

УДК:661.888.1:577.15:612.34:612.73/.74:599.323.4:612.63

## ДІЯ ЦИТРАТУ ВАНАДІЮ НА АКТИВНІСТЬ ЕНЗИМІВ ВУГЛЕВОДНОГО ОБМІНУ В ПІДШЛУНКОВІЙ ЗАЛОЗІ ТА СКЕЛЕТНОМУ М'ЯЗІ СТЕГНА ВАГІТНИХ САМОК ЩУРІВ

**Г. В. КЛИМЕЦЬ**, молодший науковий співробітник  
лабораторії біохімії адаптації та онтогенезу тварин  
<https://orcid.org/0000-0003-2343-762X>

**Інститут біології тварин НААН**  
E-mail: klimets.halyna@gmail.com

<https://doi.org/10.31548/bio2019.04.004>

У період вагітності організм зазнає фізіологічних, ендокринних та метаболічних змін, спостерігається дисбаланс мікроелементів, зокрема Ванадію. Для компенсації втрат цього мікроелементу та покращення метаболічних процесів у вагітних ми використовували органічну сполуку – цитрат ванадію. Метою нашого дослідження було вивчити вплив цитрату ванадію на глюкозо-6-фосфатдегідрогеназну та лактатдегідрогеназну активність у підшлунковій залозі та скелетному м'язі вагітних самок щурів.

Дослідження проведені на самках білих лабораторних щурів, масою тіла 140-160 г, які були розділені на п'ять груп: I група – невагітні тварини, II – вагітні самки, які споживали чисту воду без добавок, щури III, IV, V груп – у період спаровування і вагітності отримували розчин цитрату ванадію у концентраціях, відповідно 3,75, 15,62 та 62,5 мкг V/кг маси тіла. Матеріалом для досліджень були гомогенати підшлункової залози та скелетного м'язу стегна вагітних самок щурів, у яких визначали глюкозо-6-фосфатдегідрогеназну та лактатдегідрогеназну активність.

У підшлунковій залозі та скелетному м'язі вагітних самок щурів знижувалась глюкозо-6-фосфатдегідрогеназна активність, порівняно із невагітними. Це є наслідком пригнічення окиснення глюкози у пентозофосфатному шляху. Лактатдегідрогеназна активність у цих же тканинах у вагітних тварин зростала, порівняно із I групою. Зростання активності лактатдегідрогенази у вагітних вказує на активацію гліколізу та інтенсивне використання глюкози в енергетичному метаболізмі. За умов вигоювання щурам цитрату ванадію у підшлунковій залозі глюкозо-6-фосфатдегідрогеназна активність вірогідно зростала у IV групі, тоді як лактатдегідрогеназна активність знижувалась – у V-й групі, порівняно з вагітними тваринами II групи, які не вживали Ванадію. У м'язах вагітних тварин, яким вигоювали Ванадій, глюкозо-6-фосфатдегідрогеназна активність вірогідно знижувалась у III та IV групах, проте зростала у V групі, тоді як лактатдегідрогеназна активність знижувалась у III групі та зростала у V-й, порівняно із вагітними тваринами у II групі.

Ванадій дозозалежно сприяє наближенню глюкозо-6-фосфатдегідрогеназної та лактатдегідрогеназної активності у підшлунковій залозі та скелетних м'язах вагітних тварин до значень їх активності у невагітних тварин. Він зумовлює нормалізуючий вплив на лактатдегідрогеназну активність та сприяє окисненню глюкози у пентозофосфатному шляху. Це дозволяє розглядати цей мікроелемент як потенційний дієтич-

**ний препарат для вагітних. Перспективами подальших досліджень є вивчення гематологічних та біохімічних показників, протеїнового обміну у щурів при різних фізіологічних та патологічних станах за дії цитрату ванадію у різних концентраціях.**

**Ключові слова:** вагітність, вуглеводний обмін, цитрат ванадію, підшлункова залоза, м'язи, щури

**Актуальність.** Вагітність призводить до значних змін у синтезі гормонів, їхньому вивільненні й дії, що впливає на всі функції та процеси в організмі, включаючи вуглеводний обмін. Такі всеохоплюючі зміни в гормональному статусі материнського організму підтримують оптимальне середовище для росту й розвитку плода [Levin G., Rottenstreich A., 2018]. Проте часто такі зміни призводять до порушення мінерального та електролітного балансу, який дуже важливий для підтримання гомеостазу в організмі вагітних [Amabebe E., Robert F.O., Obika L.F.O., 2017]. У цей період організм втрачає життєво важливі мікроелементи. Для компенсації таких втрат, уникнення дисбалансу та нормалізації вуглеводного обміну вагітних необхідні допоміжні дієтичні препарати.

З літературних даних відомо, що вагітність індукує внутрішньом'язові перетворення та реорганізацію м'язового волокна [Vesentini G. et al., 2018]. Спостерігається збільшення площі повільних волокон у вагітних тварин, порівняно з невагітними. В організмі вагітних щурів м'язовий тонус знижується і зростає судинний опір порівняно із невагітними таке зниження напруженості є наслідком зростання утворення лактату в організмі вагітних самок [Virgen-Ortiz A., Muniz J., Apolarin-Irube A., 2014].

У материнському організмі  $\beta$ -клітини підшлункової залози зазнають компенсаторних змін, відбувається гіпертрофія, гіперплазія та підвищена секреція інсуліну, стимульована глюкозою. Підвищена проліферація  $\beta$ -клітин за таких обставин зумовлює зростання маси цих клітин, тим самим забезпечуючи вироблення необхідної кількості інсуліну для регулювання гомеостазу глюкози в крові під час фізіологічного стресу [Shah S.Z.H., Naveed A.K., Rashid A., 2016].

Відомо, що Ванадій є есенціальним мікроелементом, який відіграє важливу роль у метаболізмі вуглеводів, нормалізує рівень глюкози, має значний вплив на метаболізм в цілому [Tsavre O. et al., 2018]. Споживання Ванадію збільшує вагу тіла, сприяє росту скелету та м'язової маси [Williams M.H., 2005]. Ванадій у комплексі як з органічними, так і неорганічними лігандами захищає  $\beta$ -клітини підшлункової залози від наслідків гіпер- та гіпоглікемії, яка може виникати у вагітних. Для підвищення ефективності та нівелювання токсичності цього мікроелементу досліджують метало-органічні комплекси, зокрема сполуку цитрат ванадію [Tesmar A. et al., 2017]. Однак дані про дію цитрату ванадію на вуглеводний обмін у вагітних самок є обмеженими.

Тому метою нашої роботи було дослідити вплив цитрату ванадію на глюкозо-6-фосфатдегідрогеназу (Г-6-ФДГ) та лактатдегідрогеназу (ЛДГ) активність у підшлунковій залозі та скелетних м'язах вагітних самок щурів.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослідження проведені на 25 самках білих лабораторних щурів *Rattus norvegicus* лінії Wistar, масою тіла 140-160 г, які були розділені на п'ять груп: I група – невагітні тварини, II – вагітні самки, які споживали чисту воду без добавок, щури III, IV, V груп – у період спаровування і вагітності отримували розчин цитрату ванадію в концентраціях, відповідно 3,75, 15,62 та 62,5 мкг V/кг. Самки утримувались в умовах віварію на стандартному раціоні для лабораторних тварин. Споживання води (в I та II групах) та розчину цитрату ванадію (в III, IV і V групах) здійснювали в розрахунок 20 мл на одну тварину. Тварин дека-

пітували, використовуючи тіопенталовий наркоз. Матеріалом для досліджень були гомогенати підшлункової залози та скелетного м'язу стегна вагітних самок щурів, у яких визначали активність Г-6-ФДГ та ЛДГ [Vlizlo V.V., Fedoruk R.S., Makar I.A. 2012]. 10 % гомогенат тканин підшлункової залози та стегового м'язу готували у буфері трис-НСІ (рН7,4;5мМ), використовуючи гомогенізатор (*Homogenizer type 302*). Активність Г-6-ФДГ та ЛДГ визначали спектрофотометричним методом, що базується на окисненні-відновленні спряжених нікотинамідних коензимів. Для досліджень використовували реактиви фірми "Sigma", США. Статистичне обґрунтування результатів досліджень здійснювали, використовуючи комп'ютерні програми "Statistika" та "Excel". Аналіз середніх величин здійснювали за критерієм Стюдента. Усі маніпуляції з тваринами виконували з дотриманням принципів біоетики у відповідності з положенням Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, яких використовують в експериментальних та інших наукових цілях (Страсбург, 1986 р.), Директивами Ради Європи 86/609/ЕЕС (1986 р.), Закони України № 3447-IV «Про захист тварин від жорстокого поводження, загальних етичних принципів експериментів на тваринах, ухвалених Першим Національним конгресом України з біоетики (2001 р.). Протокол засідання комітету з біоетики Інституту біології тварин №74 від 16 жовтня 2018 року.

**Результати досліджень та їх обговорення.** У результаті наших досліджень встановлено, що Г-6-ФДГ-на активність у підшлунковій залозі та скелетному м'язі вагітних самок II групи знижувалась відповідно на 7,81 та 31 %, порівняно з невагітними самками у I групі (рис. 1,3). Таке зниження Г-6-ФДГ-ної активності у тканині підшлункової залози та скелетних м'язах є

наслідком пригнічення окиснення глюкози у пентозофосфатному шляху, можливо зумовлене порушенням балансу NADPH/NADP<sup>+</sup>. Також зниження Г-6-ФДГ-ної активності у вагітних ймовірно зумо

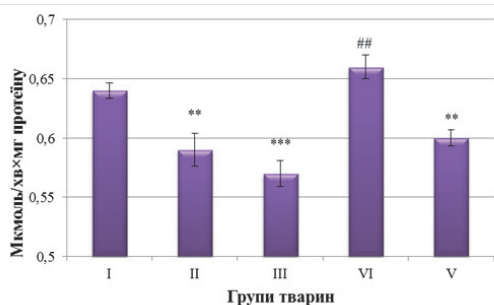
Тоді як ЛДГ-на активність у підшлунковій залозі та скелетних м'язах зростала відповідно на 56,6 та 13,0 % порівняно з невагітними у I групі (рис.2, 4). Зростання ЛДГ активності у вагітних щурів вказує на активацію гліколізу та інтенсивне використання глюкози в енергетичному метаболізмі.

За нормального розвитку вагітності активність ізоензимів Н-ЛДГ та М-ЛДГ мають тенденцію до зростання. Водночас висока активність ЛДГ є важливим біохімічним маркером, який вказує на розвиток будь-яких ускладнень у материнському організмі, зокрема прееклампсію та еклампсію, відшарування плаценти, зміну функції нирок та ін. [Umasatyasri Y., Vani I., Shamita P., 2015].

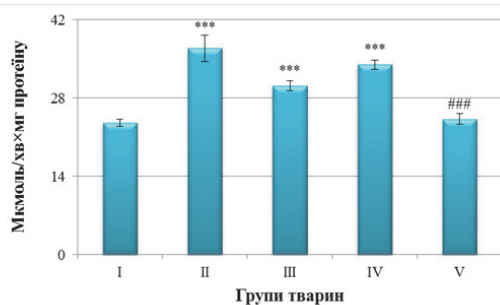
За випоювання цитрату ванадію Г-6-ФДГ активність у підшлунковій залозі тварин IV групи вірогідно зростала на 12 %, тоді як активність ЛДГ у вагітних щурів V групи знижувалась на 34 % порівняно з показниками у вагітних самок II групи. Це вказує на здатність органічної сполуки цитрату ванадію захищати острівці підшлункової залози від метаболічних змін, які супроводжують вагітність.

У скелетних м'язах за дії цитрату ванадію Г-6-ФДГ активність знижувалась у тварин III та IV груп відповідно на 39 та 13 %, проте, зростала у V групі – на 11 % порівняно з вагітними самками II групи. ЛДГ-на активність у м'язах вагітних щурів III групи знижувалась на 16 %, а в V групі дещо зростала (на 6 %) порівняно з II групою тварин.

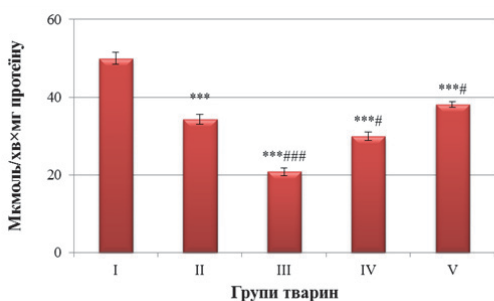
Дослідження інших авторів вказують, що сполуки ванадію мають регуляторну дію на вуглеводний обмін безпосередньою дією на обмін глюкози [Zarqami A., et al., 2017]. Ванадій стимулює поглинання глюкози



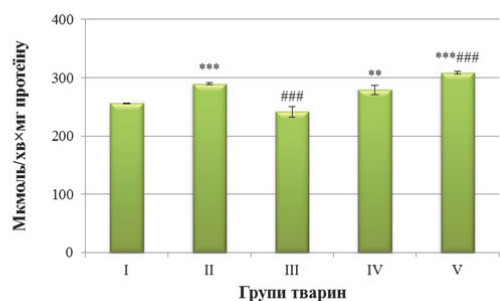
**Рис.1. Активність Г-6-ФДГ у підшлунковій залозі вагітних самок щурів**



**Рис.2. Активність ЛДГ у підшлунковій залозі вагітних самок щурів**



**Рис.3. Активність Г-6-ФДГ у скелетних м'язах вагітних самок щурів**



**Рис.4. Активність ЛДГ у скелетних м'язах вагітних самок щурів**

$M \pm m$ ;  $n = 5$ . Різницї статистично вірогідні: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$  у тварин дослідних груп порівняно до I групи; #  $p < 0,05$ ; ##  $p < 0,01$ ; ###  $p < 0,001$  різницї статистично вірогідні порівняно до II дослідної групи вагітних тварин.

незалежно від змін активності інсулінового рецептора тирозинкінази (IRTK). Він активує каталіз глюкозо-6-фосфатдегідрогеназою окиснення глюкози в пентозофосфатному шляху за участі  $NADP^+$  й утворює глюкозо-6-ванадат – аналог ензиматичного фізіологічного субстрату глюкозо-6-фосфату [García-Vicente S. et al., 2007].

Ванадій зумовлює нормалізуючий вплив на ЛДГ-ну активність [Yilmaz-Ozden, T., 2014]. Зокрема відомо, що Ванадат є потужним інгібітором багатьох ензимів, ймовірно завдяки його здатності діяти як аналог форми перехідного стану та здатності утворювати ензиматичні комплекси, що імітують перехідні стани каталізованого ензимами гідролізу фосфорного ефіру [Irving E., 2017].

Отже, у підшлунковій залозі і стегновому м'язі вагітних самок щурів спостерігали зниження активності Г-6-ФДГ та зростання активності ЛДГ.

За дії цитрату ванадію у скелетних м'язах вагітних самок щурів нормалізується активність ензимів ПФШ та гліколізу, що може бути зумовлено метаболічними особливостями дії Ванадію.

**Висновки та перспективи.** У підшлунковій залозі та скелетному м'язі стегна вагітних самок щурів знижувалась Г-6-ФДГ-на активність, що призводить до пригнічення окиснення глюкози у пентозофосфатному шляху. Тоді як ЛДГ-на активність у цих двох тканинах зростала. Зростання ЛДГ-ної активності у вагітних щурів вказує на активацію гліколізу та

інтенсивне використання глюкози в енергетичному метаболізмі.

За дії цитрату ванадію у концентрації 15,62 мкг V/кг маси тіла Г-6-ФДГ-на активність у підшлунковій залозі вагітних тварин вірогідно зростала, проте за концентрації 62,5 мкг V/кг маси тіла ЛДГ-на активність у вагітних щурів знижувалась, порівняно з вагітними самками, яким не випоювали цитрат ванадію.

У скелетних м'язах цитрат ванадію спричиняв зниження Г-6-ФДГ-ної активності у вагітних, які вживали цитрат ванадію у концентраціях 3,75-15,62 мкг V/кг маси тіла, проте, зростання спостерігалось за концентрації 62,5 мкг V/кг маси тіла, порівняно з

вагітними самками, які пили чисту воду. ЛДГ-на активність у м'язах вагітних щурів, які вживали цитрат ванадію у концентрації 3,75 мкг V/кг маси тіла знижувалась, однак у концентрації 62,5 мкг V/кг маси тіла дещо зростала порівняно з вагітними тваринами, які не вживали цитрат ванадію.

Тому цитрат ванадію можна розглядати як потенційний дієтичний препарат для запобігання ускладнень вуглеводного метаболізму у вагітних. Перспективами подальших досліджень є вивчення гематологічних та біохімічних показників, протеїнового обміну у щурів при різних фізіологічних та патологічних станах за дії цитрату ванадію у різних концентраціях.

## References

1. Levin, G., Rottenstreich, A. (2018). Prolactin, prolactin disorders, and dopamine agonists during pregnancy. Hellenic Endocrine Society.
2. Amabebe, E., Robert, F.O., Obika, L.F.O. (2017). Osmoregulatory adaptations during lactation: Thirst, arginine vasopressin and plasma osmolality responses. *Niger. J. Physiol. Sci.*, 32(2), 109–116.
3. Vesentini, G., Marini, G., Piculo, F., Damasceno, D.C., Matheus, S.M.M., Felisbino, S.L., Calderon, I.M.P., Hijaz, A., Barbosa, A.M.P., Rudge, M.V.C. (2018). Morphological changes in rat rectus abdominis muscle induced by diabetes and pregnancy. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, 51(4), e7035.
4. Virgen-Ortiz, A., Muniz, J., Apolinar-Irbe, A. (2014). Differential effects of pregnancy on contractile behavior of rat fast and slow skeletal muscles. *Bratisl. Lek. Listy*, 115 (7), 389–394.
5. Shah, S.Z.H., Naveed, A.K., Rashid, A. (2016). Effects of oral vanadium on glycaemic and lipid profile in rats. *J. Pak. Med. Assoc.*, 66 (12), 1592–1596.
6. Tsave, O., Yavropoulou, M.P., Kafantari, M., Gabriel, C., Yovos, J.G., Salifoglou, A. (2018). Comparative assessment of metal-specific adipogenic activity in zinc and vanadium citrates through associated gene expression. *J. Inorg. Biochem.*, 186: 217–227.
7. Williams, M.H. (2005). Dietary supplements and sports performance: Minerals. *J Int Soc Sports Nutr.*, 2(1), 43–49.
8. Tesmar, A., Wyrzykowski, D., Kruszyn'ski, R., Niska, K., Inkielewicz-Stepniak, I., Drzezdzon, J., Jacewicz, D., Chmurzyn'ski, L. (2017). Characterization and cytotoxic effect of aqua-(2,20,200-nitilotriacetato)-oxovanadium salts on human osteosarcoma cells. *Biomaterials*, 30, 261–275.
9. Vlizlo, V.V., Fedoruk, R.S., Makar, I.A. (2012). Laboratory methods of research in biology, animal husbandry and veterinary medicine. Lviv: Navy, 764. (in Ukrainian)
10. Pal, D., Mazumder, U.K., Gupta, M. (2012). Fractionation of stigmasterol derivative and study of the effects of Celsia coromandelina aerial parts petroleum ether extract on appearance of puberty and ovarian steroidogenesis in immature mice. *Pharm. Biol.*, 50(6), 747–753.
11. Umasatya, Y., Vani, I., Shamita, P. (2015). Role of LDH (Lactate dehydrogenase) in preeclampsia marker: An observational study. *IAIM*, 2(9), 88–93.
12. Zarqami, A., Ganjkhani, M., Zali, A., Rezayazdi, K., Jolazadeh, A.R. (2017). Effects of vanadium supplementation on performance, some plasma metabolites and glucose metabolism in Mahabadi goatkids. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 1–6.
13. García-Vicente, S., Yraola, F., Martí, L., González-Muñoz, E., GarcíaBarrado, M.J., Cantó, C., Abella, A., Bour, S., Artuch, R., Sierra, C., Brandi, N., Carpené, C., Moratino, J., Camps, M., Palacín, M.,



- Testar, X., Gumà, A., Albericio, F., Royo, M., Mian, A., Zorzano, A. (2007). Oral insulin-mimetic compounds that act independently of insulin. *Diabetes*, 56, 486–493. [PMID: 17259395 DOI: 10.2337/db06-0269]
14. Yilmaz-Ozden, T., Kurt-Sirin, O., Tunali, S., Akev, N., Can, A., Yanardag, R. (2014). Ameliorative effect of Vanadium on oxidative stress in stomach tissue of diabetic rats. *Bosn. J. Basic. Med. Sci.*, 14(2), 105–109.
15. Irving, E., Stoker, A.W. (2017). Vanadium compounds as PTP Inhibitors. *Molecules*, 22(2269), 1–19.

## SUMMARY

**H. V. Klymets.** *The effect of vanadium citrate on the activity of carbohydrate metabolism enzymes in pancreas and thigh skeletal muscle of pregnant female rats. Biological Resources and Nature Management. 2019. 11, №5–6. P.32–38. <https://doi.org/10.31548/bio2019.04.004>*

**Abstract.** During pregnancy, the body undergoes physiological, endocrine and metabolic changes. There is an imbalance of trace elements, including vanadium. To compensate for the loss of this trace element and to improve metabolic processes in pregnant women an organic compound - vanadium citrate was used. The aim of our research was to investigate the effect of vanadium citrate on glucose-6-phosphate dehydrogenase and lactate dehydrogenase activity in pancreas and the skeletal muscle in pregnant female rats.

The research was conducted on female white laboratory rats weighing 140-160 g, which were divided into five groups: group I - non-pregnant animals, group II - pregnant females consuming pure water without additives, rats of groups III, IV, V in the period of mating and pregnancy received the solution of vanadium citrate in concentrations of 3,75, 15,625 and 62,5 mg/kg body weight, respectively. The material for the study included homogenates of pancreas and the skeletal muscle of the thigh of pregnant female rats, in which glucose-6-phosphate dehydrogenase and lactate dehydrogenase activity was determined.

Glucose-6-phosphate dehydrogenase activity in pancreas and skeletal muscle of pregnant female rats reduced as compared to non-pregnant rats. This is due to the inhibition of glucose oxidation in the pentose phosphate pathway. Lactate dehydrogenase activity in these tissues in pregnant animals increased as compared to group I. The increase in the activity of lactate dehydrogenase in

pregnant females indicates the activation of glycolysis and the intensive use of glucose in the energy metabolism.

Under the conditions of exposure of rats to vanadium citrate, glucose-6-phosphate dehydrogenase activity in pancreas increased significantly in group IV, while lactate dehydrogenase activity decreased in group V as compared to pregnant animals of group II which did not consume vanadium. In the muscles of pregnant animals exposed to vanadium, glucose-6-phosphate dehydrogenase activity significantly reduced in groups III and IV, but increased in group V, whereas lactate dehydrogenase activity decreased in group III and increased in group V as compared to pregnant animals in group II.

Vanadium contributes dose-dependently to the approximation of glucose-6-phosphate dehydrogenase and lactate dehydrogenase activity in pancreas and skeletal muscle of pregnant animals to the values of their activity in non-pregnant animals. It causes a normalizing effect on lactate dehydrogenase activity and promotes oxidation of glucose in the pentose phosphate pathway. This allows us to consider this trace element as a potential dietary supplement for pregnant women. Prospects for further studies include the study of hematological and biochemical parameters, protein metabolism in rats in different physiological and pathological conditions under the action of vanadium citrate at different concentrations.

**Keywords:** pregnancy, carbohydrate metabolism, vanadium citrate, pancreas, muscles

## АННОТАЦІЯ

**Г. В. Климець.** *Действие цитрата ванадия на активность энзимов углеводного обмена в поджелудочной железе и скелетной мышце бедра беременных самок крыс. Биоресурсы и природопользование. 2019. 11, №5–6. С.32–38. <https://doi.org/10.31548/bio2019.04.004>*

**Аннотация.** В период беременности организм проходит через физиологические, эндокринные и метаболические изменения, наблюдается дисбаланс микроэлементов, в частности Ванадия. Для компенсации потерь этого микроэлемента и улучшение

нию метаболических процессов у беременных мы использовали органическое соединение – цитрат ванадия. Целью нашего исследования было изучить влияние цитрата ванадия на глюкозо-6-фосфатдегидрогеназную и лактатдегидрогеназную актив-

ность в поджелудочной железе и скелетной мышце беременных самок крыс.

Исследования проведены на самках белых лабораторных крыс, массой тела 140-160 г, которые были разделены на пять групп: I группа – небеременные животные, II – беременные самки, которые потребляли чистую воду без добавок, крысы III, IV, V групп – в период спаривания и беременности получали раствор цитрата ванадия в концентрациях, соответственно 3,75, 15,62 и 62,5 мкг V/кг массы тела. Материалом для исследований были гомогенаты поджелудочной железы и скелетной мышцы бедра беременных самок крыс, у которых определяли глюкозо-6-фосфатдегидрогеназную и лактатдегидрогеназную активность.

В поджелудочной железе и скелетной мышце беременных самок крыс снижалась глюкозо-6-фосфатдегидрогеназная активность по сравнению с небеременными. Это является следствием угнетения окисления глюкозы по пентозофосфатному пути. Лактатдегидрогеназная активность в этих же тканях у беременных животных возрастала по сравнению с I группой. Рост активности лактатдегидрогеназы у беременных указывает на активацию гликолиза и интенсивное использование глюкозы в энергетическом метаболизме. В условиях вытопки крысам цитрата ванадия в поджелудочной железе глюкозо-6-фосфатдегидрогеназная активность достоверно возрастала в IV группе,

тогда как лактатдегидрогеназная активность снижалась в V-й группе по сравнению с беременными животными II группы, которые не употребляли Ванадий. В мышцах беременных животных, которым выпаивали Ванадий, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназная активность достоверно снижалась в III и IV группах, однако росла в V группе, тогда как лактатдегидрогеназная активность снижалась в III группе и росла в V по сравнению с беременными животными во II группе.

Ванадий дозозависимо способствует приближению глюкозо-6-фосфатдегидрогеназной и лактатдегидрогеназной активности в поджелудочной железе и скелетных мышцах беременных животных до значений их активности у небеременных животных. Он оказывает нормализующее влияние на лактатдегидрогеназную активность и способствует окислению глюкозы по пентозофосфатному пути. Это позволяет рассматривать этот микроэлемент как потенциальный диетический препарат для беременных. Перспективами дальнейших исследований является изучение гематологических и биохимических показателей, протеинового обмена у крыс при различных физиологических и патологических состояниях при действии цитрата ванадия в различных концентрациях.

**Ключевые слова:** беременность, углеводный обмен, цитрат ванадия, поджелудочная железа, мышцы, крысы