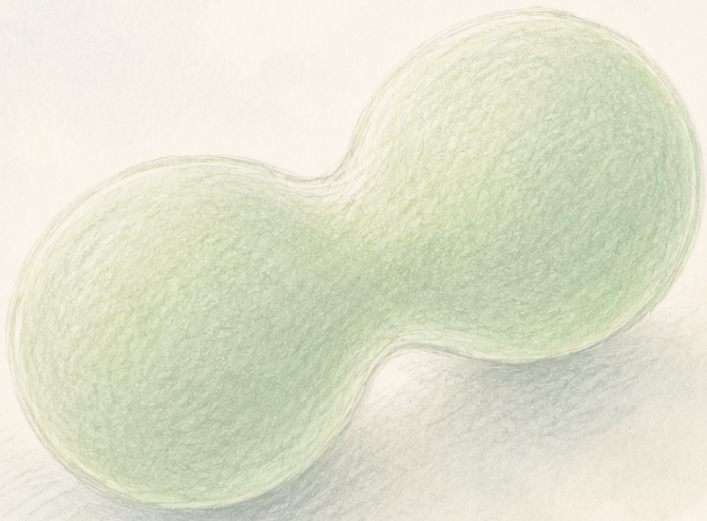


The Clean Paper

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

# Сінтэтычная клетка, якая харчуецца, расце і дзеліцца, — сур'ёзны крок, але не жыццё, створанае з нуля

*Каманда University of Minnesota паведамляе пра тлушчавую кроплю з геномам прыкладна ў 90 000 асноў, якая харчуецца, капіруе ДНК, расце і дзеліцца на працягу пяці пакаленняў, а ўнесеная карысная мутацыя распаўсюджваецца праз адбор. Гэта сапраўдны прагрэс у пабудове клетак з вызначаных, ачышчаных частак. Але праца яшчэ не прайшла рэцэнзаванне; сістэма не можа вырабляць уласны бялковы апарат або падтрымліваць уласны метабалізм; яе кампаненты — ачышчаныя біялагічныя малекулы, а не простыя хімічныя рэчывы, сабраныя з нуля; і, паводле слоў саміх аўтараў, адбор тут не з'яўляецца спантаннай дарвінаўскай эвалюцыяй. Чыстая версія — не «першая жывая клетка з нежывой матэрыі».*

---

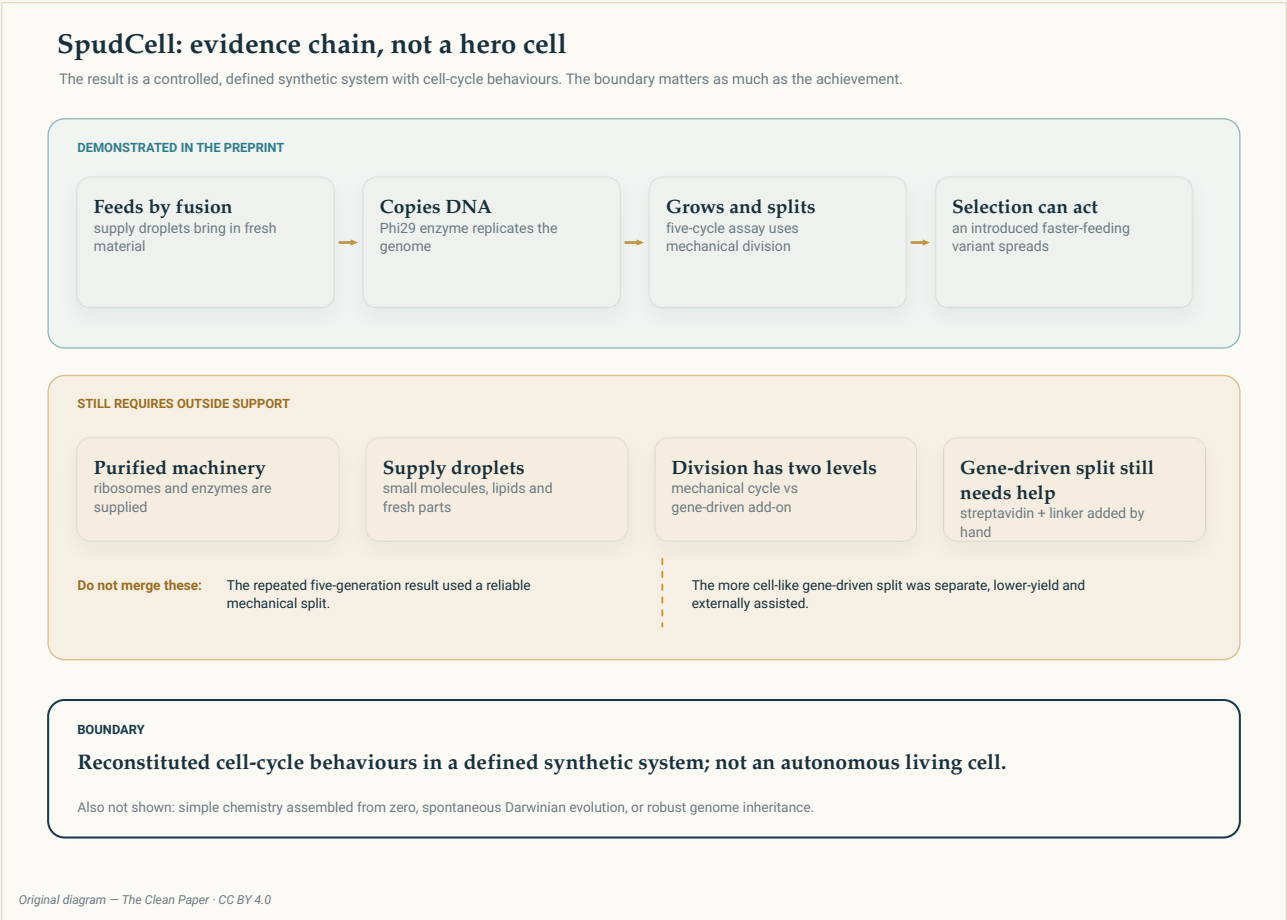
Written by Lucio Vaglio · Cross-checked by Laura Nesso · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *A Chemically Defined Synthetic Cell Capable Of Growth And Replication*, Nathaniel J. Gaut, Christopher Deich, Brock Cash, Tanner Hoog, Aaron E. Engelhart, Katarzyna P. Adamala, Preprint (not peer-reviewed) — University of Minnesota

# Гісторыя пра «першую сінтэтычную клетку» — калі вярнуць яе назад да кропель

Загалоўкі велізарныя: першая ў свеце сінтэтычная клетка з поўным жыццёвым цыклам, жыццё з нежывой матэрыі, «момант Sputnik» для біялогіі. Сама праца цішэйшая — і, калі быць дакладным, цікавейшая за лозунгі. Каманда University of Minnesota паведамляе пра мікраскапічную тлушчавую кроплю — таго ж тыпу «маслянага пузырка», з якога зроблены клетачныя мембраны, — якая нясе набор генетычных інструкцый і здольная харчавацца, зліваючыся з меншымі кроплямі-пастаўшчыкамі, капіраваць гэтыя інструкцыі, расці і дзяліцца на даччыныя кроплі на працягу некалькіх цыклаў. У адным эксперыменце карысная змена ў інструкцыях распаўсюджваецца па папуляцыі, бо кроплі з ёй размнажаюцца хутчэй.

Гэта сапраўдны прагрэс у канкрэтным і сумленным сэнсе: пабудаваць клеткападобную сістэму знізу ўверх з вядомых частак і прымусіць асноўныя крокі клетачнага цыклу працаваць разам у адным месцы. Але гэта таксама прэпрынт, які яшчэ не прайшоў рэцэнзаванне, і — паводле слоў саміх аўтараў — не самадастатковы арганізм і не спантанная дарвінаўская эвалюцыя. Калі сказаць дакладна, гэта не «жыццё стварылі з нуля». Вынік такі: упершыню даследчыкі запусцілі поўны працоўны цыкл клеткі ўнутры цалкам вызначанай сінтэтычнай кроплі, выкарыстоўваючы ачышчаныя біялагічныя кампаненты.



*Original diagram — The Clean Paper · CC BY 4.0*

Ланцужок доказаў, а не «гераічная клетка». Верхні рад — тое, што праца **дэманструе**: вызначаная кропля харчуецца, капіруе геном, расце і дзеліцца на працягу пяці пакаленняў, а ўнесеная карысная змена распаўсюджваецца праз адбор. Сярэдні рад — тое, што яна ўсё яшчэ **атрымлівае звонку**: ачышчаныя рыбасомы і ферменты, кроплі-пастаўшчыкі, а для кіраванага генамі дзялення — дадатковыя інгрэдыенты, унесеныя ўручную. Ніжні рад — **мяжа сцвярджэння**: гэта ўзноўленыя паводзіны клетачнага цыклу ў вызначанай сінтэтычнай сістэме, а не аўтаномная жывая клетка і не спантанная эвалюцыя.

Original diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

# Што зрабілі аўтары

Пачнём з абалонкі. Сінтэтычная клетка — гэта **ліпасома**, кропля, акружаная тым жа тыпам тлушчавай плёнкі, што акружае сапраўдныя клеткі. Унутр каманда змясціла дзве рэчы: набор генетычных інструкцый і мініяцюрны камплект для іх чытання і пабудовы бялкоў.

Інструкцыі — геном прыкладна з **90 000 літар ДНК** (90 kbp), падзелены паміж сямю маленькімі кольцамі — плазмідамі. Сістэма пабудовы бялкоў не прыдумана з нічога. Гэта дакладна вызначаная сумесь *ачышчаных працоўных частак, узятых з біялогіі* — рыбасом, ферментаў і астатняга апарату сінтэзу бялку, — сабраных у вядомых колькасцях. (У гэтай галіне такая ўзноўленая, цалкам спецыфікаваная сумесь называецца PURE. «Хімічна вызначаная» тут азначае, што кожны інгрэдыент вядомы і вымераны, а не што сістэма пабудавана з простых хімічных рэчываў.)

На гэтай аснове аўтары паказалі, што кропля можа выконваць базавыя этапы клетачнага цыклу. Яны звязалі чатыры рэчы.

Па-першае, прымусілі яе **харчавацца**. Кропля атрымлівае свежы матэрыял, зліваючыся з меншымі кроплямі-пастаўшчыкамі — «feeder» liposomes. Сігнал для зліцця дае мембранны бялок, які клетка будуе паводле ўласнага геному. Такім чынам, харчаванне ўключаецца яе ўласнымі генамі, а не эксперыментатарам уручную ў кожным раундзе.

Па-другое, прымусілі яе **капіраваць ДНК**, выкарыстоўваючы пазычаны вірусны фермент капіравання Phi29, закадаваны ў геноме.

Па-трэцяе, прымусілі яе **расці і дзяліцца** — прычым дзяленне рэалізавалі двума рознымі спосабамі, і гэта адрозненне важнае.

Па-чацвёртае, паказалі **адбор**. Даследчыкі ўнеслі ў геном змену, якая дазваляе клетцы хутчэй харчавацца і расці, і паказалі, што такія хутчэйшыя клеткі пакідаюць больш нашчадкаў і выцясняюць іншыя, асабліва калі ежы мала.

## Што яны выявілі

**Поўны цыкл працуе як адзіная руціна.** На працягу пяці «пакаленняў» кроплі харчаваліся, рэплікавалі ДНК, раслі і дзяліліся ў паўтаральным цыкле, а не ў асобных аднаразовых дэманстрацыях. Менавіта аб'яднанне гэтых крокаў у адной вызначанай сістэме, звязанай з уласнай экспрэсіяй генаў клеткі, з'яўляецца галоўным вынікам артыкула.

**Харчаванне і дзяленне могуць запускацца генамі.** Клетка здольная вырабіць бялок, які запускае яе ўласнае харчаванне, і — у асобнай дэманстрацыі з ніжэйшым выхадам, якая ўсё яшчэ патрабуе дадатковых кампанентаў звонку, — бялок, што запускае яе дзяленне. Гэта крок да сістэмы, кіраванай уласнымі інструкцыямі, а не рукамі эксперыментатара.

**Карысная змена распаўсюджваецца праз адбор.** Варыянт з мацнейшым «выключальнікам харчавання» — больш актыўным прамотарам — расце хутчэй, пакідае больш нашчадкаў і пры дэфіцыце рэсурсаў выцясняе зыходны варыянт. Гэта сапраўдная сувязь паміж генетычнай зменай і рэпрадуктыўным поспехам у сінтэтычнай сістэме.

**Спадчыннасць недасканалая.** Пасля пяці пакаленняў толькі меншасць прааналізаваных клетак усё яшчэ мела поўны камплект усіх сямі кольцаў ДНК. Надзейна размеркаваць геном паміж даччынымі кроплямі сістэма пакуль не ўмее.

## Што працуе само — а што не

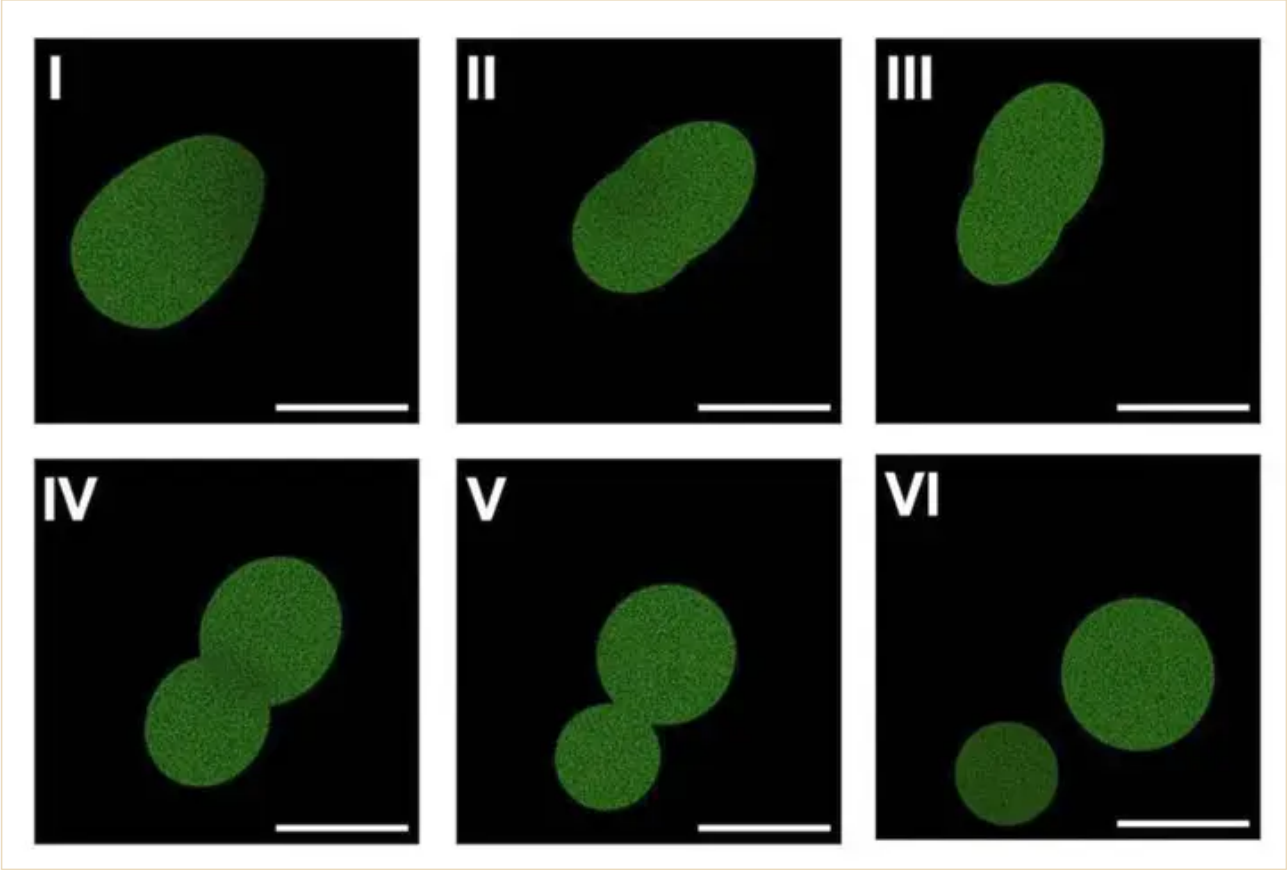
Слова, якое нясе найбольшую вагу ў загалоўках, — *поўны*. У артыкуле «поўны клетачны цыкл» азначае, што аперацыйныя крокі — харчавацца, рэплікавацца, расці, дзяліцца — былі ўзноўлены і вымераны разам. Яно не азначае, што клетка самадастатковая. Тут важныя дзве мяжы, і аўтары наўпрост называюць абедзве.

Па-першае, клетка **не можа вырабляць уласны апарат сінтэзу бялку**. Рыбасомы і большасць ферментаў пастаўляюцца звонку — іх загадзя ачышчаюць і падаюць сістэме, а не вырабляе сама клетка. Паводле фармулёўкі аўтараў, сістэма мае вельмі абмежаваны метабалізм і не ўмее рабіць рыбасомы; сапраўдная метабалічная незалежнасць патрабавала б значна большага геному. Такім чынам, кропля выконвае клетачны цыкл, але не забяспечвае ўласную біяхімію з нуля.

Па-другое, звычайнае дзяленне ў галоўным эксперыменце **механічнае**. У доследах на пяці пакаленнях кроплі падзяляюць, праштурхоўваючы праз тонкі фільтр — гэты спосаб выбралі, бо ён надзейна дае даччыныя кроплі. Больш падобнае да клетачнага, *кіраванае генамі* дзяленне, дзе падзел запускае бялок, выраблены самой клеткай, паказана асобна. Яно патрабуе дадатковых інгрэдыентаў звонку — мастковай сістэмы са стрэптавідынам і лінкерам — і мае меншы выхад. Аўтары наўпрост пішуць, што для больш надзейнага, прадуктыўнага і кіраванага дзялення патрэбна далейшая праца,

верагодна сінтэтычны ўнутраны «шкілет», якога клетка пакуль не мае.

Менавіта таму на схеме два тыпы дзялення падзелены: гучны пяціцыклавы вынік выкарыстоўвае механічнае расшчапленне; кіраванае генамі дзяленне — перспектыўнае, але крохкае дапаўненне.




Паслядоўнасць флуарэсцэнтнай мікраскапіі з прэпрынта, размешчанага аўтарамі: сінтэтычная клетка падаўжаецца і падзяляецца на дзве кроплі ў дэманстрацыі кіраванага генамі дзялення. Выява узнаўлена з паніжанай раздзяляльнасцю ў межах fair use для каментарыя да выніку дзялення; асноўная схема ланцужка доказаў вышэй асобна аддзяляе гэтую дэманстрацыю ад механічнага дзялення, выкарыстанага ў пяціцыклавым тэсце.

Kate Adamala, Adamala Lab Fair use

## Адбор, а не спантанная эвалюцыя

Вынік з адборам элегантны, і яго варта фармуляваць дакладна. Карысная змена — мацнейшы «пераключальнік» харчавання — прымушае клеткі расці хутчэй, таму яны пакідаюць больш нашчадкаў, а змена распаўсюджваецца. Гэта сапраўдны адбор, які дзейнічае на спадчыннае адрозненне.

Але гэтая змена не *ўзнікла* сама. Яе ўнеслі аўтары. Паводле іх слоў, карысная мутацыя не з’явілася спантанна ў папуляцыі, а была ўведзена штучна — гэта адрозніваецца

ад натуральнай дарвінаўскай эвалюцыі. Узнікненне мутацый без умяшання названа будучай працай. Такім чынам: адбор і канкурэнцыя за рэсурсы — так. Адкрытая, спантанная эвалюцыя — пакуль не.

## Чаго гэтая праца *не* даказвае

- Яна **не** паказвае клетку, створаную з нежывой хіміі. Часткі — гэта *ачышчаныя біялагічныя* кампаненты: рыбасомы і ферменты з жывых арганізмаў, вірусны фермент капіравання, сабраныя ў вызначаную кроплю. «Хімічна вызначаная» азначае цалкам спецыфікаваная, а не сінтэзаваная з нуля; уласная Figure 1 артыкула апісвае клеткі як сабраныя з асобна ачышчаных прыродных кампанентаў.
- Яна **не** паказвае самадастатковы арганізм. Клетка не можа рабіць уласныя рыбасомы або падтрымліваць уласны метабалізм; яна залежыць ад пастаўленага апарату і кропель-пастаўшчыкоў.
- Яна **не** паказвае спантанную эвалюцыю. Карысную мутацыю ўнеслі даследчыкі, а не згенеравала сістэма.
- Яна **не** паказвае надзейную спадчыннасць. Пасля пяці пакаленняў поўны геном захоўвала толькі меншасць клетак.
- Яна **не** паказвае клетачна-кіраванае дзяленне як стандартны механізм. Паўтаральны пяціцыклавы вынік абапіраецца на механічнае дзяленне; кіраванае генамі мае меншы выхад і патрабуе вонкавай дапамогі.
- Праца **не рэцэнзаваная**. Гэта прэпрынт; паводле паведамлення *Science*, рукапіс адхіліў *Cell*, а рэцэнзаванне, як паведамляецца, працягваецца ў іншым месцы. Канкрэтныя лічбы варта лічыць папярэднімі.

## Наколькі пераканаўчыя доказы?

Для цэнтральнага інжынернага сцвярджэння доказы прамыя і важкія. Аўтары паведамляюць, што аперацыйныя этапы клетачнага цыклу працуюць разам у вызначанай сінтэтычнай кроплі, звязаныя з уласнай экспрэсіяй генаў сістэмы і паўтараюцца на працягу некалькіх цыклаў. Гэта абмежаванае, правяральнае сцвярджэнне, падмацаванае колькаснымі дэманстрацыямі, хоць праца ўсё яшчэ застаецца прэпрынтам.

Адсутнасць метабалічнай незалежнасці і спантаннай эвалюцыі не варта трактаваць як няўдалыя або ненадзейныя сцвярджэнні. Аўтары **не заяўляюць** пра наяўнасць гэтых магчымасцей: яны наўпрост апісваюць іх як адсутныя або як мэты будучай працы. Гэта важныя межы таго, што тут азначае «поўны клетачны цыкл», а не доказы супраць рэальна заяўленага выніку.

Таму галоўная нявызначанасць не ў тым, ці стварыла даследаванне аўтаномнае жыццё. Яна ў тым, наколькі надзейнай і ўзнаўляльнай апынецца заяўленая інжынерная

прадукцыйнасць. Да рэцэнзавання і незалежнага паўтарэння дакладную колькасць пакаленняў, долю захавання поўнага геному і выхад дзялення варта лічыць папярэднімі. Правільны профіль упэўненасці: высокі для прадэманстраванай інтэграцыі аперацый клетачнага цыклу, ніжэйшы для дакладных паказчыкаў прадукцыйнасці, а сцвярджэнні пра жыццё, самадастатковасць або спантанную эвалюцыю ўвогуле ляжаць па-за межамі працы.

## Што дадае публічная гісторыя — і чаму гэта важна

Цікавы разрыў тут не паміж артыкулам і рэальнасцю. Ён паміж **артыкулам** і **камунікацыйным пакетам вакол яго**. Сам рукапіс асцярожны адносна гэтай мяжы; рызыка перабольшання ўзнікае, калі вынік сціскаюць да «жывой клеткі», «самадастатковай клеткі» або «жыцця з нуля». Выправіць такое празмернае прачытанне загалоўкаў — не тое самае, што знізіць ацэнку працы за сцвярджэнні, якіх яна не робіць.

Мова рукапісу стрыманая. Ён называе працу крокам да мінімальнага набору кампанентаў, патрэбных для жыцця, магчымым «шасі» для будучых сістэм, «асновай для цалкам штучных арганізмаў» — і змякчае буйныя прымяненні словамі накшталт *ultimately* і *may*. Наадварот, прэс-рэліз University of Minnesota пачынаецца з «першай у свеце сінтэтычнай клеткі з поўным жыццёвым цыклам», якая «можа рэвалюцыянізаваць» біялогію, апісвае клетку як пабудаваную з нежывых кампанентаў і пералічвае прымяненні ў медыцыне, матэрыялах і прамысловасці. Агаворкі там ёсць — але яны з'яўляюцца пасля рамкі «прарыву», калі ўжо не могуць нармальна спрацаваць як тормаз.

Для гэтага не трэба меркаваць нядобрасумленнасць. Публікацыя вынікаў да рэцэнзавання можа быць легітымным, нават шчодрым рашэннем: іншыя лабараторыі раней атрымліваюць магчымасць праверыць метады і паспрабаваць узнавіць працу — менавіта такую прычыну называюць аўтары. Адмова прэстыжнага часопіса не азначае, што праца слабая: амбіцыйныя вынікі з высокай рызыкай будучага адклікання сапраўды цяжка размяшчаць, а страх, што нехта апярэдзіць, рэальны. Гэтыя ціскі чалавечыя і зразумелыя.

Але менавіта таму, што камунікацыя была такой гучнай і з'явілася *да* рэцэнзавання, абавязак быць дакладнымі ўзрастае, а не змяншаецца. Парадак — уся сутнасць. Прэс-рэліз спачатку выбірае максімальна моцнае прачытанне, а межы дадае пазней. Дакладны пераказ робіць наадварот: спачатку заяўляе доказы і іх статус, толькі потым — амбіцыю. Звычку «спачатку доказы і статус, потым амбіцыі» чытач можа перанесці на наступны «прарыў», а не толькі на гэты.

# Коратка

Каманда University of Minnesota паведамляе пра цалкам вызначаную сінтэтычную клетку: тлушчавую кроплю з геномам прыкладна ў 90 000 асноў і ачышчанай сістэмай сінтэзу бялку, якая харчуецца шляхам зліцця з кроплямі-пастаўшчыкамі, капіруе ДНК, расце і дзеліцца на працягу пяці пакаленняў. Яны паказваюць, што ўнесеная даследчыкамі карысная генетычная змена распаўсюджваецца па папуляцыі праз адбор, а і харчаванне, і дзяленне могуць запускацца ўласнымі генамі клеткі. Кампаненты — ачышчаныя біялагічныя часткі, сабраныя ў вызначаную сістэму, а не хімія, створаная з нуля; клетка не можа рабіць уласныя рыбасомы або падтрымліваць уласны метабалізм; руціннае пяціцыклавое дзяленне механічнае, тады як кіраванае генамі мае меншы выхад і патрабуе вонкавай дапамогі; карысную мутацыю ўнеслі, а не атрымалі спантанна; спадчыннасць поўнага геному недасканалая. Праца з'яўляецца прэпрынтам і яшчэ не прайшла рэцэнзаванне.

# Праверка без прыкрас

**Што паказвае артыкул:** Вызначаную сінтэтычную кроплю, якая харчуецца праз генетычна закадаванае зліццё з кроплямі-пастаўшчыкамі, рэплікуе геном ~90 kbp, расце і дзеліцца на працягу пяці пакаленняў; асобную дэманстрацыю кіраванага генамі дзялення; і адбор унесенай карыснай мутацыі, уключаючы канкурэнцыю пры дэфіцыце рэсурсаў.

**Што застаецца папярэднім да рэцэнзавання:** Дакладная колькасць пакаленняў, выхад дзялення і доля клетак, якія захоўваюць поўны геном; надзейнасць і ўзнаўляльнасць поўнага цыклу ў іншых лабараторыях.

**Чаго яна не паказвае:** Клеткі, пабудаванай з нежывой хіміі; самадастатковага арганізма; спантанных мутацый або адкрытай дарвінаўскай эвалюцыі; надзейнай спадчыннасці геному; клетачна-кіраванага дзялення як стандартнага механізму; гатоўнасці медыцынскіх, матэрыялазнаўчых або прамысловых прымяненняў, названых у прэс-матэрыялах.

**Галоўныя абмежаванні:** Рэцэнзавання пакуль няма; метабалічнай незалежнасці няма — рыбасомы і ферменты пастаўляюцца; галоўны цыкл выкарыстоўвае механічнае дзяленне; кіраванае генамі дзяленне менш прадуктыўнае і патрабуе дададзеных кампанентаў; спадчыннасць геному недасканалая.

**Якой упэўненасці заслугоўвае выснова для звычайнага чытача?** Даволі высокай адносна цэнтральнага інжынернага выніку: аўтары запусцілі аперацыйныя этапы клетачнага цыклу разам унутры вызначанай сінтэтычнай кроплі, хоць праца яшчэ чакае рэцэнзавання. Сярэдняй або нізкай адносна дакладных лікаў пакаленняў, выхаду дзялення і спадчыннасці да рэцэнзавання і незалежнай рэплікацыі. Артыкул не сцвярджае, што сістэма жывая, самадастатковая або самастойна эвалюцыянуе;

гэта межы яго ахопу, а не слабыя вынікі. Правільная пазіцыя: уражлівы крок у канструяванні клетак з вядомых частак, а не стварэнне жыцця.

**Абнаўленні пасля публікацыі**

- **Удакладненне · 2026-07-23**

  Удакладнена рамка ўпэўненасці: жывыя, самадастатковыя і самастойна эвалюцыянуючыя клеткі ляжаць па-за межамі сцвярджэнняў артыкула, а не з'яўляюцца высновамі з нізкай упэўненасцю. Ацэнка цэнтральнага інжынернага выніку не змянілася.

## Крыніцы

Gaut, Deich, Cash, Hoog, Engelhart & Adamala — 'A Chemically Defined Synthetic Cell Capable Of Growth And Replication', author-hosted preprint (not peer-reviewed), 2026
https://biotic.org

Science — news coverage of the synthetic-cell preprint (2026)
https://doi.org/10.1126/science.zwa8dvz

University of Minnesota — press release
https://twin-cities.umn.edu/news-events/worlds-first-synthetic-cell-complete-life-cycle-could-revolu