussain CM, ed. Springer Nature Switzerland AG 2019.
7. Williams, J.B., Clarkson, C., Mant, C., Drinkwater, A., and May, E. (2012). Fat, oil and grease deposits in sewers: Characterisation of deposits and formation



mechanisms. Water Res. 46, 6319–6328.

8. He, X., Reyes, F.L., Leming, M.L., Dean, L.O., Lappi, S.E., & Ducoste, J.J. (2013). Mechanisms of fat, oil and grease (FOG) deposit formation in sewer lines. Water research, 47 13, 4451-4459.

9. ДБН В.2.2-25:2009. Будинки і споруди. Підприємства харчування (заклади ресторанного господарства).

10. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво.

11. Arthur, S. & Blanc, J., (2013), Management and Recovery of FOG (fats, oils and greases), CREW project CD2013/6. Available online at: crew.ac.uk/publications.

12. Lauwers J., Appels L., Taes S., Van Impe J., Dewil R., 2012, Anaerobic Co-Digestion of Fats, Oils and Grease (FOG) with Waste Activated-Sludge, Chemical Engineering Transactions, 29, 709-714.

Chapter 6.

1. Hull S. Superionics: crystal structures and conduction // Rep. Prog. Phys. – 2004. – v. 67. – p. 1233–1314.

2. Gibson J.B., Goland A.N., Milgram M., Vineyard G.H., Dynamics of radiation damage // Phys. Rev. - 1960. – v. 120. - №4. – p. 1229-1253.

3. Balzer R. Volmensnderung von alkalihalogenid-kristallen bei der bildung von gitterdefekten durch niederenergetische // Z. Phys. – 1970. – v. 234. - №3. – p. 242-260.

4. Кошкин В.М., Минков Б.И., Гальчинецкий Л.П., Кулик В.Н. Термодинамика неустойчивых пар вакансия – атом в междоузлии // ФТТ. – 1973. – т. 15. - №1. – с. 128-132.

5. Koshkin V.M., Galchinetskii L.P., Kulik V.N., Ulmanis U.A. Unstable equilibrium and radiation defects in solids // Sol. St. Com. – 1973. – v. 13. - №1. – p. 1-4.

6. Кошкин В.М., Забродский Ю.Р. Зона неустойчивости вакансия – атом в междоузлии // ФТТ. – 1974. – т. 16. - №11. – с. 3480-3483.

7. Забродский Ю.Р., Решетняк Ю.Б., Кошкин В.М. Термодинамика суперионного перехода в модели неустойчивых пар // ФТТ. – 1990. – т. 32. – №1. – с. 69-76.

8. Забродский Ю.Р., Кошкин В.М., Решетняк Ю.Б. Сегнетоэлектрическое упорядочение динамических диполей в суперионных кристаллах // Изв. АН



СССР Сер. Физ. – 1990. – т. 54. - №6. – с. 1207-1211.

9. Забродский Ю.Р., Решетняк Ю.Б., Кошкин В.М. Дефекты Френкеля и неустойчивые пары в суперионных кристаллах // Доклады АН УССР. – 1990. - №7. – с. 57-60.

10. Решетняк Ю.Б. Модели фазовых переходов в суперионных кристаллах // Научные труды SWorld : международное периодическое научное издание. – Иваново : Научный мир, 2016. – Вып. 2(43). - Т. 7. – с. 21 - 29.

11. Биккулова Н.Н. и др. Динамика решетки и ионный перенос в структурно-разупорядоченных халькогенидах меди и серебра // Кристаллография. –2007. – т. 53. - №3. – с. 474-476.

Chapter 7.

1. Зупанец И. А. Кашель / И. А.Зупанец, Н. П. Безуглая, Н. В. Горленко // Фармацевт – практик. – 2005. – № 1. – С. 44–46.

2. Лікарські рослини і фітотерапія (фітотерапевтична рецептура) : навч. посіб. / Л. В. Бензель, Р. Є. Дармограй, П. В. Олійник, І. Л. Бензель. – К. : Медицина, 2010. – 400 с.

3. F. Zani, G. Massimo, S. Benvenuti [et al.] // Planta Med. – 1991. – Vol. 57, № 3. – P. 237–241.

4. Ş. C. Bölükbaşı Effect of Dietary Thyme (Thymus vulgaris) on Laying Hens Performance and Escherichia coli (E. coli) Concentration in Feces / Ş. C. Bölükbaşı, M. K. Erhan // IJNES. – 2007. – № 1 (2). – P. 55–58.

5. Kohlmünzer Stanisław. Farmakognozja Podręcznik dla studentów farmacji i Wydanie v unowocześnione / Stanisław Kohlmünzer. – Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL, 2007. – 669 s.

6. Компендиум 2007 – лекарственные препараты / под ред. В. Н. Коваленко, А. П. Викторова. – К. : МОРИОН, 2007. – 2270 с.

7. Зупанец И. А. Клиническая фармакология: учебник для студентов высших учебных заведений / И. А. Зупанец, С. В. Налетов, А. П. Викторов. – Харьков : Издательство НФаУ «Золотые страницы», 2005 – Т. 2. – 400 с.

8. Зарівна Н. О. Аналіз ринку лікарських засобів на основі чебрецю звичайного / Н. О. Зарівна, Л. В. Вронська, М. М. Михалків // Фармацевтичний часопис. – 2010. – № 4. – С. 59–63.

9. Пат. № 73543 України, МПК⁵¹ С 11 В 1/10, А 61 К 9/08, А 61 К 35/00. Спосіб отримання рідкого екстракту чебрецю повзучого/ Н. О. Зарівна, Л. В.



Вронська, Т. А. Грошовий: заявник і патентовласник Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського. – заявл. 26.03.2012; опубл. 25.09.2012; Бюл. №18, 2012 р.

10. Зарівна Н. О. Вивчення режимів згущення при одержанні густого екстракту чебрецю повзучого / Н. О. Зарівна// Медична та клінічна хімія. – 2019. – 21, № 4 (82). – С. 134–141.

11. Зарівна Н. О. До питання стандартизації трави чебрецю повзучого за вмістом флавоноїдів // Н. О. Зарівна, Л. В. Вронська // Управління, економіка та забезпечення якості в фармації. – 2012. – № 5 (25). – С. 21–27.

12. Зарівна Н. О. Розробка методики ідентифікації флавоноїдів та гідроксикоричних кислот в екстрактах чебрецю повзучого/Н. О. Зарівна, Л. С. Логойда// Медична та клінічна хімія.- 2020. Т. 22. № 1, С.107-111.

13. Зарівна Н. О. Розробка методики ідентифікації моносахаридів у рідкому екстракті чебрецю повзучого /Н. О. Зарівна// Медична та клінічна хімія.- 2021. Т. 23. № 1, С.80-83.

14. Зарівна Н. О. Розробка методики визначення якісного складу амінокислот у рідкому екстракті чебрецю повзучого/Н. О. Зарівна, Л. С. Фіра, Т. А. Грошовий// Медична та клінічна хімія.- 2021. Т. 23. № 3, С.75-80.

15. Зарівна Н. О. Кількісне визначення моносахаридів рідкого екстракту чебрецю повзучого та вибір критеріїв прийнятності /Н. О. Зарівна// Медична та клінічна хімія.- 2021. Т. 23. № 2, С.104-107.

16. Зарівна Н.О. Визначення кількісного вмісту амінокислот у рідкому екстракті чебрецю повзучого, вибір критеріїв прийнятності / Н.О. Зарівна, Н. В. Горлачук// Медична та клінічна хімія.- 2022. Т. 24. № 1, С.77-80.

Chapter 8.

1. Kolesnik A. Colorectal cancer: modern approaches to diagnosis and treatment. Healthy Ukraine. 2007, No. 11-12, 25s.

2. Sokolov V.N. Use of virtual CT endoscopy of large vessels, bronchi and colon with the use of an Asteion Super 4 computer tomograph and a Vitrea-2 station. J Clinical inform. Telemedicen. Ukraine, 2008, vol. 6, issue. 7, pp. 37-41.

3. Atlas of abdominal surgery. Volume 3. Surgery of the small and large intestine, rectum and anal area. Emilio Itala / Medical literature. 2008, 448 p.

4. Kishkun A.A. Biological age and aging: possibilities of definition and ways



of correction: a guide. 208.976 p.

5. Johnson C.D., Chen M.Q.H., Toledano A.Y. et al. Accuracy of CT Colonography for Detection of Large Adenomas and Cancers. *N. Eng. J. Med.* 2008, no. 359, pp. 1207-1217.

6. Pickhardt P. J., Hassan C., Laghi A. et al. Clinical Management of Small (6 to 9 mm) Polyps Detected at Screening CT Colonography: A Cost-Effective Analysis. *Am. J. Roentgenol.* 2008, vol. 191, iss. 5, pp. 1509-1516.

7. Contra indicated Optical Colonoscopy in Older Patients. *Am. J. Roentgenol.* 2008, no. 190 (iss. 1), pp. 145-150.

8. Jonson CJoh.D. Chen M.H., Toledano A.Y. et al. CTC Screening (Virtual Colonoscopy): Is It Virtually Ready to Replace Optical Colonoscopy. *N. Eng. J. Med.* 2008.

9. Rivkin V.L. Outpatient Coloproctology: A Guide. 2009, 96 p. (Series "Library of a specialist doctor).

10. Berto M., Los S., Libau J. et al. Atlas of outpatient surgery. Ed. Tosama V.E.G. Senninger N. Translated from English. ed. Vetsheva S.P., 2009.272 p.

11. McIntyre RB, Stigmann GV, Aisman B. Algorithms for diagnosis and treatment in surgery: a guide. Translation from English. ed. Fedorova V.D., Kubyshkina V.A. 2009, 744 p.

12. Cameron JL, Sandon K. Atlas of operative gastroenterology. Translation from English. ed. A.S. Ermolova. 2009.560 s.

13. Colorectal Cancer Screening. NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. National Comprehensive Cancer Network, Inc., 2009. Ver. 1.2010, 10/23/09.

14. Sokolov V.N., Sitnikova E.S., Rozhkovskaya G.M., Dorofeeva T.K., Tsvigovsky V.M., Anischenko L.V. Diffuse-weighted images and PET / CT in the diagnosis of abdominal cancer. *J Clinical inform. Telemedicen, Ukraine* , 2017, vol. 12, no. 13, pp. 92-103.

15. Huang Y., Alzahrani N.A., Chua T.C., Liauw W., Morris D.L. Impact of peritoneal cancer index on the survival outcomes of patients with colorectal peritoneal carcinomatosis. *Int J Surg.* 2016 Aug; 32: 65-70.doi: 10.1016 / j.ijssu.2016.06.033. PubMed PMID: 27353848.

16. Van 't Sant I, van Eden W.J., Engbersen M.P., Kok N.F.M., Woensdregt K., Lambregts D.M.J., Shanmuganathan S., Beets-Tan R.G.H., Aalbers A.G.J., Lahaye M.J. Diffusion-weighted MRI assessment of the peritoneal cancer index before



cytoreductive surgery. *Br J Surg.* 2019 Mar; 106 (4): 491-498. doi: 10.1002 / bjs.10989. PubMed PMID: 30353920.

17. Dresen RC, De Vuysere S., De Keyzer F., Van Cutsem E., Prenen H., Vanslambrouck R., De Hertogh G., Wolthuis A., D'Hoore A., Vandecaveye V. Whole-body diffusion -weighted MRI for operability assessment in patients with colorectal cancer and peritoneal metastases. *Cancer Imaging.* 2019 Jan 7; 19 (1): 1. doi: 10.1186 / s40644-018-0187-z. PubMed PMID: 30616608; PubMed Central PMCID: PMC6322317.

18. Engbersen M.P., Van 'T Sant I, Lok C., Lambregts D.M.J., Sonke G.S., Beets-Tan R.G.H., van Driel W.J., Lahaye M.J. MRI with diffusion-weighted imaging to predict feasibility of complete cytoreduction with the peritoneal cancer index (PCI) in advanced stage ovarian cancer patients. *Eur J Radiol.* 2019 May; 114: 146-151. doi: 10.1016 / j.ejrad.2019.03.007. PubMed PMID: 31005166.



SCIENTIFIC EDITION

MONOGRAPH
ENTWICKLUNG DES WISSENSCHAFTLICHEN DENKENS
VERKEHR, ARCHITEKTUR, PHYSIK UND MATHEMATIK, CHEMIE, MEDIZIN
SCIENTIFIC THOUGHT DEVELOPMENT
TRANSPORT, ARCHITECTURE, PHYSICS AND MATHEMATICS, CHEMISTRY,
MEDICINE
MONOGRAPHIC SERIES «EUROPEAN SCIENCE»
BOOK 13. PART 2

Authors:

Holovnia S.B. (1), Reshetkov D. (2), Ivanova I. (2), Hanzheiev D. (3), Mayevsky M.A. (4),
Matsiyevska O.O. (5), Orel V.I. (5), Mysak I.V. (5), Reshetnyak Y. (6), Zarivna N.O. (7),
Sokolov V. (8), Rozhkovskay G. (8), Tsvigovskiy V. (8), Dorofeeva T. (8),
Korsun A. (8), Dius E. (8), Dolgushyn O. (8)

The scientific achievements of the authors of the monograph were also reviewed and recommended for
publication at the international scientific symposium
«Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens '2022 / Scientific thought development '2022»
(October 30, 2022)

Monograph published in the author's edition

The monograph is included in
International scientometric databases

500 copies
October, 2022

Published:
ScientificWorld-NetAkhatAV
Lußstr 13,
Karlsruhe, Germany



e-mail: editor@promonograph.org
<https://desymp.promonograph.org>

ISBN 978-3-949059-62-9



[*https://desymp.promonograph.org*](https://desymp.promonograph.org)

e-mail: editor@promonograph.org

