

Таблиця 2

Результаты прогнозирования режимных параметров тепловой обработки кулинарных изделий в исследуемом аппарате ИК-нагрева

Наименование обрабатываемого продукта	Время, мин	Температура в точках измерения, °С		Масса полуфабриката г	Масса готового изделия, г	Выход готового изделия из п/ф, %	Удельное потребление энергии, кВт×ч
		центр	поверхность				
Карп жареный	0	14		192	158	82,3	0,67
	20	80	105				
Картофель жареный (нарезан крупными брусочками)	0	22		467,5	376,5	80,53	0,71
	50	85	125				
Котлета картофельная запеченная	0	25,5		168	150,8	89,8	0,53
	15	80	110				
Котлета (из говядины)	0	12		193	179,5	93,0	0,44
	15	80	140				
Кура жареная (бедро)	0	4		184,5	125	67,8	0,85
	20	80	148				

Для этих групп кулинарных изделий определены удельные затраты на технологический процесс тепловой обработки в потоке инфракрасного излучения. Результаты удельного энергопотребления отражены на диаграмме сравнения (рис. 4).

Анализ представленных на диаграмме данных показывает эффективность применения новой конструкции аппарата инфракрасного нагрева, поскольку его удельное энергопотребление имеет меньшее значение по сравнению с серийно выпускаемым бытовым шкафом «Роксолана».

Следует также отметить, что продукты, обрабатываемые инфракрасным нагревом, имеют хорошие органолептические показатели по сравнению с традиционными способами тепловой обработки (например,

жарке).

Таким образом, в результате проведенных исследований доказана эффективность использования разработанного аппарата инфракрасного нагрева, определены режимные параметры тепловой обработки продуктов из мясного фарша, а также получены уравнения, которые рекомендуются для инженерных расчетов при определении температуры в центре изделий в зависимости от времени или расчете необходимого времени до достижения заданной температуры в центре обрабатываемой мясной заготовки в форме шара.

Поступила 11.2012

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Беляев, М.И. Совершенствование процессов тепловой обработки пищевых продуктов в общественном питании [Текст] / М.И. Беляев, Л.З. Шильман. – М.: Экономика, 1975. – 112 с
2. Островский, Л.В. Инфракрасный нагрев в общественном питании [Текст] / Л.В. Островский. – М.: Экономика, 1978. – 104 с.
3. Гинзбург, А.С. Лабораторный практикум по процессам и аппаратам пищевых производств [Текст] / А.С. Гинзбург, С.М. Гребенюк, С.Н. Михеева [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 256 с.
4. Гортышев, Ю.Ф. Теория и техника теплофизического эксперимента: учеб. пособие для вузов [Текст] / Ю.Ф. Гортышев, Ф.Н. Дресвянников, Н.С. Идиатулин [и др.]; под ред. В. К. Шукина. – М.: Агропромиздат, 1985. – 360 с.
5. Груданов, В.Я. Технологическое оборудование пищевых производств (лабораторный практикум): учеб. Пособие [Текст] / В.Я. Груданов, И.М. Кирик // под ред. В.Я. Груданова. – Мн.: Изд. центр БГУ, 2005. – 205 с
6. Акулич, А.В. Исследование кинетики сушки различных ягод при комбинированном энергоподводе с ИК-излучением [Текст] / А.В. Акулич, Л.А. Гостинникова // Научни трудове науковій конференції з міжнародним учасником «Хранительна наука, техніка і технології 2011» 14-15 октобври, Университет по хранительни технологии – Плодив, 2011, том LVIII, Св. 3, 2011. – с. 441-446.
7. Теплоэнергетика и теплотехника: в 4 т. [Текст] / А.В. Клименко; под общ. ред. А.В. Клименко и М.В. Зорина. – 4-е изд. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – Т.2: Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: справочник. – 564 с.
8. Технология производства продукции общественного питания : Учебник для технол. фак. торг. вузов [Текст] / Л.М. Алешина, А.И. Мглинец, А.С. Ратушный и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Экономика, 1981. – 408 с.

УДК 664.951.039:547.458.88

СТАНКЕВИЧ Г.М., д-р техн. наук, профессор, ГЕРАСИМ Г.С., канд. техн. наук, доцент  
Одеська національна академія харчових технологій

## ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОПНОГО ЗАМОРОЖУВАННЯ РИБИ

Досліджено структурно-механічні властивості плівок на основі НПП у значній мірі залежать від ступеня етерифікації і масової частки ПР у розчині, що підвищує якість мороженої риби і тривалість наступного холодильного зберігання. Розроблені математичні моделі одержання захисних покриттів.

**Ключові слова:** пектинова плівка, заморожування риби, зберігання.

Properties of tapes are investigational on the basis of NPS in a considerable measure depend on the degree and mass part of PS in solution that improves quality and duration of next refrigeration storage the frozen fish. Worked out mathematical models of receipt of sheeting.

**Keywords:** pectin tape, freezing of fish, storage.

Дослідження останніх років показали економічну й енергетичну ефективність контактного заморожування в сольових розчинах. Найбільш широкое поширення в якості рідкого середовища, що відводить тепло, одержав розчин хлориду кальцію, застосування якого дозволяє заморозити рибу значно швидше, ніж при повітряному заморожуванні і одержати продукт високої якості в результаті скорочення тривалості процесу. Одночасно на 50-60 %, у порівнянні з повіт-

ряним заморожуванням, скорочуються витрати енергії. Однак, незважаючи на значні переваги, істотним недоліком контактного розсільного заморожування є "просолювання" тканин риби, що знижує якість мороженої риби і тривалість наступного холодильного зберігання. Одним із способів запобігання просолюванню є використання полімерних плівкових матеріалів, але практичне застосування цього способу ускладнюється відсутністю механізації процесу пакування риби в плівку [1, 2].

Тому використання біологічно інертних покриттів на основі природних біополімерів, що наносяться з водних розчинів безпосередньо на продукти, і здатних у значній мірі знижувати дифузію іонів кальцію в м'язову тканину риби, доцільно й економічно вигідно [3, 4]. Особливістю вдосконалення технології ропного заморожування риби у водному розчині хлориду кальцію є нанесення захисного покриття на основі низькометоксильованих пектинових речовин (НПР), що перешкоджає дифузії іонів кальцію в м'язову тканину риби в процесі заморожування.

Проведені раніше дослідження з вивчення бар'єрних властивостей захисних покриттів на основі НПР показали, що масова частка кальцію, дифундуючого через плівку залежить від її якісних характеристик - міцності, адгезії плівки до шкірно-лускатого покрову риби, та масової частки кальцію у покритті [3].

У свою чергу структурно-механічні властивості плівок залежать від різних факторів:

— ступеня етерифікації та концентрації пектинових речовин;

— активної кислотності поверхні;

— концентрації іонів кальцію в захисному покритті;

— температури та ін. [5].

На якісні показники захисного покриття також впливає спосіб нанесення. При нанесенні розчину НПР розпиленням, на поверхні продукту утворюються дрібні, майже суцільні краплі, які через якийсь час зливаються між собою і покривають поверхню. Ріст концентрації розчину НПР приводить до поліпшення властивостей і здатності плівок на початковому етапі їхнього утворення зніматися з поверхні [3]. Методи математичного планування експерименту дозволяють одержати математичні моделі досліджуваних процесів в обраному діапазоні зміни багатьох факторів, які впливають на процес одержання захисного покриття. Наявність таких моделей дозволяє подальше дослідження процесу одержання покриття замінити аналізом його математичної моделі для знаходження оптимальних параметрів процесу і співвідношення компонентів рецептури. Рішення поставленого завдання здійснювали на основі системного підходу до дослідження впливу ступеня етерифікації, концентрації пектинових речовин, активної кислотності середовища на міцнісні ха-

рактеристики, величину адгезії пектинових покриттів і кількість іонів кальцію в них. Найбільш значущими параметрами було визнано наступні: активна кислотність поверхні риби ( $X_1$  - pH); масова частка пектинових речовин у захисному покритті ( $X_2$  - Спр); ступінь етерифікації пектинових речовин ( $X_3$  - СЕ). Проведені раніше дослідження з вивчення впливу активної кислотності середовища, ступеня етерифікації й концентрації пектинових речовин дозволили зробити вибір локальної області факторного простору для побудови математичної моделі процесу одержання захисного покриття на основі пектинових речовин.

Експерименти проводили за планом ПФЕ -  $2^3$  [6]. Як вихідні параметри були обрані міцність ( $Y_1$ ), величина адгезії покриття ( $Y_2$ ) і концентрація іонів кальцію у ньому ( $Y_3$ ).

Додатково, з метою визначення значущості сумарного квадратичного ефекту факторів, було поставлено три досліді в центрі експерименту. Щоб виключити вплив систематичних помилок, викликаних зовнішніми умовами, застосовували випадкову послідовність при постановці дослідів, які становлять матрицю експерименту. Рандомізацію дослідів проводили за допомогою таблиці випадкових чисел.

Досліди проводили в трьох повтореннях. Точність результатів дослідів оцінювали за критерієм Кохрена. Середньоарифметичні значення результатів експерименту наведені в табл. 1.

За результатами експерименту розраховували кое-

Таблиця 1

План повного факторного експерименту (ПФЕ -  $2^3$ )

№ п.п.	Вхідні параметри						Вихідні параметри		
	кодований вид			натуральне вираження			натуральне вираження		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	pH	ПВ, %	СЭ, %	$Y_1^1$ , Па	$Y_2^2$ , Па	$Y_3^3$ , %
1	-	-	-	3,5	1	30	156	841	1,51
2	+	-	-	6,2	1	30	119,2	401,7	1,68
3	-	+	-	3,5	4	30	610,0	1593,3	4,41
4	+	+	-	6,2	4	30	254,7	1060,0	4,27
5	-	-	+	3,5	1	40	135,8	740,0	1,3
6	+	-	+	6,2	1	40	94,0	313,3	1,41
7	-	+	+	3,5	4	40	487,1	1491,7	4,15
8	+	+	+	6,2	4	40	186,3	958,3	4,0
9	0	0	0	4,85	2,5	35	226,0	921,7	2,77

Примітки:

1 - міцність захисного покриття, Па;

2 - величина адгезії плівки до поверхні риби, Па;

3 - вміст іонів кальцію в захисному покритті, %.

фіцієнти для трьох рівнянь регресії. Для отриманих рівнянь провели статистичний аналіз значущості коефіцієнтів з метою показати з імовірністю  $P = 0,95$ , що отримані коефіцієнти за модулем або більші (тоді вони значно відрізняються від нуля), або менші (тоді вони незначно відрізняються від нуля і можуть бути виключені з рівняння) довірчої помилки. Довірчу помилку розраховували за критерієм Стьюдента.

Незначущими коефіцієнтами виявилися:  $b_{13}$ ,  $b_{123}$  для  $Y_1$ ;  $b_{23}$ ,  $b_{13}$ ,  $b_{123}$  для  $Y_2$ ;  $b_{13}$ ,  $b_{23}$ ,  $b_{13}$ ,  $b_{123}$  для  $Y_3$ .

Після виключення незначущих коефіцієнтів рівняння регресії приймають вигляд:

$$Y_1 = 25542 - 4594 \cdot X_1 + 1291 \cdot X_2 - 2961 \cdot X_3 - 7216 \cdot X_1 \cdot X_2 - 1821 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (1)$$

$$Y_2 = 92408 - 12079 \cdot X_1 + 35092 \cdot X_2 - 4908 \cdot X_3 - 2508 \cdot X_1 \cdot X_2 \quad (2)$$

$$Y_3 = 2,83 + 1,37 \cdot X_2 - 0,13 \cdot X_3 - 0,07 \cdot X_1 \cdot X_2 \quad (3)$$

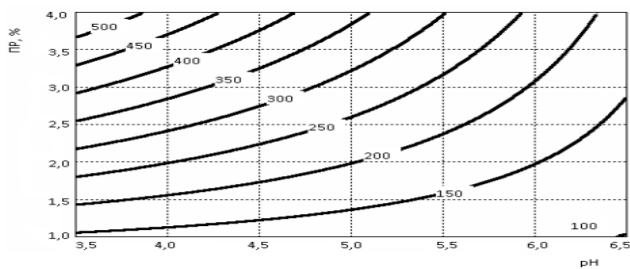


Рис. 1. Ізолінії залежності міцності покриття ( $Y_1$ ) від рН поверхні та масової частки ПР у плівці

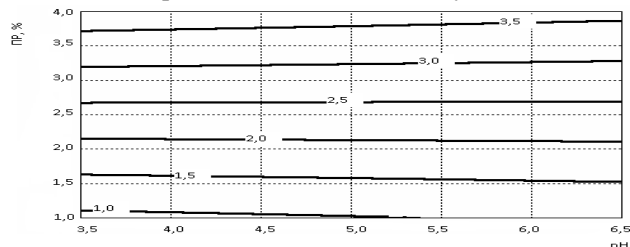


Рис. 3. Ізолінії залежності масової частки кальцію ( $Y_3$ ) покриття від рН поверхні та масової частки ПР у плівці

Статистичну перевірку адекватності рівнянь провели за критерієм Фішера.

Табличні значення критерію Фішера:

$$F(Y_1)_{т(0,95;16;2)} = 19,43;$$

$$F(Y_2)_{т(0,95;3;16)} = 3,27;$$

$$F(Y_3)_{т(0,95;4;16)} = 3,1.$$

Розрахункові значення критерію Фішера:

$$F(Y_1) = 6,01; F(Y_2) = 2,14; F(Y_3) = 2,45.$$

Оскільки всі  $F < F_t$ , то з імовірністю  $P=0,95$  можна стверджувати, що дані рівняння є адекватними отриманим експериментальним даним. Перевірку значущості квадратичних ефектів наведених рівнянь проводили на основі дисперсійного аналізу з використанням даних, отриманих у досліді 9 (табл. 1).

Як показав проведений аналіз, з імовірністю  $P=0,95$  можна затверджувати, що квадратичні ефекти незначущими й процес одержання захисного покриття на основі пектинових речовин у межах варіювання змінюваних параметрів може бути описаний наведеними вище лінійними рівняннями.

Аналіз наведених рівнянь дає змогу отримати оптимальні значення  $pH_{opt} = 4$ ,  $C_{PR_{opt}} = 3,5\%$ ,  $SE = 30\%$ . З огляду на технологічні вимоги ступінь етерифікації пектинових речовин прийнято на рівні 35%. Визначені оптимальні вхідні параметри забезпечують такі значення вихідних параметрів:

$$Y_1 = 548,6 \text{ Па}; Y_2 = 1542 \text{ Па}; Y_3 = 4,27\%.$$

Таким чином, оптимальні значення перевищують мінімально необхідні, рівень яких забезпечує нормальне ведення технологічного процесу та нормативні показники якості готової продукції, а саме:

$$Y_1 = 400 \text{ Па}; Y_2 = 1330 \text{ Па}; Y_3 = 3,8\%.$$

Для наочного подання впливу змінюваних факторів на міцність захисного покриття, величину адгезії плівки до поверхні риби і вміст іонів кальцію в захисному покритті побудували контурні діаграми (рис. 1 - 4), у яких представлені залежності вихідних параметрів від значення рН ( $X_1$ ), концентрації пектинових речовин ( $X_2$ ) і ступеня їхньої етерифікації ( $X_3$ ).

Оптимальні значення рН і концентрації пекти-

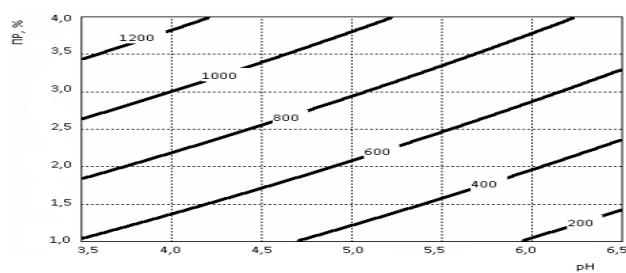


Рис. 2. Ізолінії залежності адгезії ( $Y_2$ ) покриття від рН поверхні та масової частки ПР у плівці

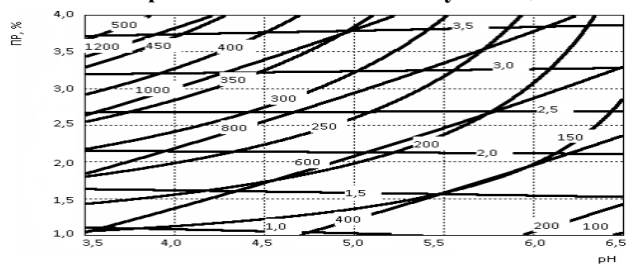


Рис. 4. Ізолінії залежності  $Y_1, Y_2, Y_3$  покриття від рН поверхні та масової частки ПР у плівці

нових речовин знаходимо в точці перетинання ліній рівного виходу накладених один на одного наведених вище графіків. У такий спосіб  $X_1_{opt} = 4$ ,  $X_2_{opt} = 3,5\%$ .

З врахуванням отриманих оптимальних значень, які визначають параметри утворення захисного покриття, технологія розлиного заморожування риби буде виглядати в такий спосіб (рис. 5).

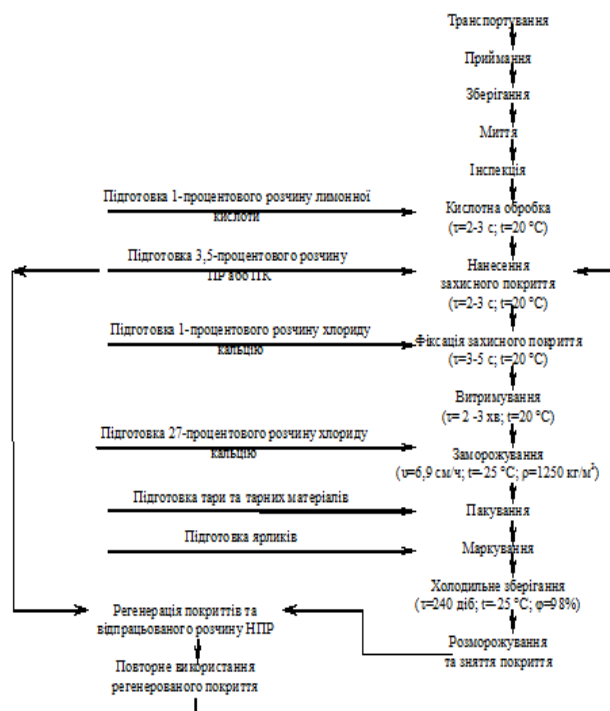


Рис. 5. Технологічна схема заморожування риби в розчині хлориду кальцію з використанням захисного покриття

Таким чином, технологія розлиного заморожування риби буде виглядати в такий спосіб. Рибу-сирець після попереднього сортування направляють у ємність, де її обробляють 1-процентним розчином лимонної кислоти, внаслідок чого величина активної

кислотності (рН) поверхні риби знижується до значення 4,0, з метою підвищення адгезії пектинового покриття до шкірно-лускатого покриву риби. Потім на поверхню риби наноситься захисне покриття шляхом однократного занурення риби в 3,5-процентовий водяний розчин НПР. Для утворення й фіксації плівки продукт однократно занурюють в 1-процентовий водний розчин хлориду кальцію. Після цього рибу витримують на повітрі 2-3 хвилини і направляють на заморожування в розчині хлориду кальцію до температури в центрі риби мінус 18 °С. Температура розчину мінус (25±0,5) °С, густина розчину 1250 кг/м<sup>3</sup>, співвідношення риби й розчину 1:1.

Таким чином, встановлено, що структурно-

механічні властивості плівок на основі НПР у значній мірі залежать від ступеня етерифікації і масової частки ПР у розчині. Захисне покриття має найбільшу міцність при ступені етерифікації 35 %. Адгезійні і міцнісні характеристики захисних покриттів зростають зі збільшенням масової частки ПВ у розчині і зниженням рН поверхні. Розроблені математичні моделі одержання захисних покриттів методом багатофакторного планування експерименту, аналіз яких дозволив запропонувати оптимальні параметри одержання захисного покриття: рН поверхні риби – 4, масова частка НПР – 3,5 %, ступінь етерифікації НПР – 35 %. Поступила 11.2012

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Семенов, Б.Н. Основные направления в холодильной технологии рыбы и возможности их внедрения в рыбной промышленности СССР [Текст] / Б.Н. Семенов // Прогрессивная холодильная технология пищевой продукции из гидробионтов: Сб. науч. тр. – Калининград: Изд. АтлантНИРО, 1990. – 214 с.
  2. Зайцев, В.П. Способы замораживания гидробионтов / В.П. Зайцев // Рыбное хозяйство. – 1990. - №10. – С. 79-82.
  3. Безусов, А.Т. Вивчення властивостей захисних покриттів на основі низькометоксильованого пектинвміщуючого екстракту з яблучних вишачок [Текст] / А.Т. Безусов, Т.А. Манолі, Г.С. Паламарчук // Вісник ДонДУЕТ. – Донецьк – 2002. - №1(13). – С. 170 – 174.
  4. Титлов, А.С. Разработка автономных мобильных аппаратов абсорбионного типа для первичной холодильной обработки продукции речного и прудового рыбоводства [Текст] / А.С. Титлов, О.Б. Васылиев, Д.С. Тюхай, А.Т. Безусов, Н.И. Бабков., А.С. Паламарчук // Холодильная техника и технология. – 2000. - №22. - С. 61-64.
  5. Пектин. Производство и применение [Текст] / Н.С. Карпович, Л.В. Донченко, В.В. Нелина и др. // под ред. Н.С. Карповича. – К.: Урожай, 1989. – 88 с.
  6. Грачёв, Ю.П. Математические методы планирования экспериментов [Текст]. – М.: Пищевая пром-ть, 1979. – 199 с.
- УДК 504.05:[330.341-021.387:502.174]

**НЕТРЕБСЬКИЙ О.А., д-р техн. наук, професор, БОЧКОВСЬКИЙ А.П., канд. техн. наук, асистент**  
Одеська національна академія харчових технологій

## АКТУАЛІЗАЦІЯ «ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРА» У СТАЛОМУ РОЗВИТКУ ЛЮДСТВА

У статті наведено еволюцію «людського фактора», аналіз його складових, тенденції техногенної діяльності людини, роль «людського фактора» у сталому розвитку людства та його аспектація. Запропонована нова модель розвитку людства та запропоновані перспективні напрями зниження дії «людського фактора» у виникненні небезпечних ситуацій.

**Ключові слова:** людський фактор, сталий розвиток, техносфера, «зелені» технології, техногенний вплив, деградація природного середовища.

The article presents the evolution of the "human factor", analysis of its components, technological trends of human activities, the role of the "human factor" in the sustainable development of mankind and its aspectation. Present and proposed a new model promising ways of reducing the "human factor" in causing dangerous situations.

**Keywords:** human factors, sustainable development, technosphere, "green" technology, technological influences, environment degradation.

Останні століття розвитку людства характеризуються динамічним ростом населення світу, його ділової активності та, як результат, створенням грандіозного техногенного простору. За цей час екосистема землі понесла та продовжує нести великі втрати, тобто зазнає деградацію. Достатньо зазначити, що кожну годину популяція видів планети Земля скорочується на два види, не менш активно знищується родючий шар літосфери і на кінець ХХ сторіччя його втрати склали понад 500 млрд. тонн. Забрудненість повітря за цей період зростає приблизно у тисячу разів. Динаміка впливу антропогенних факторів на екосистему планети на теперішній час підтверджує історичне висловлювання Ж.Б. Ламарка у 1809 р.: « Іноді здається, що призначення людини полягає в тому, щоб знищити свій рід, попередньо зробивши земну кулю непридатною для життя».

Тенденції, які сформувались в останні сто років, а також невгасаюче бажання людини у задоволенні по-

стійно зростаючих потреб, ставить під сумнів існуючу модель розвитку людства. Ще у 1980-ті роки Програма ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП) закликала до необхідності переходу до «розвитку без руйнування». У 1980 році вперше набула широкого розголосу концепція сталого розвитку у Всесвітній стратегії збереження природи, розробленої з ініціативи ЮНЕП, Міжнародного союзу охорони природи (МСОП) і Всесвітнього фонду дикої природи. У 1987 році в доповіді «Наше спільне майбутнє» Міжнародна комісія з навколишнього середовища і розвитку (МКНСР) приділила основну увагу необхідності «сталого розвитку», при якому «задоволення потреб теперішнього часу не підриває здатність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби». Ця стратегія набула свого розвитку у 1992 році на конференції ООН в Ріо-де-Жанейро, 1995 році на кліматичній конференції ООН в Копенгагені та у 2002 році на Всесвітній зустрічі на вищому рівні зі сталого розвитку в Йоганнесбурзі, де були прийняті два важливих документи: Йоганнесбурзька декларація зі сталого розвитку та План виконання рішень Всесвітньої зустрічі на вищому рівні зі сталого розвитку. Основу моделі сталого розвитку складає ідея «зеленого» розвитку техногенного середовища, підвищення рівня безпеки та якості життя при підтримці різноманіття біосфери. У механізмі реалізації цієї ідеї центральне місце належить саме людині, як творцю техносфери та споживачу біосфери.

Метою даної роботи є аспектація людського фактора та його складових, як об'єкту та предмету досліджень. Досягнення поставленої мети у роботі передбачається у процесі вирішення наступних завдань: