

УДК 57.045:613.693(4/9+477)

Є. Л. Кордюм

Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного Національної академії наук України

Перспективи розвитку космічної біології та медицини у світі та в Україні

Надійшла до редакції 07.02.05

Висвітлюються перспективні напрями досліджень у світі з космічної біології та медицини сьогодення та майбутнього. Значна увага приділяється Програмі з космічної біології та медицини в Україні, яка розроблена в світлі визначених світовою наукою пріоритетних напрямів у цій галузі і базується на одержаному в попередні роки фактичному матеріалі та висунутих українськими вченими оригінальних ідей і гіпотезах, використанні нових методологічних підходів та моделей для наземних та космічних експериментів. Розглядаються основні напрями Програми, завдання та її науково-технічне забезпечення.

Міжнародна робоча група з космічної біології та медицини (International Space Life Sciences Working Group, далі — Група), членами якої є НАСА, Європейське космічне агентство, а також космічні агентства Канади, Німеччини, Франції, України та Японії (Україна стала її членом у 2000 р.) спрямовує сьогодні свою діяльність під девізом: 21 століття — ера спільних досліджень космосу зусиллями об'єднаної та динамічної міжнародної науково-дослідницької спільноти.

Визнані пріоритетні напрями цих досліджень згідно із II Стратегічним планом, визначеним на 27-му засіданні Групи у жовтні 2004 р. в Києві, охоплюють широке коло питань з космічної біології та медицини сьогодення і майбутнього (таблиця). У центрі уваги залишаються пізнання ролі гравітації у функціонуванні біосфери, а саме дослідження впливу мікрогравітації та інших факторів космічного польоту на клітинному і молекулярному рівнях організації живих систем, а також на генетичну стабільність, ріст, розвиток, репродукцію, тривалість життя та старіння, поведінку та орієнтацію рослинних та тваринних організмів у першому та наступних поколіннях. Значна увага приділяється дослідженням механізмів адаптації тварин до гострого або хронічного впливу факторів космічного польоту та їхньої реадaptaції до земних умов шляхом досліджень циркадних ритмів, ендокринної, кровоносної та імунної систем, рідинної, електrolітної та температурної регуляції, метаболізму і живлення тощо. Постійно наголошується акту-

альність фундаментальних досліджень впливу космічної радіації на живі істоти та виявлення критеріїв ризику для подальшої розробки засобів захисту людини у тривалих далеких космічних подорожах. Продовжуються дослідження кристалізації та

Пріоритетні напрями розвитку космічної біології та медицини у світі

- 1 Пізнання біологічної ролі гравітації у функціонуванні біосфери Землі. Біологічні ефекти мікрогравітації на клітинному і молекулярному рівнях
- 2 Біологія розвитку та репродуктивна біологія рослин і тварин. Адаптація до умов космічного польоту та реадaptaція після повернення
- 3 Здоров'я та працездатність людини у тривалих далеких космічних подорожах, психофізіологічна адаптація, визначення вимог та систем для аналізу роботи експедицій, оцінки навантажень, розширення знань та можливостей комунікацій. Адаптація до умов космічного польоту та реадaptaція після повернення
- 4 Встановлення діапазону ризику для здоров'я людини від впливу космічної радіації, включаючи можливість виникнення злоякісних пухлин та мутацій
- 5 Біосферні дослідження: прогноз біологічних змін у регіональних та глобальному масштабах та оцінка наслідків цих змін. Екзобіологія
- 6 Моніторинг та оцінка токсичної та мікробної небезпеки всередині та зовні космічного корабля
- 7 Розробка засобів безпеки та працездатності екіпажу під час подорожей та операцій за межами низької орбіти
- 8 Розвиток технологій та засобів утилізації відходів, біорегенерації для удосконалення замкнених систем життєзабезпечення та оптимуму відновлення ресурсів
- 9 Використання нових знань та технологій для прогресу людства

удосконалення методів сепарації матеріалів біологічного походження. Напрямок «Екзобіологія» включає дослідження процесів, пов'язаних з походженням, еволюцією та поширенням життя у Всесвіті. Пріоритетним напрямом є також пошук засобів визначення та прогнозу біологічних змін на Землі в регіональних та глобальному масштабах та оцінки наслідків цих змін для функціонування біосфери.

У зв'язку із значним прогресом досліджень Марса [5, 7], майбутніми польотами на Місяць і Марс з тривалим перебуванням людини за межами Землі в умовах різного гравітаційного навантаження плануються нові різнобічні дослідження функціонування фізіологічних систем людини — серцево-судинної, м'язової, скелетної, нервової та ендокринної з метою пізнання механізмів, які лежать в основі гострої та довготривалої адаптації людини до умов мікро- та гіпергравітації, виявлення діапазону ризику для життя та роботи в космосі та розробка засобів його зниження. Подальше удосконалення систем медичного обслуговування включає клінічні дослідження та спрямоване на створення засобів щодо запобігання, діагнозу та терапії можливих порушень здоров'я космонавтів. Стратегія розробки систем життєзабезпечення базується на їхній самодостатності в космічному польоті та поверхні інших небесних тіл шляхом використання біологічних, фізичних та хімічних процесів для забезпечення регенерації повітря, постачання води, їжі та відновлення ресурсів.

Плани підготовки пілотованої експедиції на Марс загострили проблему забезпечення радіаційної безпеки космічних польотів, причому ця проблема марсіанської експедиції суттєво відрізняється від аналогічних проблем у земних умовах та при орбітальних польотах. Саме цим питанням і був присвячений колоквиум КОСПАР (Міжнародний комітет з космічних досліджень), який відбувся 28 вересня — 2 жовтня 2003 р. у м. Дубна за участю майже 150 спеціалістів з наукових та промислових організацій Росії, США, Японії, Німеччини, Канади, Болгарії, Австрії, та Італії під керівництвом президента колоквиуму академіка А. І. Григор'єва [3]. Сучасні дані розрахунків щодо радіаційного навантаження на екіпаж марсіанської експедиції та пов'язаного з нею радіаційного ризику показують, що при відсутності спеціальних захисних засобів рівні опромінення можуть досягати професійних дозових лімітів, встановлених для працівників атомної промисловості за час їхньої діяльності. Поряд з опроміненням високими дозами велику небезпеку становить хронічне опромінення в малих дозах. Тому для розробки засобів

радіаційної безпеки для членів майбутньої експедиції на Марс необхідне значне поглиблення знань про радіаційне ураження організму людини під дією опромінення, специфічних для міжпланетного простору, їхнього впливу на генетичні структури клітини, кровотворну та центральну нервову системи, зоровий аналізатор, мутагенну ефективність важких заряджених часток з високими значеннями лінійної передачі енергії. Для отримання таких знань важливе значення має проведення модельних експериментів з використанням численних біологічних об'єктів різного рівня організації та спеціальних джерел опромінення на основі можливостей сучасних прискорювачів.

Сьогодні Україна є одним із світових центрів комплексних досліджень в галузі космічної біології, які виконуються в науково-дослідних інститутах Національної академії наук України, Академії медичних наук України та вищих навчальних закладах. Прийняття України у квітні 2000 р. до Міжнародної робочої групи з космічної біології і медицини є належною оцінкою її попереднього внеску у світову науку та визнанням її як гідного партнера у розвитку космічної біології та медицини у XXI столітті. У ході досліджень в рамках завершеної 2-ї та поточної 3-ї Національної космічної програми України одержано нові наукові знання про механізми біологічних ефектів мікрогравітації на популяційному, організмовому, клітинному та молекулярному рівнях та запропоновано оригінальні концепції гравічутливості клітини, росту, розвитку, репродукції та стійкості організмів в умовах мікрогравітації, що є основою для розробки космічних клітинних біотехнологій для потреб медицини, створення технологій контрольованих екологічних систем життєзабезпечення космонавтів у тривалих космічних польотах та визначення тест-систем екологічного моніторингу біосфери (1, 2, 4, 6). Результати фундаментальних та прикладних досліджень за 28 проектами, які виконувалися за угодою між НКАУ та НАСА та фінансувалися через НТЦУ, жваво обговорювалися на дводенному науковому семінарі «Співробітництво НКАУ і НАСА у сфері космічних досліджень» 21—22 жовтня 2004 р. у Києві та отримали позитивну оцінку.

Програма з космічної біології та медицини в Україні на наступні роки розроблена у світлі визначених світовою наукою пріоритетних напрямів у цій галузі, базується на одержаному в попередні роки фактичному матеріалі, використанні нових методологічних підходів та моделей для підготовки та проведення наземних та космічних експериментів, виконання яких забезпечене наявним в Україні науково-технічним потенціалом. Програма



Основні напрями досліджень гравічутливості клітини

включає такі основні напрями: 1) біологія клітини в умовах зміненої гравітації; 2) біологія розвитку, тривалість життя та старіння в умовах зміненої гравітації; 3) взаємовідносини патогенних, симбіотичних та асоціативних мікроорганізмів та вірусів з рослинами, тваринами та людиною в умовах зміненої гравітації; 4) екзобіологія та пре-біотичний синтез; 5) використання магнітного поля для досліджень гравітропізму рослин; 6) біотехнологія, розробка методів космічного рослинництва, утилізації відходів в умовах мікрогравітації, тест-систем моніторингу навколишнього середовища тощо; 7) космічна медицина. Головна увага приділятиметься експериментальній перевірці висунутих українськими вченими оригінальних концепцій та гіпотез у галузі космічної та гравітаційної біології з урахуванням тенденцій розвитку сучасної біології та медицини.

БІОЛОГІЯ КЛІТИНИ В УМОВАХ ЗМІНЕНОЇ ГРАВІТАЦІЇ

Клітинні та молекулярні механізми гравічутливості організмів (рисунок).

— Дослідження структури, фізико-хімічних та

функціональних властивостей біологічних мембран з використанням модельних систем в умовах зміненої гравітації.

Дослідження плануються для експериментальної перевірки гіпотези гравітаційної декомпенсації, відповідно до якої первинним місцем дії мікрогравітації є цитоплазматична мембрана клітини, від стану якої значною мірою залежить нормальне функціонування організму. Передбачено створення нових модельних систем з використанням як ліпосом, так і різних препаратів біологічних мембран, зокрема препаратів цитоплазматичної мембрани, ендоплазматичного ретикулу, пресинаптичних мембран, синаптичних везикул тваринного походження, які необхідні для вивчення властивостей біологічних мембран в умовах космічного польоту. Це внесе істотний вклад в розуміння механізмів адаптації організму в цілому до зміненої гравітації, з'ясування молекулярних механізмів розвитку патологічних змін та стане основою для розробки прийомів нормалізації функціонування клітин в умовах мікро- та гіпергравітації.

— Вивчення проліферативної активності клітин на клітинному та молекулярному рівнях та регуляції клітинного циклу в умовах зміненої

гравітації.

Ці процеси впливають на розвиток організмів, проте відомості про їхні зміни під впливом мікрогравітації дуже обмежені та суперечливі.

— З'ясування значення цитоскелету — системи фібрилярних структур білкової природи — у гравічутливості клітин.

Цитоскелет виконує функції опорно-рухомого апарату клітини та визначає її механічні властивості. Особливо цікаве питання, через які метаболічні шляхи в клітині гравітація впливає на молекулярну організацію та динаміку перебудов актинових та тубулінових елементів цитоскелету у процесах ділення, росту та диференціювання клітин різних типів.

— Вивчення функціонування сигнальних систем в клітинах в умовах мікрогравітації.

Плануються дослідження: 1) ендогенного рівня цАМФ у проростках вищих рослин, активності ферментів обміну цАМФ — фосфодіестерази та аденілатциклази, взаємодії двох систем вторинних посередників — іонів кальцію та цАМФ, взаємодії між аденілатциклазою системою та фітогормонами в умовах зміненої сили тяжіння; 2) вмісту фосфатидилінозитол 4,5-біфосфату, фосфатидилінозитол 4-фосфату та фосфатидилінозитолу в клітинах рослин в умовах зміненої гравітації, ролі інозитол 1,4,5-трифосфату у процесах регуляції вмісту кальцію у зв'язку з регуляцією метаболізму клітин в цих умовах, активності протеїн кіназ, фосфатаз та фосфорилування білку у процесах трансдукції сигналів; 3) метаболізму кальцію, 4) синтезу мітохондріальних та ядерних білків; 5) сигнальних каскадів лімфоцитів через поверхневі рецептори в умовах мікрогравітації.

Після завершення проєкту «Геном людини» першорядним стало вивчення «функціонального геному», чи протеому, яке дозволяє з'ясувати зв'язок структуру генів з їхньою функцією, з'ясувати механізми регуляції диференціальної експресії білків та їхніх посттрансляційних модифікацій і дослідити взаємодію білків та їхніх окремих структурних та функціональних доменів. Вивчення в цьому напрямку сигнальних каскадів лімфоцитів, зокрема регуляції запрограмованої смерті клітин, чи апоптозу, є новим підходом до виявлення гравічутливих та гравізалейних процесів в клітині.

— Застосування культури лімфоцитів людини як адекватної клітинної моделі для вивчення впливу мікрогравітації і циклічного освітлення на деякі ритмологічні характеристики організму людини та для пошуку шляхів запобігання порушенню хронобіологічного стану космонавтів.

Припускається, що використання вперше розроб-

леної клітинної моделі периферійного фоточутливого циркадіанного (добового) годинника людини дасть можливість виявити досі невідомі особливості впливу мікрогравітації, та перемищеного освітлення на біоритмологічну структуру процесів життєдіяльності в організмі, що є однією з найважливіших медико-біологічних проблем, пов'язаних з порушенням нормальної часової структури перебігу фізіологічних функцій організму — десинхронізу в умовах космічного польоту.

— Вивчення функціонування клітинних органел (мітохондрій та ендоплазматичного ретикулуму) в умовах зміненої гравітації.

Дослідження спрямовані на визначення перебудов внутрішньоклітинного гомеостазу кальцію, оскільки регуляція цитоплазматичної концентрації іонів кальцію у нервових та ендокринних клітинах має істотне значення для функціонування нервової та ендокринної систем та її порушення призводить до патологічних змін функцій клітин та їхньої загибелі. Знання характеру морфологічних та функціональних змін нервової та ендокринної систем під впливом мікрогравітації на клітинному та молекулярному рівнях сприятиме розумінню небажаних змін стану здоров'я космонавтів у тривалих космічних польотах.

— Дослідження процесу передачі нервового сигналу — імпульсу, ключовим етапом якого є вивільнення специфічних нейромедіаторних речовин з нервових закінчень, тобто нейросекреції.

Одним із шляхів розуміння механізму виникнення морфологічних та функціональних змін у мозку в умовах космічного польоту є саме дослідження нейросекреції. На теперішній час питання про вплив гравітації на стан мембранних структур, які регулюють кальцієву проникність пресинаптичної мембрани і, таким чином, впливають на процес нейросекреції, залишаються цілком недослідженими, а більшість досліджень впливу мікро- та гіпергравітації на нервову систему стосуються головним чином морфології. На підставі попередньо отриманих експериментальних даних щодо різної чутливості етапів нейросекреторного процесу до зміненої гравітації та припущення, що різні ділянки головного мозку щурів (великі півкулі та мозочок) мають різну чутливість щодо впливу гіпергравітаційного стресу, плануються нейрохімічні дослідження процесу передачі нервового імпульсу в різних ділянках головного мозку при адаптації до умов зміненої гравітації. Основна увага буде приділена отриманню таких характеристик процесу нейросекреції: активного захвату різних нейромедіаторних амінокислот нервовими терміналами ділянок головного мозку щурів, кальцій-залежного

та кальцій-незалежного вивільнення нейромедіаторів з нервових закінчень при деполяризації пресинаптичної мембрани різними деполяризуючими факторами, кальцієвої проникності пресинаптичної мембрани синапсом. Мікрогравітація створює виняткові можливості для вивчення синаптичної та нейронної пластичності. Одержані результати внесуть істотний вклад в розуміння фундаментального механізму передачі нервового імпульсу та механізму адаптації нервової системи і організму в цілому до перевантажень, дозволять з'ясувати молекулярні механізми розвитку патологічних змін та стануть основою для розробки методів нормалізації функціонування нервових клітин в умовах мікро- та гіпергравітації.

— Вивчення впливу зміненої гравітації на гуморальну імунну відповідь, В-лімфоцити та антитіла, які вони продукують.

Ці дослідження плануються на підставі припущення, що різні етапи імунної відповіді можуть бути по-різному чутливі до дії мікрогравітації, на відміну від більшості попередніх досліджень, які вивчали вплив космічного польоту на метаболізм Т-лімфоцитів. Підбиратимуться найадекватніші методи дослідження імунної відповіді *in vitro* в умовах космічного польоту та проведення досліджень впливу зміненої гравітації на метаболізм гібридом — гібридів нормальних В-лімфоцитів і пухлинних клітин, а також розвиток первинної та вторинної гуморальної імунної відповіді в культурі лімфоцитів миші.

— З'ясування структурно-функціональної організації клітин різних типів в умовах зміненої гравітації.

Планується дослідити, яким чином зміни метаболізму в умовах мікрогравітації інтегруються у фізіологічні та морфологічні реакції клітин різних типів, безпосередньо пов'язаних із здійсненням їхніх функцій. Передбачаються: а) вивчення морфології, ультраструктури клітин, ступеня поліморфізму зеленої водорості *Desmodesmus armatus*, її життєздатності та спорогенезу в умовах зміненої гравітації; б) порівняльні ультраструктурні дослідження амілопластів запасуючої паренхіми мінібульб та клітин мезофілу листків картоплі в умовах зміненої гравітації; в) активності ферментів УДФ-глюкозо-фосфорилази та крохмаль синтетази, вмісту специфічних білків, мРНК та стресових білків у клітинах паренхіми мінібульб та листків для з'ясування молекулярних механізмів змін вуглеводного обміну в цих умовах та їхніх проявів на структурному рівні.

— Визначення механізмів функціонування гравірецепторного апарату рослин під впливом зміненої

гравітації та гравістимуляції.

Планується розробка експериментального тестування та удосконалення нової оригінальної моделі гравірецепції статокитами кореневого чохла.

— Дослідження фотосинтезу в умовах зміненої гравітації.

Досліди спрямовуються на виявлення ділянок, які лімітують фотосинтез під впливом мікрогравітації, на визначення квантового виходу фотосинтезу та накопичення відновника НАДФН, пігмент-білкового і поліпептидного складу тилакоїдних мембран, розподілу електронів між циклічним та нециклічним каналами в електрон-транспортному ланцюзі, індукованих фосфорилуванням мембранних комплексів. Для перевірки гіпотези, що в умовах мікрогравітації корекція гормонального складу при зміні умов освітлення сприятиме адаптації рослин до цих умов та підвищенню їхньої продуктивності, плануються дослідження впливу інтенсивності та спектрального складу світла на формування пігментної та мембранної систем фотосинтетичного апарату в умовах зміненої сили тяжіння. Визначатиметься також енергетичний потенціал рослин з метою встановлення зв'язку між інтенсивністю та спектральним складом світла та ефективністю фотосинтетичного перетворення енергії в умовах мікрогравітації, що є одним з вихідних положень у створенні технологій космічного рослинництва.

— Вивчення впливу зміненої гравітації на процес трансформації рослинної клітини під впливом *Agrobacterium tumefaciens*.

Використовуватиметься метод культури *in vitro* первинних експлантів запасуючих органів рослин для вивчення основних молекулярних процесів, необхідних для трансформації — активація РНК-полімерази I та II, активність кальцій-залежних ферментів, синтез білків у період найбільшої чутливості до трансформуючого агента з метою з'ясування ролі модифікації метаболізму кальцію та утворення РР-білків, зв'язаних з патогенезом, у процесі пухлиноутворення, а також дії на цей процес певних антипухлинних препаратів в умовах мікрогравітації.

— Запровадження методів неперервного та неруйнівного моніторингу фізіологічного стану клітин мікроорганізмів в умовах мікрогравітації шляхом вимірювання електричного опору та ємності суспензії клітин як функцій частоти змінного електричного поля на підставі раніше одержаних даних, що величина електричного заряду зовнішньої поверхні клітин та відповідна їй поверхнева електропровідність добре корелюють з віковими змінами клітин, активацією чи пригніченням їхньої

функціональної активності (Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, Інститут зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України, Інститут молекулярної біології та генетики НАН України, Інститут фізіології рослин та генетики НАН України, Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України, Інститут біоїмії ім. О. В. Палладіна НАН України).

БІОЛОГІЯ РОЗВИТКУ, ТРИВАЛІСТЬ ЖИТТЯ ТА СТАРІННЯ В УМОВАХ ЗМІНЕНОЇ ГРАВІТАЦІЇ

— Дослідження детермінації процесів онтогенетичного розвитку рослин в умовах мікрогравітації.

Передбачається визначення векторності клітинних структур і кінетичних параметрів їхнього формування, циркадної ритміки клітинних і тканинних ефектів та сигналів, які контролюють проходження етапів онтогенезу та морфогенезу в умовах зміненої гравітації. Планується також розробка методів регуляції онтогенетичного розвитку, послабленого дією зміненої сили тяжіння.

— З'ясування впливу зміненої гравітації на ростові рухи та морфогенез мохів.

Проводитиметься аналіз позитивного гравітропізму протонеми різних видів мохів під дією синього світла, поляризаційної дії гравітації на проростання та морфогенез проростків спор гравічувливих та мало чутливих видів мохів, морфогенетичного впливу гравітації на процеси регенерації ізольованих органів гаметофіту та спорофіту для з'ясування природи взаємозв'язків фото— і гравітропізмів у ростових та формотворчих процесах мохів.

— Дослідження онтогенезу вищих рослин з метою з'ясування можливостей вегетативного та насінневого розмноження сільськогосподарських та дикорослих рослин в умовах зміненої гравітації та розробки рекомендацій для їхньої культивування в космічних оранжереях.

Планується вивчення структурних і фізіолого-біохімічних особливостей формування насіння та плодів, а також органів вегетативного розмноження (цибулин, бульб та туріонів) в умовах зміненої гравітації, визначення параметрів утворення етилену та його впливу на рослини в замкнутому гермооб'ємі.

— З'ясування впливу герметичності та зміненої гравітації на ріст і розвиток орхідних.

Пропонується аналіз функціональної ролі поверхневих біоелектричних потенціалів для оцінки фізіологічного стану рослин, отримання інформації

про інтенсивність обмінних процесів і аналіз вивчення впливу сполук кремнію на фізіолого-біохімічні процеси, адаптаційну здатність орхідних до умов зміненої гравітації і порушення водозабезпечення.

— Дослідження структури органів та фізіолого-біохімічних процесів у тварин в умовах гіпергравітації з метою з'ясування механізмів гіпергравітаційного стресу, можливого в космічних польотах.

Планується вивчення співвідношення інтенсивності газообміну, терморегуляції та активності ключових антиоксидантних ферментів, експресії стрес-білків та апоптозу у мишей і щурів різного віку під впливом хронічних сеансів гіпергравітації; пошук засобів усунення негативних наслідків гіпергравітаційних навантажень за допомогою інгібіторів апоптозу та індукторів шаперонів. Передбачається дослідити профілактичну та коригуючу дію біорегуляторів на структурно-функціональні зміни в життєво важливих органах (головний мозок, кишечник, печінка та селезінка) щурів, викликані гіпергравітацією, іонізуючою радіацією та комбінованою дією цих факторів з метою визначення найефективнішої коригуючої дії біорегуляторів і розробити методичні рекомендації щодо застосування комплексу антиоксидантів і біорегуляторів в умовах космічного польоту (Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, Інститут фізіології рослин та генетики НАН України, Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України, Інститут екології Карпат НАН України, Інститут фізики НАН України, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України та Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України, Інститут онкології АМН України та Інститут геронтології АМН України).

ВЗАЄМОВІДНОСИНИ ПАТОГЕННИХ, СІМБІОТИЧНИХ І АСОЦІАТИВНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ ТА ВІРУСІВ З РОСЛИНАМИ, ТВАРИНАМИ І ЛЮДИНОЮ В УМОВАХ ЗМІНЕНОЇ ГРАВІТАЦІЇ

— Дослідження взаємовідношень рослини-хазяїна з патогенними бактеріями і вірусами в умовах зміненої гравітації.

Досліди базуються на концепції змін імунітету рослин і агресивності патогенних організмів в умовах мікрогравітації. Концепція тестуватиметься шляхом досліджень в умовах зміненої гравітації: 1) агресивності популяції бактерій, наявності літичних агентів (фаги, цини), ролі ліпополісахаридів в адсорбції фагів та цинів і полібіотрофії бактерій під

впливом зміненої гравітації в системі бактерія — рослина; 2) ультраструктурної організації клітин листків, стебел та коренів здорових та вірусінфікованих рослин пшениці, репродукцію вірусу та його транспорту по рослині; фізіологічного стану здорових і вірусінфікованих рослин; 3) вмісту мембранозв'язаних і цитоплазматичних полісом в рослинах, інфікованих вірусом кучерявої карликовості картоплі; ліпідів і вуглеводів у складі вірусів, ізольованих з інфікованих рослин, вірусних включень у клітинах інфікованих рослин в умовах зміненої гравітації.

— Вивчення впливу зміненої гравітації на ростові, морфологічні та спектральні характеристики лізогенної культури ціанобактерій.

Аналізуватимуться рівень індукції помірного вірусу цієї культури, фізіологічні та молекулярно-біологічні властивості вірусів, індукованих в умовах зміненої гравітації як основи для рекомендації цієї уніфікованої модельної системи для вивчення впливу мікрогравітації на індукцію ДНК-геномних вірусів.

— Дослідження трьох типів молекулярно-генетичних процесів (утворення транспозонних мутантів, перебудови ДНК, експресія гена, що «мовчить»), які відбуватимуться у модельних бактерій в умовах мікрогравітації, з метою розробки моделі, за допомогою якої можна прогнозувати утворення та поширення модифікованих бактерій у цій системі.

Важливим є з'ясування особливостей впливу корисних для рослин ендоситних бактерій, у тому числі генетично модифікованих, на розвиток рослин в умовах космічного польоту у порівнянні з наземним контролем, що матиме істотне значення для розробки технологій космічного рослинництва.

— Вивчення особливостей репродукції аденовірусів в епітеліальних та лімфобластодібних клітинах різної чутливості в умовах зміненої гравітації. Досліджуватиметься також комбінована дія цього фактора, інгібіторів іонів кальцію, блокаторів кальцієвих каналів та екзогенного цАМР, а також вплив зміненої гравітації на спроможність лімфобластодібних клітин продукувати інтерферон та деякі інші лімфокіни.

— Розробка оригінального комплексного засобу зниження негативного впливу космічного польоту та інших екстремальних факторів зовнішнього середовища, у першу чергу радіації, на здоров'я людини та способи боротьби з РНК-та ДНК-вірусними хворобами (спалахи грипу, вірусгепатити інфекції та ін.).

Розробка базується на вивченні впливу факторів космічного польоту в комбінації з синтезованим

препаратом із ряду ізатинів та α -інтерферону на моделях рослинних і тваринних клітин, уражених та не уражених вірусами, та на моделі вірусної інфекції.

— Дослідження впливу факторів космічного польоту на біологічні властивості резидентної мікрофлори людини *in vitro* та *in vivo* та оцінка здатності мікроорганізмів до реалізації потенційних патогенних властивостей в екстремальних умовах.

Передбачаються розробка та впровадження методу інтегральної оцінки життєздатності та функціонального стану мікроорганізмів в умовах орбітального польоту. Ці фізіологічні показники пов'язані з рухливістю клітин у штучних модулях, що відтворюють середовище існування мікрофлори. При виконанні досліджень будуть використані найновіші методи спостережень за динамікою мікробних популяцій. Планується створення малогабаритної портативної апаратури для інтегральної оцінки функціонального стану представників резидентної мікрофлори людини і одержання об'єктивної інформації щодо стабільності біологічних властивостей мікробних тест-об'єктів, особливо їхньої вірулентності. Дослідження на лабораторних тваринах після довготривалої дії гіподинамії, або електромагнітних хвиль мм-діапазону, або комбінованої дії цих факторів дадуть можливість виявити основні ланки порушень гомеостазу тварин, у тому числі імунного гомеостазу, та оцінити особливості розвитку інфекційно-запального процесу в заданих умовах наземного експерименту. Вивчення особливостей реалізації потенційних патогенних властивостей умовно-патогенних бактерій у макроорганізмі на тлі біологічного стресу (гіподинамії) і впливу інших факторів космічного польоту дозволить науково обґрунтувати біологічний захист космонавтів від можливого агресивного впливу резидентної мікрофлори (Інститут мікробіології та вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України, Інститут молекулярної біології та генетики НАН України, Інститут біологічної хімії ім. Ф. Д. Овчаренка НАН України, Інститут урології та нефрології АМН України, Національний київський університет ім. Тараса Шевченка).

ЕКЗОБІОЛОГІЯ ТА ПРЕ-БІОТИЧНИЙ СИНТЕЗ

— Дослідження взаємодії протеїногенних амінокислот з поверхнею неорганічних високодисперсних часток.

Вивчення впливу факторів відкритого космосу на живі істоти з низьким обігом речовин — лишайники (ліхенофільні гриби) (Інститут хімії поверхні та

Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України).

ВИКОРИСТАННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ГРАВІТРОПІЗМУ РОСЛИН

— Проведення пошукових експериментів щодо впливу комбінованого магнітного поля (постійного та змінного магнітного поля заданих частот) на гравітропічну реакцію рослин та магнітні шуми, які генерують рослини.

Метою експериментів є розробка та використання нової методології з'ясування механізмів гравітропізму рослин.

— Дослідження за допомогою високоградієнтних магнітних полів механізму гравірецепції у рослин.

Планується вивчення ультраструктури гравірецепторних клітин, метаболізму кальцію, кінетики вигину кореня, взаємодії цитоскелету з клітинними компонентами з наступним математичним аналізом отриманих результатів та моделюванням механізмів гравічутливості кореня (Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, Інститут фізики НАН України, Фізико-технічний інститут ім. Б. Є. Веркіна НАН України).

БІОТЕХНОЛОГІЯ

— Отримання довершених мікро- та нанокристалів золота і платини з водних розчинів при нормальних умовах і з використанням як відновлювачів біополімерів — екзополісахаридів мікроводоростей в умовах мікрогравітації.

В основу розробки покладено гіпотезу щодо змін дифузійного шару позаклітинних метаболітів у цих умовах, внаслідок чого екзометаболіти, екскретовані клітиною, не розповсюджуються у навколишнє культуральне середовище, а накопичуються у межах дифузійного шару біля клітинної поверхні.

— Розробка конструкцій установок сенсорів у камери для екобіосистем, виготовлення тонкоплівкового мультисенсора для камер, а також запобіжних заходів від деградації чутливого шару під впливом паразитної мікрофлори камер, електронної та програмної підтримки сенсорного комплексу.

— Удосконалення сорбційних методів детоксикації та корекції гомеостазу організму космонавтів під час польоту (профілактика, лікування) і після повернення на Землю (лікування, реабілітація).

Передбачається використання принципово нових некапсульованих вуглецевих гемосорбентів (для

очищення крові) та ентеросорбентів (для внутрішнього прийому) з радіопротекторною, поглинаючою та ензимоподібною функціями, при застосуванні яких відбувається очищення і стабілізація клітинних мембран, істотне покращення мікроелементного та сольового обміну, показників імунітету, функцій печінки та нирок, підвищення добового діурезу.

— Дослідження впливу зміненої гравітації на спрямованість та інтенсивність перебігу метаболічних та енергетичних процесів, стан антиоксидантних систем в організмі олігохет (гібрид червоного каліфорнійського черв'яка) в процесі утилізації ними біосубстрату з різним співвідношенням органічних та мінеральних компонентів.

Метою досліджень є вивчення віддалених наслідків впливу мікрогравітації на життєдіяльність і відтворювальну здатність олігохет, що необхідно для розробки рекомендацій щодо їхнього використання в ланці утилізації відходів у контрольованих екологічних системах життєзабезпечення космонавтів.

— Розробка конструктивних підходів до управління фізичними, хімічними та біологічними характеристиками заміників ґрунту для формування закритих біосистем. Вивчення чутливості та адаптаційної реакції ґрунтової екосистеми на зовнішні впливи з використанням штучних ґрунтів як фізичної моделі ґрунтового субстрату.

— Створення технологій «зеленого конвейєра» для пілотованих космічних апаратів, який має бути необхідною ланкою контрольованих екологічних систем життєзабезпечення космонавтів.

Довгострокове перебування людини поза Землею у замкненому просторі є додатковим психологічним навантаженням, усунення якого потребує створення зеленого куточка із звичними рослинами, які до того ж можна використовувати в їжу як смакові та вітамінні добавки. Таким вимогам відповідає «зелений конвейєр» — безперервне вирощування харчових рослин, які швидко ростуть (Інститут гідробіології НАН України, Інститут проблем природокористування та екології НАН України, Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, Інститут біокоїдної хімії ім. Ф. Д. Овчаренка НАН України, Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України).

КОСМІЧНА МЕДИЦИНА

— Дослідження остеогенезу і розробка запобіжних заходів проти остеопорозу та остеопенії

Значна увага приділяється комплексним

дослідженням феномену втрати кісткової маси в умовах мікрогравітації в космічному польоті, обумовленому максимальним дефіцитом механічного навантаження при дії малих доз радіації. Цей стан є адекватною моделлю для вивчення закономірностей розвитку остеопорозу — системного захворювання скелету, яке призводить до підвищеного ризику переломів, і сьогодні є одним з основних захворювань, обумовлених малорухливим способом життя (гіпокінезія) та несприятливими екологічними факторами, і розглядається як «хвороба цивілізації». Згідно з даними Всесвітньої організації здоров'я у США з населенням 240 млн чол. остеопороз виявлено у 18.6 млн чол. Смертність від його наслідків (переломи кісток у людей похилого віку, особливо жінок) займає третє місце. Соціально-економічна значимість проблеми обумовила той факт, що у січні 2000 р. ВОЗ повідомила про початок Всесвітнього десятиріччя кісток та суглобів на 2000—2010 рр. В основі виникнення остеопоротичних змін лежать структурні та метаболічні перебудови в клітинах і міжклітинній речовині кісткової тканини, які на даний час ще залишаються маловивченими. Виявлені зміни ростових і морфогенетичних процесів в кістках в умовах мікрогравітації відображають один з механізмів розвитку остеопорозу при зниженні опорного навантаження на скелет. На підставі висунутих гіпотез щодо можливих механізмів механочутливості кісткових клітин та адаптивного ремоделювання як реакції кісткової тканини на дефіцит гравітаційного (механічного) навантаження, плануються подальші дослідження в умовах гіпокінезії та космічного польоту диференціювання, метаболізму та специфічного функціонування остеогенних клітин в інтактному організмі та в культурі *in vitro*; структури та мінералізації кісткового матриксу, мікроархитектоніки кісткової тканини; стану судинно-клітинного комплексу в зонах остеогенезу та взаємодії остеогенних і кровотворних клітин; біофізичних і метаболічних кореляцій міцності кісткової тканини; ідентифікації елементів системи трансформації механічного стимулу у метаболічний сигнал тощо з метою пізнання ролі гравітації у формуванні кісткової тканини, з'ясування механізмів механочутливості кісткових клітин, розвитку остеопоротичних змін в кістках скелету; пошуків шляхів їхньої корекції за допомогою речовин, що містять кальцій (біфосфати), для корекції остеопоротичних перебудов у кістках та оцінки компенсаційно-відновлювальних процесів в організмі і в кістках скелету за специфічними показниками нейтрофілів крові з використанням цілеспрямовано розроблених методів.

— Пошук оптимальних параметрів постійного та змінного магнітних полів та режимів дії з метою корекції остеодистрофії бездіяльності.

— Визначення особливостей мікроциркуляції крові і будови судинного ендотелію.

Як було доведено у попередніх дослідженнях, порушення стану мікроциркуляції крові відіграє значну роль у погіршенні забезпечення киснем тканин організму людини. Згідно із сучасними уявленнями, велике значення у підтримці задовільного капілярного кровообігу належить судинному ендотелію. Оскільки саме ендотелію належить одна із провідних ролей у судинних реакціях на коливання вегетативного тону, від його функціонального стану в значній мірі залежить підтримка достатнього кровопостачання периферійних тканин і мозку в умовах мікрогравітації. Дуже важливим є вивчення функціонального стану ендотелію: здатності до адекватного синтезу ендотеліальних вазоактивних речовин, чутливості до гуморальних чинників, протизапальної функції ендотелію мікросудин у спокої та в умовах навантажувальних тестів (психоемоційний стрес, пасивний та активний ортостаз, гіподинамія), взаємозв'язку ендотеліальної функції з вегетативним тонусом, активністю вільнорадикального окислення у людей різного віку, визначення ролі ендотеліальної дисфункції у порушенні мікроциркулярного кровообігу і киснезабезпечення тканин. Отримані дані необхідні для розробки засобів корекції виявлених порушень мікроциркуляції із застосуванням препаратів, що впливають на функціональний стан ендотелію в умовах космічного польоту. Запропоновані функціональні тести з вивчення функції ендотелію є методично простими, достатньо чутливими та інформативними для використання на космічній орбітальній станції.

— Вивчення систем зсідання крові та фібринолізу

Поглиблюються дослідження механізмів регуляції взаємодії компонентів систем зсідання крові та фібринолізу, агрегації тромбоцитів, функціонування ендотеліальних клітин та динамічної рівноваги між активаторами та інгібіторами систем зсідання крові та фібринолізу в умовах зміненої гравітації. Вивчається вплив цього фактора на стан позаклітинного матриксу ендотеліальних клітин під дією продуктів деградації фібриногену/фібрину, з'ясовується характер впливу мікрогравітації на процеси утворення і руйнування тромбів у крові людини.

— Оптимізація функціонування імунної та антиоксидантної систем людини в умовах космічного польоту.

Плануються: розробка діагностичних критеріїв

для прогнозування порушень окислювального та імунного гомеостазу як на етапах професійного добору і підготовки космонавтів, так і у післяпольотному періоді, оцінка стану систем детоксикації та формування імунних комплексів, апробація фармакологічних і немедикаментозних засобів корекції порушень імунного та антиоксидантного стану організму людини в земних умовах та на орбітальних комплексах з використанням телемедицинських та супутникових технологій і комп'ютерних діагностичних систем.

— Вивчення впливу електромагнітних випромінювань в умовах космічного польоту на основні системи життєдіяльності людини і тварин. Розробка ефективних методів реабілітації космонавтів від негативних наслідків впливу факторів космічного польоту на основі використання впливу електромагнітних випромінювань малої інтенсивності на організм.

— Обґрунтування і математична розробка алгоритму побудови психофізіологічної моделі оцінки поточної працездатності людини та структури моніторингової системи, яка реалізує цей алгоритм.

Передбачається експериментальний пошук адекватних методик показників психофізіологічного забезпечення працездатності екіпажу космонавтів, аналізу синхронізації психологічних та фізіологічних показників, критеріїв оцінки прогнозу працездатності в умовах орбітального польоту при різних рівнях шумів, вібрації та оптичного опромінення як кожного чинника окремо, так і їхнього комплексного впливу на основі з'ясування індивідуальної чутливості; експериментальна апробація розробленої системи психофізіологічного моніторингу та її корекція за результатами тестових навантажень (Інститут геронтології АМН України, Інститут урології та нефрології АМН України, Інститут медицини праці АМН України, Науковий центр радіаційної медицини АМН України, Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України, Інститут біохімії ім. О. В. Палладіна НАН України, Інститут проблем кріобіології та кріомедицини НАН України, Інститут експериментальної патології, онкології та радіобіології ім. Р. Є. Кавецького НАН України, Інститут сорбції та проблем ендоекології НАН України).

Відповідно до програми російсько-українських експериментів на борту МКС українська сторона готує космічні експерименти «Біополімер» (Інститут біологічної хімії ім. Ф. Д. Овчаренка НАН України, Інститут урології та нефрології АМН України) та «Біосорбент» (Інститут сорбції та проблем ендоекології НАН України). Для проведення спільних польотних експериментів з культурами клітин

тварин, рослин та людини, мікроорганізмами, вірусами та проростками рослин українськими спеціалістами розробляється бортовий комплекс «Біолабораторія-М» (головна установа — Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, розробник НВО «Дискові системи») для РС МКС, який забезпечує контрольовані умови культивування об'єктів і створення навантаження 1g (наявність бортової центрифуги) з ДНЦ РФ — Інститутом медико-біологічних проблем РАН, Інститутом фізіології рослин ім. К. А. Тімірязєва РАН, МДУ ім. М. В. Ломоносова, РАТ «Біопрепарат». Всього на цьому бортовому комплексі планується проведення 17 космічних експериментів, з яких першочерговими є: 1) «Вірус» (Інститут мікробіології та вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України), спрямований на дослідження впливу факторів космічного польоту на репродукцію аденовірусів в епітеліальних та лімфобластоїдних клітинах різної чутливості, а також спроможність лімфобластоїдних клітин продукувати інтерферон та деякі інші лімфокіни, які можуть бути показником стану імунної системи людини в цих умовах, 2) «Мембрана» (Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України), спрямований на дослідження структури, фізико-хімічних та функціональних властивостей біологічних мембран з використанням модельних систем в умовах мікрогравітації, також є експериментальною перевіркою гіпотези гравітаційної декомпенсації, 3) «Область» (Інститут зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України), спрямований на дослідження феномену втрати кісткової маси в умовах мікрогравітації — стан максимального дефіциту механічного навантаження при дії малих доз радіації та адекватна модель для з'ясування закономірностей остеопорозу, 4) «Нейрон» (Інститут біохімії ім. О. В. Палладіна НАН України), спрямований на дослідження передачі нервового сигналу; ключовим етапом цього процесу є вивільнення специфічних нейромедіаторних речовин з нервових закінчень, тобто нейросекреція; саме ці дослідження є одним з шляхів розуміння виникнення морфологічних та функціональних змін у мозку людини в умовах космічного польоту, 5) «Цитоскелет» (Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України), спрямований на дослідження цитоскелету (системи фібрилярних структур білкової природи, які виконують функції опорно-рухомого апарату клітин і визначають її механічні властивості), у процесах диференціювання та функціонування клітин різного типу в умовах мікрогравітації, динаміки перестроєння його актинових та тубулінових елементів, 7) «Сигнал» (Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України), спрямований на

дослідження функціонування сигнальних систем у клітинах в умовах мікрогравітації, що є основою включення зовнішніх та внутрішніх сигналів в регуляцію метаболізму та фізіологічної активності організмів. Виконавці Програми також мають широкі зв'язки з колегами із США, Німеччини, Франції, Польщі, Литви, Іспанії та ін.

З чотирьох проектів, надісланих до конкурсу ILSRA-2004 (США), проект Інституту молекулярної біології та генетики НАН України «Stability of the rhizosphere and endophytic bacterial communities associated with *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. under impact of cosmic factors» одержав позитивну наукову та технічну оцінку, і був прийнятий НКАУ до виконання з відповідним фінансуванням. Проект «The functional role of microtubule phosphorylation in plant development and environmental stimuli response» одержав грант ІНТАС. Технічна база досліджень з Програми поповнилася конфокальним лазерним мікроскопом LSM 5 PASCAL та електронним трансмісійним та сканувальним мікроскопами фірми JEOL: JEM 1230 та JSM 6060 LV.

Секцією з космічної біології, біотехнології та медицини Ради з космічних досліджень НАН України розроблені пропозиції щодо наукових досліджень на поверхні Місяця і навколомісячній орбіті, основною метою яких є з'ясування особливостей біології живих систем у незвичних для них умовах та можливостей їхньої адаптації, що необхідно для розробки прийомів агротехніки на Місяці. Пропозиції базуються на: встановлених закономірностях біологічних ефектів мікрогравітації в орбітальному польоті та ризиків пошкоджень, під впливом космічного випромінювання та на тому положенні, що адаптація в онтогенезі (оперативна адаптація) реалізується в рамках фізіологічної норми реакції на основі метаболічної та гормональної регуляції генної експресії, причому фенотипічна пластичність виявляється вже на рівні транскрипції.

1. Наукові дослідження на поверхні Місяця.

— Дослідження та оцінка адаптаційних можливостей живих систем до комплексу факторів (низький рівень гравітації, космічне випромінювання та ін.) в умовах поверхні Місяця з використанням методу мікрокосмів:

- популяцій багатоклітинних безхребетних: основний показник — співвідношення і перехід безстатевого розмноження до статевого і навпаки;
- популяцій дрізофіли (*Drosophila melanogaster*): основні показники — темпи метаморфозу та старіння;
- популяцій вищих рослин видів рапсу та резушки; основні показники — одержання другого та на-

ступного покоління та якість насіння;

- популяцій одноклітинних зелених водоростей; основні показники — швидкість приросту біомаси і процесу старіння;
- популяцій дріжджів; основні показники — швидкість розмноження та продуктивність;
- дрібних тварин (черепахи, щури та ін.); основні показники — особливості розвитку та старіння, стан кісткової тканини, закономірності втрати кісткової маси в цих умовах та перевірка засобів її запобігання; активність транспортерів нейромедіаторів в клітинах мозку.

— Екологічний моніторинг різних ділянок (материків, моря, цирки, кратери, борозни, розломи, складки) поверхні Місяця з використанням сухого насіння, культур одноклітинних водоростей у стані спокою та лишайників (після повернення на Землю активується ріст об'єктів і досліджуються швидкість росту, розмноження, наявність і вид мутацій, життєздатність тощо).

— Розробка обладнання та прийомів «місячної» агротехніки: створення демонстраційної моделі з контрольованими умовами для вирощування рослин, аналіз процесу формування штучної екосистеми, проведення хімічного та мікробіологічного аналізів місячного ґрунту; використання аналогів місячного ґрунту (силікатні мінерали) для виготовлення субстрату та живлення рослин і консорціуму конкурентних бактерій як пробіотиків для профілактики захворювань рослин; підбір сільськогосподарських культур для ведення рослинництва на Місяці у закритому ґрунті.

— Розробка технології культивування мікроводоростей і дрібних безхребетних в умовах Місяця для регенерації повітря, утилізації відходів і одержання поживної біомаси.

— Створення фітодизайну для місячної станції шляхом поєднання декоративних рослин і кольору замінича ґрунту. Підбір видового асортименту рослин, здатних функціонувати як біофільтри для покращання атмосфери станції в умовах Місяця.

— Дослідження впливу місячних умов на живі системи на клітинному та молекулярному рівнях (досліджуються клітини різного типу, кальцій- та та гравізаальні процеси в клітинах, циркадні ритми, апоптоз, а також внутрішньоклітинні сигнальні процеси і можливості їхнього збалансування через застосування відповідних хімічних чинників.

— Оцінка компенсаторно-клітинних можливостей космонавтів в умовах польоту та перебування на Місяці.

2. Наукові дослідження на трасі до Місяця та навколомісячній орбіті

— Дослідження впливу польоту до і навколо

Місяця на темпи, особливості розвитку та старіння дрозофіли (*Drosophila melanogaster*);

— Дослідження молекулярних та клітинних основ функціонування мозку, його пластичності та механізмів відновлення у щурів в умовах польоту до і навколо Місяця;

— Дослідження процесу трансформації рослин за допомогою *Agrobacterium tumefaciens*.

1. Кордюм Є. Л. Космічна біологія і медицина в Україні // Космічні дослідження в Україні. 1998—2000. — Київ: АДЕФ-Україна, 2001.—С. 44—54.
2. Кордюм Є. Л. Космічна біологія і медицина в Україні // Космічні дослідження в Україні. 2002—2004. — Київ, 2004.—С. 51—58.
3. Петров В. М. Радиационная безопасность пилотируемой межпланетной экспедиции // Вестник РАН.—2004.—74, № 6.—С. 544—545.
4. Українські дослідження на орбітальних космічних комплексах. — Київ, 2004.—С. 16—22.

5. Kargel J. S. Proof for water, hints of life // Science.—2994.—306, N 5702.—P. 1689—1691.
6. Kordyum E. L. Space biology and medicine in Ukraine: concepts and experimental data // Space Sciences in Ukraine 2000—2002. — Kyiv, 2002.—P. 55—66.
7. Pennisi E., Kerr R. A. On Mars, a second chance for life // Science.—2004.—305, N 5704.—P. 2010—2012.

PROSPECTS OF SPACE LIFE SCIENCES IN THE WORLD AND UKRAINE

E. L. Kordyum

Some perspective directions of space life sciences development in the world today and in future are considered. A significant attention is paid to the Space Life Sciences Program in Ukraine that is prepared in the light of world-scientific priorities in this field, based on preliminary obtained experimental materials and the original concepts and hypotheses proposed by Ukrainian scientists as well as on the use of new methodological approaches and models for ground-based and spaceflight experiments. The main directions of the Program, its tasks and scientific-technical availability are presented.