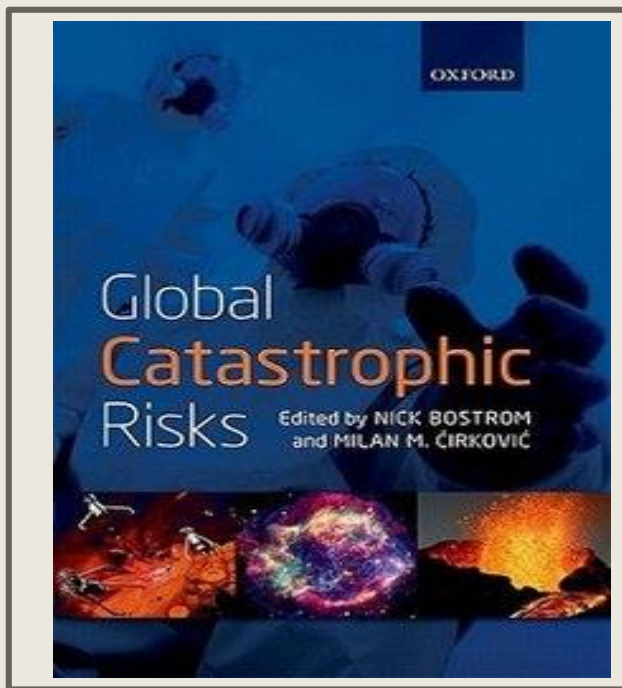




*Биотехнологиялық тәуекел – генетикалық түрлендірілген биологиялық агенттер сияқты биологиялық нысандардан туындауы мүмкін экзистенциалды тәуекелдің бір түрі. Адамның жойылуына әкелетін немесе адамзаттың әлеуетін біржола және күрт шектейтін оқиға «экзистенциалды тәуекел» ретінде белгілі.*

*Мұндай жоғары салдары бар қоздырғыштың шығу тегі әртүрлі: кездейсоқ бөлінуі, табиғи құбылыс немесе биотерроризм не биологиялық қару түрінде әдейі шығарылуы болуы мүмкін. Патогендерді әдейі дамыту мүмкіндігі жетекші зерттеушілер басқаратын жоғары деңгейлі зертханалармен шектелгенімен, оған қол жеткізу технологиясы (және биоинженерияның басқа да таңғажайып жетістіктері) тез арзанырақ және кең таралуда. Мұндай мысалдарға адам геномын секвенирлеу құнының төмендеуі (10 миллион доллардан 1000 долларға дейін), генетикалық ақпараттың үлкен деректер жиынтығының жинақталуы, гендік жетектердің (драйв) ашылуы және CRISPR ашылуы жатады. Осылайша, биотехнологиялық тәуекел Ферми парадоксының сенімді түсіндірмесі болып табылады.*

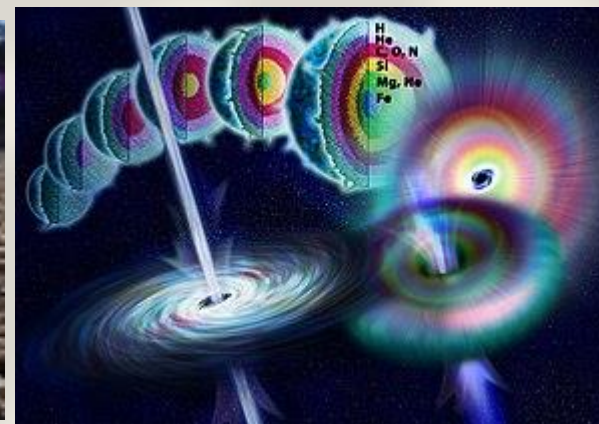


Биотехнология және биоқауіпсіздік туралы тарау Ник Бостромның 2008 жылғы *Global Catastrophic Risks* антологиясында жарияланды, ол қауіптерді, соның ішінде вирустық агенттерді атап өтті. Кітап антропогендік (антропогендік) тәуекелдерді де, антропогендік емес тәуекелдерді де қамтиды.

**Антропогендік:** жасанды жалпы интеллект, биологиялық соғыс, ядролық соғыс, нанотехнология, климаттың антропогендік өзгеруі, жаһандық жылыну, тұрақты жаһандық тоталитаризм

**Антропогендік емес:** астероидтардың соғуы, гамма-сәулелердің жарылыстары

Кітап сонымен қатар апаттарды болжау мен басқарудың саясаттық жауаптары мен әдістері сияқты жалпы мәселелермен айналысады.

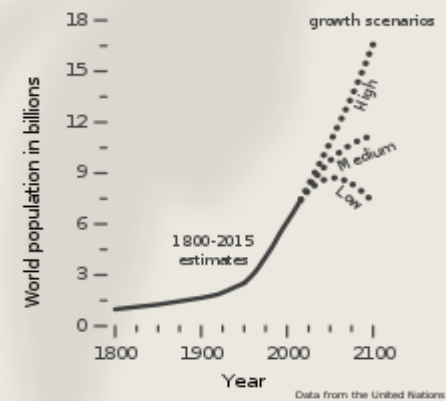


**Жаһандық апаттық тәуекелдер** әдетте «жаһандық ауқымда адамның әлеуатына елеулі зиян келтіруі мүмкін» тәуекелге сілтеме жасайды. Адамзат бұрын да үлкен апаттардан зардап шекті. Олардың кейбіреулері елеулі зиян келтірді, бірақ ауқымы бойынша тек жергілікті болды - мысалы, Қара өлім Еуропа халқының үштен бірін, сол кездегі әлем халқының 10%-ын өлтірген болуы мүмкін. Олардың кейбіреулері жаһандық болды, бірақ соншалықты ауыр емес, мысалы, әлем халқының шамамен 3-6% қайтыс болған 1918 жылғы тұмау пандемиясы. Жаһандық апатты тәуекелдердің көпшілігі жер бетіндегі тіршіліктің көпшілігін өлтіретіндей қарқынды болмайды, бірақ экзистенциалды тәуекелдерден айырмашылығы олар өлсе де, экожүйе мен адамзат ақырында қалпына келеді.

**Экзистенциалды тәуекелдер** «адамзаттың ұзақ мерзімді әлеуетін жою қаупін төндіретін тәуекелдер» ретінде анықталады. Экзистенциалды тәуекелдің іске асуы (экзистенциалды апат) не адамзаттың толық жойылуына әкеледі, не жағдайдың күрт нашарлауын қайтымсыз түрде жүргізеді. Экзистенциалды тәуекелдер жаһандық апатты тәуекелдердің бір тармағы болып табылады, онда залал тек жаһандық емес, сонымен қатар термиальді және тұрақты болғандықтан, қайта қалпына келтіру процесіне кедергі келтіреді және осылайша қазіргі және барлық болашақ ұрпақтарға әсер етеді.



**Антропогендік тәуекелдер** – адамдар тудыратын тәуекелдер және технологиямен, басқарумен және климаттың өзгеруімен байланысты тәуекелдерді қамтиды. Технологиялық тәуекелдерге адамның мақсатына, биотехнологияға және нанотехнологияға сәйкес келмейтін жасанды интеллект құру жатады. Жеткіліксіз немесе зиянды жаһандық басқару жаһандық соғыс, ядролық холокост, генетикалық түрлендірілген организмдерді пайдаланатын биотерроризм, электр желісі сияқты маңызды инфрақұрылымды бұзатын кибертерроризм немесе табиғи және жобаланған пандемияны басқара алмау сияқты әлеуметтік және саяси тәуекелдерді тудырады. Жер жүйесін басқарудағы жаһандық апатты тәуекелдерге жаһандық жылыну, қоршаған ортаның деградациясы, түрлердің жойылуы, ресурстардың біркелкі бөлінбеуіне байланысты ашаршылық, адам санының шамадан тыс көп болуы, егіннің тоқырауы және тұрақсыз ауыл шаруашылығы жатады.



## Функцияны күшейту мутациялары

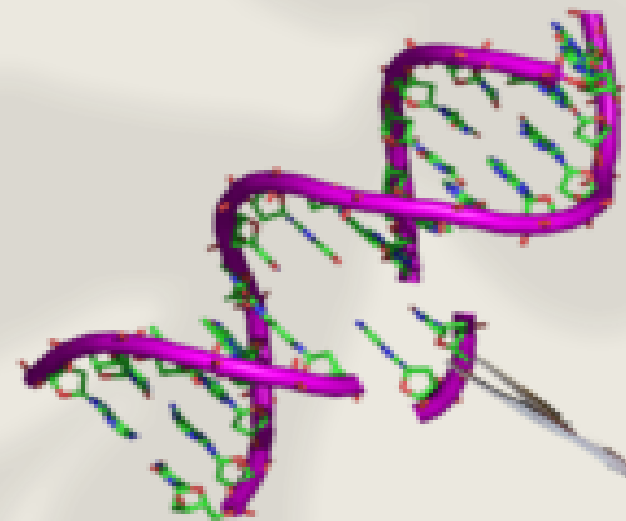
Функциялық зерттеулерді жақсарту (GoF Research немесе GoFR) – ген өнімдерінің биологиялық қызметін жақсартуға мүмкіндік беретіндей ағзаны генетикалық түрде өзгертетін медициналық зерттеу. Бұл өзгеріс патогенезді, берілу қабілеттілігін немесе трансмиссивтік қабілетін, яғни микроорганизм жұқтыруы мүмкінқожайын түрлер ауқымын кеңейту сияқты зерттеулерді қамтуы мүмкін. Бұл зерттеулер жаңадан пайда болатын жұқпалы ауруларды жақсы болжау және вакциналар мен терапевтикалық құралдарды әзірлеу мақсатында жасалады. Мысалы, В тұмау вирусы тек адамдар мен итбалықтарды зақымдауы мүмкін. В тұмауы вирусын бақыланатын зертханалық жағдайда қояндарды зақымдауына мүмкіндік беретін мутацияның енгізілуі функцияны арттыру эксперименті ретінде қарастырылады, өйткені вирус бұрын мұндай функцияға ие болмаған. Эксперименттің бұл түрі вирус геномының қай бөліктері вирионды және қай түрге сәйкес келетінін анықтауға көмектесіп, осы функцияны блоктайтын вирусқа қарсы препараттарды жасауға мүмкіндік береді.

Қоздырғыштар олардың сипаттамаларын, соның ішінде вируленттілігін немесе уыттылығын өзгерту үшін әдейі немесе әдейі емес генетикалық түрлендірілген болуы мүмкін. Бұл мутациялар қасақана болса, олар патогенді зертханалық жағдайларға бейімдеуге, берілу механизмін немесе патогенезін түсінуге немесе емдік агенттерді жасауға қызмет ете алады. Мұндай мутациялар биологиялық қаруды жасауда да қолданылған және қосарлы пайдалану қаупі патогенді зерттеуде алаңдаушылық тудырады. Ең үлкен алаңдаушылық көбінесе жаңа немесе жоғары функционалдық мүмкіндік беретін функцияның артуы мутацияларымен және олардың шығу қаупімен байланысты.

1972 жылы Паул Берг алғаш рет рекомбинантты ДНҚ молекулаларын жасау үшін *EcoRI* рестриктаза ферментін немесе ДНҚлигазасын пайдаланған кезде вирус геномына бөгде тізбекті енгізу туралы ең алғашқы есеп жарияланды. Бұған ол маймыл оспасының SV40 вирусының ДНҚ-сын ламбда вирусының ДНҚ-сымен біріктіру арқылы қол жеткізілді. Дегенмен, екі вирустың қайсысы жұқтыруға немесе репликациялауға қабілетті екенін анықтай алмады. 1974 жылы гендік түрлендірілген вирус туралы бірінші есепті Норин Мюррей мен Кеннет Мюррей жариялауға ұсынды.

Екі айдан кейін, 1974 жылдың тамызында Марджори Томас, Джон Кэмерон және Рональд В. Дэвис осындай жетістік туралы баяндаманы жариялау үшін ұсынды. Бұл эксперименттер нәтижелері биотехнология немесе рекомбинантты ДНҚ әдістерінің дамуына бастама болды.

## Генетикалық түрлендірілген вирус



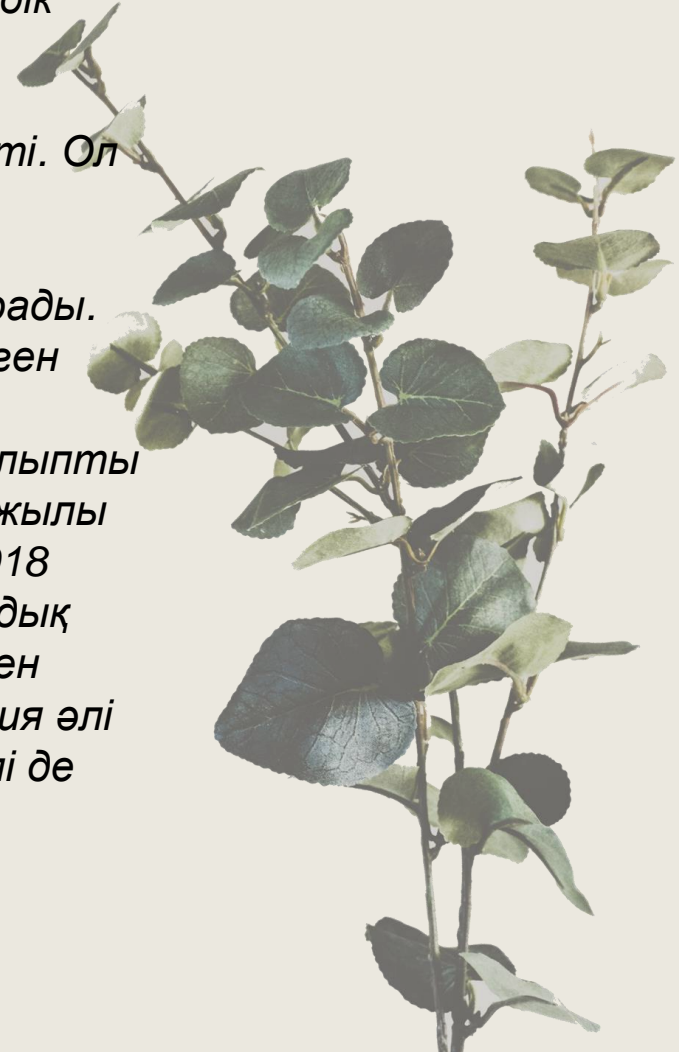


## Гендік терапия

Гендік терапия адам жасушаларындағы ауруларды емдей алатын гендерді жеткізу үшін генетикалық түрлендірілген вирустарды пайдалану. Бұл вирустар ДНҚ немесе РНҚ генетикалық материалды мақсатты жасушаларға жеткізе алады. Гендік терапия вирустардың көмегімен ауру тудыратын мутацияланған гендерді инактивациялау арқылы да қолданылады.

Гендік терапия әлі де тестілеу кезеңінде болса да, ол біраз табысқа жетті. Ол аденозиндеаминаза тапшылығынан (ADA-SCID) туындайтын ауыр аралас иммун тапшылығы сияқты тұқым қуалайтын генетикалық бұзылыстарды емдеу үшін қолданылған, дегенмен кейбір ADA-SCID бар науқастарда лейкоздың дамуын тудырады. Мысалы, 1999 ж. Джесси Гельсингердің өлімімен кейін бұл тәсілді зерттеуді көптеген жылдар бойы тоқтатып тастады.

2009 жылы туа біткен Лебер амоврозымен ауыратын сегіз жасар бала қалыпты көру қабілетін қалпына келтіргенде, тағы бір жетістікке қол жеткізілді және 2016 жылы GlaxoSmithKline ADA-SCID гендік терапиясын коммерцияландыруға рұқсат алды. 2018 жылғы жағдай бойынша гемофилияны, глиобластоманы, созылмалы гранулематоздық ауруды, муковисцидозды және әртүрлі қатерлі ісіктерді емдеуді қамтитын көптеген клиникалық сынақтар жүргізілуде. Кейбір жетістіктерге қарамастан, гендік терапия әлі де қауіпті болып саналады және қауіпсіздік пен тиімділікті қамтамасыз ету үшін әлі де зерттеулер жүргізілуде.



## **Тұмау**

2011 жылы екі зертхана құс тұмауы вирустарына арналған мутациялық скрининг туралы есептерді жариялады. Олар күзендерде кездесетін вирустардың ауаға түскенде трансмиссивті түрге ауысатын штамдарын идентификациялаған. Бұл вирустар табиғи H5N1 вирусының жаһандық әсерін шектейтін кедергіні оңай өтеді. 2012 жылы ғалымдар H5N1 вирусының геномындағы ауа-тамшылы таратуға мүмкіндік беретін нүктелік мутацияларды анықтау үшін қосымша сынақтан өткізді. Бұл зерттеудің мақсаты пандемияның пайда болуында ерекше қауіп төндіретін тұмау вирустарын бақылауды және дайындықты жақсарту болғанымен, зертханалық штамдардың өзі таралып кетуі мүмкін деген алаңдаушылық тудырды.

Марк Липсич пен Элисон П.Галвани PLoS Medicine журналында ғалымдардың құс тұмауы вирустарын сүтқоректілерде жұқтыру үшін қолданатын эксперименттер қауіп факторларын тексеру - олардың пайдасы үшін жасалады деп есептейтін мақаланың авторларының бірі болды. Липсич сонымен қатар тұмауды ең қорқынышты «потенциалды пандемия қоздырғышы» деп сипаттады.



*2014 жылы Америка Құрама Штаттары тұмау, MERS және SARS зерттеулеріне мораторий енгізді. Бұл ауа-тамшылы қоздырғыштары тудыратын ерекше қауіптерге жауап ретінде жасалды. Дегенмен, көптеген ғалымдар мораторий олардың вирусқа қарсы терапияны дамыту мүмкіндіктерін шектейді деп қарсы шықты. Ғалымдар зертханалық тышқандардағы MERS бейімделуі сияқты функцияны күшейтетін мутациялар оны зерттеуге дейін қажет деп санайды.*

*Биологиялық қауіпсіздік жөніндегі ұлттық ғылыми-консультативтік кеңес алаңдаушылық туғызатын зерттеулерді пайдалана отырып, зерттеу ұсыныстарына қатысты ережелерді де белгіледі. Ережелер қаржыландыруға дейін тәуекелдер, қауіпсіздік шаралары және ықтимал пайдалар үшін эксперименттерді қалай бағалау керектігін сипаттайды.*