

- Виявлено, що сліпаки і голі землекопи мають унікальні механізми захисту від раку, які в майбутньому можуть дати ключ до ефективного лікування онкохвороб людини.
- Наведено короткий огляд останніх світових досліджень зі створення самовідновних матеріалів.
- 20 листопада 2012 р. у Москві оголошено лауреатів премії «Просветитель» за найкраще науково-популярне видання.

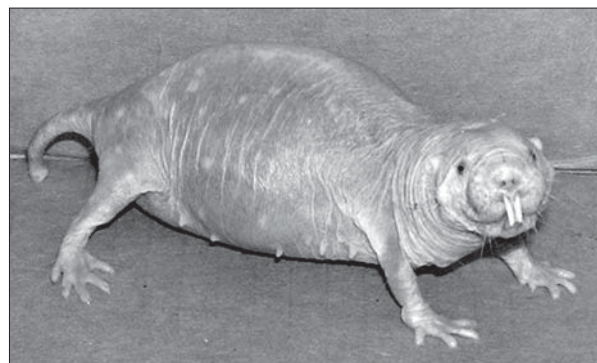
### ГОЛІ, СЛІПІ, АЛЕ УНІКАЛЬНІ

Голі землекопи (*Heterocephalus glaber*) — не дуже приємні на вигляд, але дивовижні гризуни. Все життя вони проводять під землею, їхня шкіра нечутлива до болю, а також до кислоти навіть за  $\text{pH} < 3,5$ , вони не п'ють води, здатні повністю відновити функції організму після більш ніж півгодинного кисневого голодування, що є рекордом для ссавців. Однак найбільш відомі вони своїм дивним для гризунів довголіттям — тривалість їхнього життя становить майже 30 років! Це пов'язують з тим, що голі землекопи абсолютно не схильні до утворення ракових пухлин. Три роки тому біологи з Рочестерського університету (University of Rochester, USA) під керівництвом Андрія Селуанова відкрили в цих тварин внутрішній механізм гальмування поділу клітин.

У листопаді 2012 р. в журналі «Proceedings of the National Academy of Sciences» з'явилася стаття групи науковців з того самого Університету, яку очолювала Віра Горбунова (Gorbunova V. et al. *PNAS*, 2012. doi: 10.1073/pnas.1217211109). Вчені працювали з культурою фібробластів сліпаків *Spalax judaei* і *Spalax golani* — підземних гризунів, що також вирізняються вкрай високою тривалістю життя — до 21 року і в яких, як і у голіх землекопів, не виявлено жодного випадку раку, тому вони є цінними модельними тваринами для вивчення онкогенезу. Біологи встановили, що сліпаки мають власний унікальний механізм захисту від раку, відмінний від механізму, який було знайдено в *Heterocephalus glaber*.

Зазвичай якщо взяти з тіла тварини клітини і помістити їх у живильне середовище, вони продовжують ділитися, доки не утворять моношар, тобто не заповнять усю поверхню пластикової чашки, або поки не відбудеться максимальне число поділів, так звана межа Гейфліка. Після цього у здорових клітин настає контактне гальмування — вони припиняють ділитися і «завмирають». Ракові клітини, на відміну від нормальних, навпаки, продовжують ділитися, поки в середовищі вистачає поживних речовин. Відсутність контактного гальмування і здатність до нескінченного поділу є найяскравішими характерними ознаками злоякісного переродження.

Однак коли вчені спробували вирощувати на чашках культуру фібробластів сліпаків, вони виявили, що клітини цих тварин поведуться незвично. Вони не доростають до стану моношару, а організовано гинуть задовго до того, як заповниться весь простір



Голий землекоп (*Heterocephalus glaber*)



Сліпак (*Spalax judaei*)

підкладки. Під час цього процесу клітини виділяють у середовище  $\beta$ -інтерферон. Така поведінка клітин сліпаків значною мірою відрізняє їх від клітин голого землекопа, фібробласти якого також ніколи не утворюють моношар, але не гинуть, а виявляють гіперчутливість до контактів.

Цікаво, що загибель клітин у культурі сліпаків відбувається не за спеціалізованим механізмом апоптозу, який багатоклітинні організми використовують для видалення зайвих клітин, а за механізмом некрозу, що до сьогодні розглядався як неспеціалізований. Саме так гинуть клітини, наприклад, від отрут або якщо їм не вистачає поживних речовин. Прояв некрозу дав змогу деяким експертам припустити, що авторам просто не вдалося створити для клітин сліпаків задовільних умов росту. Однак тоді залишається незрозумілим, чим різняться умови росту клітин сліпаків та інших гризунів.

На думку вчених, обидва механізми, завдяки яким поділ клітин призупиняється до утворення моношару, працюють у природі як засіб запобігання раку. Якби вдалося «вмикати» такі механізми медичними засобами, це відкрило б широкі перспективи в боротьбі з онкохворобами.

#### РОЗУМНІ МАТЕРІАЛИ

Нещодавно з'явилася новина про те, що голландські вчені з Делфтського технічного

університету розпочали польові випробування розумного біобетону. Матеріал називають розумним, оскільки він здатен відновлювати пошкодження, зумовлені зовнішніми чинниками. Вчені сподіваються, що такі матеріали спричинять справжню революцію у виробництві й експлуатації бетонних конструкцій. З цієї нагоди інтернет-портал «Lenta.ru» підготував короткий огляд останніх світових досліджень зі створення самовідновних матеріалів.

До розумних матеріалів відносять і так звані матеріали з пам'яттю. Скажімо, якщо зігнути дріт із нітинолу — сплаву нікелю й титану, після нагрівання він набуде вихідної форми. Слід зауважити, що хоча термін «розумні матеріали» увійшов у наукову лексику недавно, ефекти пам'яті вивчали ще в 30-х роках ХХ ст. Зокрема, властивості сплавів типу нітинолу досліджували відомі радянські металофізики Г.В. Курдюмов і Л.Г. Хандорсон ще в 1948 р.

Самовідновні матеріали, особливий клас розумних матеріалів, — це системи, що можуть протистояти структурному руйнуванню під механічним впливом. Головна вимога — щоб «заліковування» пошкоджень відбувалося без участі людини. Є багато механізмів, що забезпечують таке відновлення.

**Хроматування.** Одним із способів захисту металевих, наприклад алюмінієвих, деталей є хроматування — оброблення спеціальними розчинами. При цьому формується тонкий шар, що захищає метал від корозії. Проте під час хроматування використовують сполуки хрому (VI), які вважають небезпечними для здоров'я, оскільки вони відносно легко проникають у живі клітини.

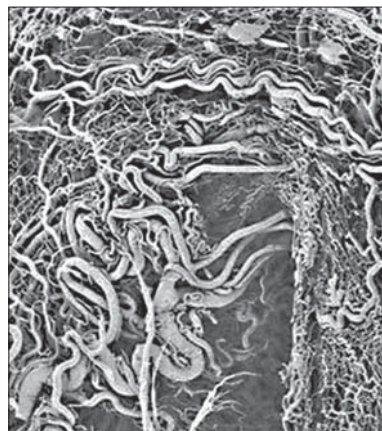
Однак у деяких галузях, зокрема військовій і космічній, хроматування застосовують і досі. Передусім це пов'язано з тим, що такі покриття можуть упродовж кількох тижнів самозаліковувати невеликі пошкодження. Хром сам мігрує на місце подряпини, заповнюючи й закриваючи її. Повністю подряпина, звичайно, не затягнеться, але підкладка з алюмінієвого сплаву буде захищена.

Тому одним із завдань, що стоять перед хіміками, є створення покриття, застосування якого могло б замінити небезпечне хроматування. Наприкінці жовтня 2012 р. учені з Університету Невади презентували свій прототип такого покриття на основі молібдену. Вони запропонували також спосіб його нанесення на поверхню з алюмінієвого сплаву AA2024-T6, який використовують у космічній промисловості. Під час дослідження зразок спеціально пошкодили і, застосовуючи для певності одразу кілька методів спектроскопії, переконалися, що на пошкодженій ділянці є молібден, тобто покриття здатне самовідновлюватися. Щоб отримати прийнятні результати, дослідники перепробували близько 200 різних варіантів для покриття. Нині вчені працюють над удосконаленням форми.

**Пластик із системою каналів.** Одним із загальновідомих методів створення самовідновних матеріалів є використання в їхній структурі мікроскопічних капсул, що містять речовину-латку. Коли матеріал пошкоджують, капсули розкриваються і речовина заповнює тріщини й подряпини. Головним недоліком цього способу є те, що матеріал не може відновитися повторно. Крім того, технічно досить складно домогтися, щоб капсули були розподілені рівномірно, тому деякі ділянки матеріалу стають вразливішими за інші.

У 2001 р. дослідники з Іллінойського університету створили пластик, що містив велику кількість капсул зі спеціальною речовиною. У 2011 р. вони вдосконалили цю розробку і запропонували новий пластик із цілою системою сполучених посудин, що містять матеріал-латку.

Сьогодні цей матеріал проходить тестування і, за даними на кінець жовтня 2012 р., досить успішно — одна й та сама тріщина заліковується понад 50 разів поспіль. Крім того, вчені обережно вказують на те, що їхній самовідновний пластик можна «заправляти». Так це чи ні, покаже час. Очевидно, що пластики з системою пор і каналів можуть знайти різноманітні застосування, на-



Система каналів у пластику. Зображення SPL

приклад, для циркуляції води і зниження температури пристроїв.

**Склеювання гідрогелю.** У березні 2012 р. в журналі PNAS з'явилася стаття, автори якої розробили полімер, здатний не лише затягувати подряпини, а й навіть склеювати окремі шматки. Створена система є гідрогелем — молекули полімеру, зв'язані з молекулами води. По суті цю речовину, яка зовні нагадує желе, можна розглядати як густу суспензію частинок у водному середовищі. Молекули полімеру мають бічні «відростки», що складаються з гідрофобних і гідрофільних фрагментів. У правильному доборі молекул і полягає «ноу-хау» дослідників.

Під час експерименту вчені брали шматки гелю, розрізали їх на кілька частин або пошкоджували поверхню, а потім поміщали у водний розчин. Як виявилось, завдяки бічним відросткам у кислому середовищі розрізані шматки склеювалися, а пошкодження затягувалися. При цьому швидкість склеювання була надзвичайно високою, а сам процес — оборотним, тобто в лужному середовищі шматки роз'єднувалися.

Дослідники стверджують, що в розчині з правильно підібраним рН механічні властивості відновленого шматка не відрізняються від властивостей цілого фрагмента гелю.

**УФ-опромінення полімеру.** У квітні 2011 р. хіміки зі Швейцарії створили пластик, який можна «лікувати» ультрафіолетом.

Він належить до так званих супрамолекулярних речовин. Учені змішали метал (цинк або лантан) і полімер з досить малою молекулярною масою й одержали пластик із металевими прошарками. Виявилося, що невелика, 400 мкм завтовшки, пластинка такого матеріалу після 30 с впливу потужного джерела ультрафіолетового випромінювання може самовідновлювати подряпини завглибшки до 200 мкм, що становить половину її товщини.

Принцип роботи доволі простий: під час опромінення УФ-світлом атоми металу в матеріалі поглинають фотони і перетворюють їх на тепло. Пластик розігрівається зсередини, і подряпина запливається. Однак дослідники зізнаються, що їхній винахід поки що далекий від впровадження у промисловість. Основною проблемою є те, що механічні властивості матеріалу після опромінювання можуть відрізнятись від початкових.

**Біобетон.** Концепцію біобетону вчені з Делфтського технічного університету запропонували ще років двадцять тому. Основна ідея була такою: необхідно, щоб у бетоні жили мікроорганізми, які в разі пошкодження заповнювали б тріщини без втручання людини.

Проблема пошуку та усунення пошкоджень залізобетонних конструкцій — найпопулярнішого матеріалу в будівництві — вкрай актуальна. Мікротріщини, в які потрапляє вода, згодом спричиняють утворення

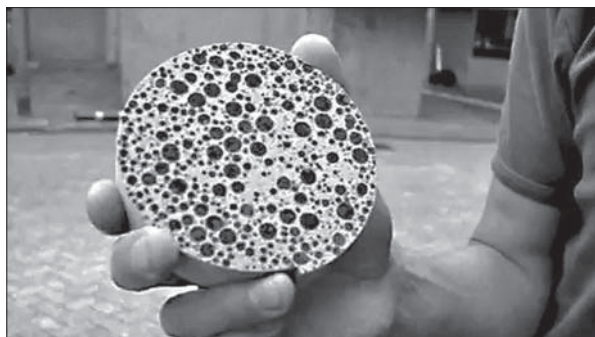
повноцінних тріщин, що у свою чергу відкривають доступ до металевих конструкцій. Їх руйнування значною мірою впливає на міцність конструкцій. За підрахунками фахівців, обслуговування залізобетонних конструкцій обходиться дуже дорого як у грошовому еквіваленті, так і у витрачених людсько-годинах. Тому ідея доручити цю роботу бактеріям виглядає такою привабливою.

Науковцям знадобилося багато часу для доведення технології до практичної реалізації. І в цьому немає нічого дивного — потрібно було підібрати правильні організми, забезпечити їхнє живлення, продукти життєдіяльності бактерій мали бути придатними для заповнення дірок. Нарешті було обрано мікроорганізми роду *Bacillus*. Бетон містить спори цих бактерій і гранули лактату кальцію, який є джерелом енергії для мікроорганізмів і в процесі перероблення якого утворюється кальцит, що відкладається й заповнює щілини в бетоні. У сплячому стані спори здатні знаходитися в бетоні дуже тривалий час, а оживають вони, коли в тріщини потрапляє волога.

Перші лабораторні дослідження показали, що бактерії справді можуть заповнювати тріщини кальцитом. При цьому зникали як відносно великі дефекти, так і мікротріщини розміром близько 0,2 мм, що не враховуються нормами будівництва, але з часом розростаються. Тепер голландським ученим належить довести роботоздатність їхнього біобетону на практиці. За словами дослідників, на це знадобиться близько трьох років.

#### РОСІЙСЬКА ПРЕМІЯ В ГАЛУЗІ НАУКОВО-ПОПУЛЯРНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

20 листопада 2012 р. у Москві відбулося вручення премії «Просветитель». П'ята, ювілейна, церемонія нагородження проходила в Політехнічному музеї. Лауреатом премії в галузі природничих наук став астроном Володимир Сурдін за книгу «Разведка далеких планет», присвячену історії та методам виявлення як екзопланет, так і планет Сонячної системи. В. Сурдін працює у Державному астрономічному ін-



Бетон із бактеріальними гранулами. Кадр з відео Eelke Dekker

ституті ім. П.К. Штернберга і вже є автором кількох науково-популярних книг, серед яких «Путешествия к Луне» і «Астрономия. Век XXI».

У галузі гуманітарних наук журі відзначило книгу «Император Мэйдзи и его Япония» лінгвіста й історика Олександра Мещерякова. Його праця присвячена глибокій трансформації, що відбулася в японському суспільстві на рубежі XIX–XX ст. Раніше О. Мещеряков працював редактором журналу «Япония. Путь кисти и меча», а нині є професором Російського державного гуманітарного університету.

До короткого списку номінантів потрапило 8 книг. Серед них «Многоликий вирус» Віктора Зуєва, «Почему небо темное» Володимира Решетнікова і «Золото, пуля, спасительный яд. 250 лет нанотехнологий» Генріха Ерліха. За перше місце в гуманітарній галузі сперечалися книги «В поисках Константинополя» Сергія Іванова, «Повседневная жизнь населения России в период нацистской оккупации» Бориса Ковальова і «Ленин. Соблазнение России» Леоніда Млечина.

Премія «Просветитель» заснована в 2008 р. некомерційним Фондом «Династия». Її метою є заохочення авторів і видавців науково-популярної «просвітницької» літератури. У 2011 р. премію здобули Володимир Плунгян за книгу «Почему языки такие разные» і Олександр Марков за двотомник «Эволюция человека».

Джерела:

[www.newscientist.com](http://www.newscientist.com)  
[www.premiaprosvetitel.ru](http://www.premiaprosvetitel.ru)  
[www.lenta.ru](http://www.lenta.ru)

