

DOI: 10.46340/ephd.2021.8.1.12

**Hanna Soldatova**ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2259-2046>*Dobrov Institute for Scientific and Technological Potential and Science History Studies of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine***ECOLOGICAL AND PHYTOPHYSIOLOGICAL  
SCIENTIFIC SCHOOL OF YEVHEN P. VOTCHAL  
(1864-1937)****Ганна Солдатова***ДУ «Інститут досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім.  
Г.М. Доброва НАН України», м. Київ, Україна***ЕКОЛОГО-ФІТОФІЗІОЛОГІЧНА НАУКОВА ШКОЛА  
Є.П. ВОТЧАЛА (1864-1937)**

The article is devoted to the history of the creating scientific school of the outstanding botanist and plant physiologist Academician Yevgen P. Votchal (1864–1937). The methodological basis of the publication was formed by general scientific, interdisciplinary and special-historical research methods: analysis, synthesis, classification, typology, problem-chronological, comparative-historical, as well as historiographic and source analysis. In the context of the formation of the Ukrainian school of phytophysiologists, the main stages of the biography are highlighted; the results of scientific, organizational and pedagogical activities of Y.P. Votchal and representatives of his scientific school are shown. The first works of ecological and physiological direction in Ukraine, carried out in the botanical laboratory of the Kyiv Polytechnic Institute, are analyzed. The number of fundamental, theoretical and applied problems, elaborated by representatives of Votchal's scientific school, is outlined. Among them: drought resistance of agricultural crops, ecological and physiological research of photosynthesis, features of plants field physiology, studying sugar beet physiology. As a result of the search, the role of Y.P. Votchal and his students in the creation of a new ecological direction in plant physiology was determined. The sources of the research are monographs, articles, as well as reports of the Academy of Sciences of Ukraine and the Kyiv Polytechnic Institute. The relevance of the topic is determined by both the lack of a comprehensive study of the activities of Academician Y.P. Votchal, and the insufficient reflection in the literature of the scientist's scientific heritage, which had a significant impact on the development of various branches of botanical science, agriculture and industry in Ukraine.

**Keywords:** scientific school of plant physiologists, ecological and field physiology of plants, drought resistance, selection, physiology of sugar beet.

Наукова школа завжди була і є важливою формою організації наукової спільноти – цей феномен активно сприяє розвитку різних наукових напрямків та є осередком концентрації творчої енергії науковців. В літературних джерелах існує багато визначень поняття «наукова школа», адже така форма співробітництва вчених є багатозначною та має різні смислові відтінки. Цією тематикою цікавилось багато дослідників: наукознавців, фізиків, економістів, соціологів та представників інших наукових галузей. Вагомий внесок в дослідження закономірностей формування та розвитку наукових шкіл зробили такі вчені, як Г.М. Добров<sup>1</sup>, Д.Д. Зербіно<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Добров, Г. М. (1989). *Наука о науке*. Киев: Наукова думка, 304.

<sup>2</sup> Зербіно, Д. Д. (2001). *Наукова школа: лідери і учні*. Львів: Євросвіт, 208.

О.А. Копил<sup>1</sup>, Ю.О. Храмов<sup>2</sup> та багато інших.

Для досягнення мети даного дослідження – ідентифікації та аналізу діяльності наукової школи фізіологів рослин, створеної видатним ботаніком, академіком Євгеном Пилиповичем Вотчалом – доцільно використовувати універсальну модель наукової школи, розроблену відомим істориком науки, професором Юрієм Олексійовичем Храмовим в Інституті досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г. М. Доброва НАН України. В своїх роботах, присвячених історії виникнення та функціонування шкіл в науці, Ю.О. Храмов дає визначення «наукової школи», як «неформальної творчої спільноти дослідників різних поколінь високої наукової кваліфікації на чолі з науковим лідером у певному науковому напрямі, об'єднаних однаковими підходами до розв'язання проблеми, стилем роботи й мислення, оригінальністю й новизною ідей і методів реалізації дослідницької програми, яка одержала значні наукові результати, здобула авторитет і громадське визнання в даній галузі знання»<sup>3</sup>.

Для виникнення та функціонування такого колективного творчого об'єднання, як наукова школа, велике значення має особистість її лідера, вченого, що поєднує в собі талант дослідника і педагога. Тут можна ще раз процитувати Ю.А. Храмова: «Вчений, який повною мірою поєднує талант дослідника й вчителя, унікальний, бо його значення для науки від цього тільки зростає»<sup>4</sup>. Саме такою людиною є постать академіка ВУАН Євгена Пилиповича Вотчала (1864-1937), який був не лише видатним вченим – фітофізіологом, винахідником, розробником багатьох фундаментальних і прикладних напрямків в науці, сільському господарстві та промисловості, а й блискучим педагогом і талановитим організатором.

В сучасній історіографії досить часто згадується наукова школа українських фізіологів рослин Є.П. Вотчала, причому здебільшого в цих працях лише констатується факт її створення<sup>5</sup>. Аналіз джерел дозволив зробити висновок, що найбільш комплексними та змістовними є роботи спеціалістів відділу історії та соціології науки і техніки Інституту досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г. М. Доброва НАН України, керованого Ю. О. Храмовим, зокрема Г.Г. Костюк<sup>6</sup>, С.П. Рудой<sup>7</sup> та інших<sup>8</sup>. Саме тому сучасне дослідження спадщини видатного ботаніка Є.П. Вотчала є актуальним, адже з моменту цих публікацій минуло більше 30 років, впродовж яких відкрився доступ до нових документальних джерел, недоступних для істориків в радянські часи.

Наукова школа Євгена Пилиповича Вотчала почала зароджуватися в перші роки ХХ ст. в щойно створеній ботанічній лабораторії Київського політехнічного інституту, яка була на той час вже важливою дослідницькою установою. Інтенсифікація розвитку сільського господарства вимагала поглибленого дослідження біологічних основ стійкості культурних рослин до несприятливих природних та кліматичних факторів, в першу чергу до посухи. Одним з головних засобів боротьби з наслідками посухи стає створення на основі фізіологічного сортовивчення нових сортів сільськогосподарських культур. В цей період, коли увага більшості науковців була зосереджена

<sup>1</sup> Копил, О. А. (1998). *Історико-науковий аналіз формування і розвитку науково-конструкторської школи М. К. Янгеля* : дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата історичних наук. Київ: Центр досліджень науково-технічного потенціалу й історії науки ім. Г. М. Доброва НАН України, 167.

<sup>2</sup> Храмов, Ю. А. (1982). Школи в науке. *Вопросы истории естествознания и техники*, 3, 54-67; Храмов, Ю. А. (1986). Научный лидер и его характерные черты (на материалах истории физики). *Науковедение и информатика*, 27, 81-91; Храмов, Ю. А. (1987). *Научные школы в физике*. Киев: Наукова думка, 400; Храмов, Ю. А. (1988). Роль научных школ в перестройке советской науки. *Исторические традиции и опыт развития отечественной науки и техники: ЦИПИИ АН УССР*. Киев: Наукова думка, 3-5; Храмов, Ю. А. (1991). *История формирования и развития физических школ на Украине*. Киев: Феникс, 216; Храмов, Ю. О. (2001). Наукові школи: статус, умови виникнення та функціонування. *Наука та наукознавство*, 4, 10-12.

<sup>3</sup> Храмов, Ю. О. (2008). Наукові школи в НАН України. *Наука та наукознавство*, 4, 122-133.

<sup>4</sup> Там само, 123.

<sup>5</sup> Вергунов, В. А., Григорюк, І. П., Лютова, Т. І. (2005). Євген Пилипович Вотчал – засновник української школи фізіологів рослин і ботаніків. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*, 2, 171-178; Григорюк, І. П. (2014). Євген Пилипович Вотчал – засновник наукової школи фізіологів рослин і ботаніків. *Біоресурси і природокористування*, 6 (5-6), 197-202.

<sup>6</sup> Костюк, Г. Г. (1990). К истории становления украинской фитофизиологической школы Е.Ф. Вотчала. *Очерки истории естествознания и техники*, 38, 61-65.

<sup>7</sup> Рудая, С. П. (1984). Киевский политехнический институт. *Развитие биологии на Украине*. Киев: Наукова думка, 1, 136-140.

<sup>8</sup> Вотчал-Словачевська, В. Є., Костюк, Г. Г. (1991). *Євген Пилипович Вотчал*. Київ: Наукова думка, 148.

переважно на умовах мінерального живлення, в фізіології рослин почав створюватися новий, екологічний напрямок, який спирався на поглиблене вивчення впливу зовнішніх умов на хід фізіологічних процесів рослини. Є.П. Вотчал одним з перших почав розвивати цю прогресивну галузь – саме в її контексті Євген Пилипович знайшов власний науковий підхід до розв’язання проблеми посухостійкості; виховав чисельний колектив фахівців та скерував роботу своєї ботанічної лабораторії на дослідження фізіології самої рослини в природних умовах.

Етап становлення наукової школи фізіологів рослин Є.П. Вотчала пов’язаний з найбільш видатними її представниками – В’ячеславом Рафаїловичем Заленським (1875-1923) та Володимиром Володимировичем Колкуновим (1866-1937).

Закінчивши у 1897 р. Казанський університет, В.Р. Заленський з 1899 р. почав працювати під керівництвом Є.П. Вотчала асистентом в ботанічній лабораторії КПІ – саме цей, київський період життя вченого, що тривав до 1914 р., визначив напрям його подальшого творчого шляху. Вже в 1904 р. В.Р. Заленський виконав магістерську дисертацію, де зробив кількісний аналіз анатомії листків, локалізованих на різних ярусах однієї рослини. В результаті численних дослідів було встановлено закономірність, яка суперечила тогочасним уявленням провідних західноєвропейських вчених – розташовані на верхньому ярусі листки мають більш ксероморфну будову. Пізніше, у 1926 р. ця закономірність дістала назву закону Заленського. Окрім анатомічних відмінностей, на різних ярусах рослини В.Р. Заленський зафіксував зміни біохімічних ознак та фізіологічних процесів. Так, вперше було виявлено зростання осмотичного тиску в клітинах верхніх листків порівняно з нижніми (1911, 1918). Також варто зазначити, що у науковій школі Є.П. Вотчала велике значення надавалося кількісно-анатомічному методу, започаткованому В’ячеславом Рафаїловичем Заленським – ця методика набула широкого використання не лише у селекції, а й загалом у екологічній фізіології рослин<sup>1</sup>.

Інший учень Є.П. Вотчала, Володимир Володимирович Колкунов, вступив на сільськогосподарське відділення КПІ у 1899 р. Ще будучи студентом Євгена Пилиповича, він замислився над пошуком нових методів боротьби з посухами та виконав важливе анатомо-фізіологічне дослідження злаків різного ступеня посухостійкості, в результаті якого було виявлено, що ксерофільність культурних рослин, окрім економної транспірації, характеризується ще й високим рівнем асиміляції. В своїх роботах В.В. Колкунов вперше став використовувати числові вирази кількості та величини окремих анатомічних ознак рослини – анатомічні коефіцієнти. Спираючись на виявлений в процесі досліджень корелятивний зв’язок кількісних показників анатомічної будови листків, В.В. Колкунов сформулював анатомо-фізіологічну теорію посухостійкості (розмір клітин визначає ступінь ксерофільності рослини)<sup>2</sup>.

Таким чином, роботи, виконані в перші роки ХХ ст. в ботанічній лабораторії Київського політехнічного інституту професором Є.П. Вотчалом та його учнями В.Р. Заленським та В.В. Колкуновим, стали початковим етапом вирішення в фізіології рослин екологічних завдань та визначили напрямок серії подальших експериментальних досліджень.

Вже на початку 20-х рр. ХХ століття завершується етап формування наукової школи Євгена Пилиповича Вотчала, в цей же період в самостійну галузь виділяється екологічна фітофізіологія. 5 грудня 1921 р. Євгена Пилиповича Вотчала обирають дійсним членом Всеукраїнської академії наук (ВУАН) по кафедрі сільськогосподарських культур і лісових рослин ВУАН, яка згодом стає одним з найпотужніших українських наукових центрів. Вивчення фізіологічної природи посухостійкості важливих сільськогосподарських культур залишається одним із пріоритетних напрямків у роботі колективу наукової школи Є.П. Вотчала. Дослідниками вперше було з’ясовано різницю між ксерофільністю та посухостійкістю рослини, причому така стійкість розглядалася як сукупність фізіологічних властивостей, взаємопов’язаних з фотосинтезом, диханням і транспірацією. Саме представники школи Є.П. Вотчала (А.П. Бутовський, В.В. Колкунов,

<sup>1</sup> Вотчал-Словачевська, В. Є., Костюк, Г. Г. (1991). *Євген Пилипович Вотчал*. Київ: Наукова думка, 97.

<sup>2</sup> Бойко, М. М. (2018). Науково-дослідна, педагогічна та суспільна діяльність професора В.В. Колкунова (1866-1939) в Україні: дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата історичних наук. Переяслав-Хмельницький: ДВНЗ «Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет ім. Григорія Сковороди», 204; Колкунов, В. В. (1905). К вопросу о выработке выносливых к засухам культурных растений. *Известия киевского политехнического института*, 1, 5 (4), 18-31; Колкунов, В. В. (1907). К вопросу о выработке выносливых к засухам культурных растений. *Известия киевского политехнического института*, 2, 1 (7), 1-76.

Л.П. Максимчук, І.Д. Мина, А.С. Оканенко, О.О. Табенцький, А.Н. Чебанов, П.Є. Ярошевський та ін.) першими стали вирішувати проблеми врожайності сільськогосподарських культур в контексті вивчення єдиного комплексу різних фізіологічних процесів у рослині. У науковий обіг вперше було запроваджено поняття патологічного стану фізіологічних функцій: внаслідок порушення водного режиму спостерігається розлад фізіологічного балансу (депресія випаровування, зміна стану листка, депресія фотосинтезу)<sup>1</sup>. Є.П. Вотчал та В.В. Колкунов дали визначення посухостійкості рослин, у якому основним моментом стало поняття врожайності (так зване агрономічне визначення). Вчені дійшли висновку, що посухостійкість сорту зумовлюється його здатністю чинити опір асиміляційній депресії, протистояти порушенню збалансованості його фізіологічних процесів в умовах спеки та посухи. Роботи Є.П. Вотчала та його учнів, всупереч думці більшості фахівців, підтвердили важливу роль транспірації – вивчення цього процесу стало пріоритетним питанням у вирішенні проблеми посухостійкості<sup>2</sup>. Необхідно наголосити, що кінцева мета роботи Є.П. Вотчала та його наукової школи полягала, на думку самого вченого, у виробленні конкретних практичних пропозицій для селекціонерів; деякі теоретичні та практичні вказівки і зараз широко використовуються в селекційній роботі.

У науковій школі Є.П. Вотчала виховані провідні фахівці у галузі вивчення еколого-фізіологічних аспектів фотосинтезу. Роботи О.Г. Горбовського, Ф.І. Завгороднього, А.С. Оканенка, Х.М. Починка, О.О. Табенцького, І.М. Толмачова, О.М. Кекуха та інших стали першими в цьому науковому напрямку. У 1923 р. ними розпочато вивчення денного ходу інтенсивності фотосинтезу за умов, найбільш наближених до природних.

У 1924 р. вперше в країні була розроблена методика, яка давала змогу комплексно досліджувати питання фотосинтезу, водного режиму, теплового балансу, дихання за суворого обліку провідних геофізичних факторів. Вимірювання проводилися за допомогою складної стаціонарної газометричної установки. У 1926 р., після вдосконалення апаратури, експеримент було перенесено у поле. У тому ж, 1926 р., результати робіт були оприлюднені на Всесоюзному з'їзді ботаніків у Москві. Висновки, до яких дійшли дослідники, йшли врозріз із загальноприйнятими на той час в науці: жодного жорсткого правила щодо добового перебігу асиміляційних процесів і транспірації не існує. Навіть у межах коротких проміжків часу протягом дня в однієї рослини інтенсивний перебіг фотосинтезу неодноразово може змінюватися помітною його депресією. Це явище, яке назвали асиміляційною депресією, пізніше було підтверджено іншими вченими<sup>3</sup>.

Всебічне вивчення фотосинтезу призвело до подальшої деталізації та поглиблення аналізу цього явища. Проводилося спектрофотометричне визначення кількості хлорофілу в різних сортах цукрових буряків за різних умов (А.С. Оканенко, 1922; П.Є. Ярошевський, 1922; А.М. Братко, А.С. Оканенко, 1923), а також вплив його варіацій на інтенсивність фотосинтезу (А.С. Оканенко, І.М. Толмачов, О.М. Кекух, 1927), хід транспірації (Ф.І. Завгородній, А.С. Оканенко, 1927), водний баланс (А.П. Єрмоленко, І.Д. Мина, А.С. Оканенко, 1927). А.С. Оканенко встановив відсутність прямої залежності фотосинтезу від кількості хлорофілу в листках різних сортів цукрових буряків, на підставі чого було зроблено важливі для селекції висновки. Особливої уваги заслуговують пріоритетні роботи О.О. Табенцького з вивчення анатомії та фізіології зелених пластид в онтогенезі<sup>4</sup>.

Дослідження фізіології фотосинтезу знайшли подальший розвиток в колективах Київського та Білоцерківського сільськогосподарських інститутів, в яких продовжували свою роботу представники наукової школи Є.П. Вотчала. Вже в 1956 р. було створено відділ екології та фізіології фотосинтезу в Інституті фізіології рослин, яким керував учень Є.П. Вотчала, видатний науковець, член-кореспондент НАН України А.С. Оканенко<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Вотчал, Є. П. (1931). Теорія походження неврожаю в умовах посухи та зміни тургору і рухи листків як показники стану загального комплексного балансу динаміки фізіологічних процесів рослини. *Журнал біо-ботанічного циклу ВУАН*, 7-8, 207-209.

<sup>2</sup> Вотчал, Е. Ф. (1928). Полевая физиология (нормальная и патологическая) и физиологическое сортоизучение в селекции. *Труды Научного института селекции*, 2, 209-236.

<sup>3</sup> Вотчал, Е. Ф. (1926). О явлениях транспирации утомления. *Дневник Всесоюзного съезда ботаников в Москве в январе 1926 г.* Москва: МГУ, 47-49.

<sup>4</sup> Табенцкий, А. А. (1947). Структура хлорофиллового зерна как показатель жизнеспособности листа. *Известия АН СССР*, 5, 609-633.

<sup>5</sup> Григорюк, І. П. (2014). Аркадій Семенович Оканенко: життя і творчість. *Біоресурси і природокористування*, 6 (1-2), 188-194.

Ще одним напрямком роботи наукової школи Є.П. Вотчала стали різнобічні дослідження з анатомії важливих сільськогосподарських культур, які проводилися з урахуванням їхніх функціональних особливостей. В контексті розробки теорії виробничих властивостей цукрових буряків, окрім згаданих вище робіт з вивчення фізіологічної природи посухостійкості та фізіології фотосинтезу, досліджували цукристість культури та її анатомічну будову. Праці Є.П. Вотчала та його учнів – О.Г. Горбовського, О.О. Табенцького та інших – дозволили уточнити уявлення про будову кореня буряків, яке мали провідні фізіологи рослин на той час<sup>1</sup>. Окрім великої кількості робіт з вивчення анатомії диких і культурних форм цієї рослини, авторству Олександра Олександровича Табенцького належить унікальний ілюстрований «Атлас малюнків з анатомії та фізіології цукрового буряку» із пояснювальними написами німецькою, українською та російською мовами<sup>2</sup>.

Наукова школа Є.П. Вотчала займалася також вивченням кількісного співвідношення судинної системи стебла та листа хлібних злаків в різних фізіологічних станах (1923). Дослідження Ю.М. Гарбар показали відсутність листових слідів у стеблах злаків, О.О. Табенцький в ці роки завершив вивчення продихів по довжині листової пластинки хлібних злаків. З часом роботи в цьому напрямку було розширено – створили відділ з сортознавства та анатомії сільськогосподарських рослин (з 1925 р. ним керував О.О. Табенцький). Кафедра фізіології рослин Білоцерківського сільськогосподарського інституту, організована в 1934 р. за ініціативи Є.П. Вотчала, стала фактично центром цих досліджень.

У 1931-1933 рр. в Науковому інституті селекції було проведено серію робіт, які мали на меті фізіологічне обґрунтування зв'язку між анатомічною структурою цукрових буряків та їхньою цукристістю. Детально досліджували динаміку накопичення та переміщення цукрів протягом дня як за різних погодних умов, так і в процесі вегетації урожайних і цукристих сортів буряків різного віку, тобто вивчення накопичення цукру пов'язували з онто- і філогенезом цієї культури. Проводилися хімічні аналізи на загальний вміст цукрів (за методом, розробленим Х.М. Починком) та гістохімічне дослідження їхньої топографії. Причому одне з важливих досягнень Є.П. Вотчала полягало в тому, що він не лише вдосконалив мікрохімічний метод Земфта та Графе, але й розробив оригінальну методику, за якої цукри осідають у вигляді озонів саме у місцях їхньої локалізації<sup>3</sup>.

Для з'ясування функціонального значення листа та кореня у накопиченні цукру П.Є. Ярошевським (1931) та А.С. Оканенком (1930, 1939, 1957) було проведено щеплення кормових, столових та салатних буряків на цукрові та навпаки. Роботи у цьому напрямку набули широкого розмаху, оскільки відкривали великі можливості для створення нових сортів шляхом гібридизації з подальшим відбором<sup>4</sup>. За розробку теоретичних основ підвищення фотосинтетичної продуктивності та цукристості цукрових буряків А.С. Оканенку було присуджено державну премію СРСР. Окрім того, великий інтерес становлять оригінальні дослідження В.В. Колкунова, які виявили зв'язок між цукристістю та розміром клітин кореня і листа. Представниками наукової школи Є.П. Вотчала були вивчені також інтенсивність та динаміка інших важливих процесів, що протікають у цукровому буряку, – крохмалоутворення (Г.С. Чугаєва, П.А. Столбін, М.І. Орловський), зміна вмісту оксалату кальцію (О.О. Табенцький, Х.М. Починок, А.П. Лебедєв).

Таким чином, на підставі проведеного дослідження можна стверджувати, що наукова школа, створена Євгеном Пилиповичем Вотчалом в 20-ті роки ХХ ст., працюючи в новому, екологічному напрямку, мала видатні здобутки та сприяла розвитку фізіології рослин в Україні. Її представники, керовані Є.П. Вотчалом, успішно боролися з наслідками посухи, вивчаючи різні аспекти фізіологічної природи посухостійкості; проводили масштабні дослідження з фізіології фотосинтезу; їхні роботи

<sup>1</sup> Вотчал, Е. Ф. (1929). Окраска листьев, ее оценка на поле и количественное изучение в целях селекции. *Труды Всесоюзного съезда по генетике, селекции, семеноводству и племенному животноводству. Ленинград, 1*, 162-165; Вотчал, Е. П. (1935). Нові дані про будову та розвиток цукрового буряку: за даними робіт кафедри сільськогосподарських рослин. *Вісті Української академії наук*, 2/3, 59-60.

<sup>2</sup> Табенцький, А. А. (1922). *Атлас рисунков по анатомии и биологии сахарной свеклы. (Beta vulgaris l. var. Saccharifera). (Систематизированная сводка рисунков из работ различных авторов)*. Киев: Сахаротрест, 142.

<sup>3</sup> Вотчал, Е. Ф. (1939). Физиология производственных свойств свеклы (урожайность в условиях засухи, засухоустойчивость и устойчивость высоты урожая). *Научные записки по сахарной промышленности*, 3-4, 12-60; Вотчал, Е. П. (1933). Розподіл цукру в елементах різних тканин цукрових буряків. *Журнал біо-ботанічного циклу ВУАН*, 7-8, 209-210; Вотчал, Е. П. (1938). Теорія виробничих властивостей цукрових буряків. *Журнал Інституту ботаніки АН УРСР*, 16 (24), 3-35.

<sup>4</sup> Оканенко, А. С. (1954). *Фотосинтез и урожай*. Киев: АН УССР, 65.

в галузі фізіології цукрових буряків стали підставою для створення нових цукристих сортів цієї культури. У процесі розробки теорії посухостійкості було створено новий науковий напрямок – польову фізіологію сільськогосподарських культур. Згодом відбулася істотна та неминуха трансформація окремих наукових положень, які висувалися школою, деякі з них застаріли, проте чимала кількість зберегла своє значення і в наш час.

### References:

1. Boiko M.M. (2018). *Naukovo-doslidna, pedahohichna ta suspilna diialnist profesora V.V. Kolkunova (1866-1939) v Ukraini* [Research, pedagogical and social activities of Professor VV Kolkunov (1866-1939) in Ukraine]. Candidate's thesis, Pereyaslav-Khmelnytsky. [in Ukrainian].
2. Dobrov G.M. (1989). *Nauka o nauke* [Science about science]. Kiev: Naukova dumka. [in Russian].
3. Hramov Ju.A. (1982). *Shkoly v nauke* [Schools in Science]. *Voprosy istorii estestvoznaniya i tehniki*. [Questions of the history of natural science and technology], no. 3, 54-67. [in Russian].
4. Hramov Ju.A. (1986). *Nauchnyj lider i ego harakternye cherty (na materialah istorii fiziki)* [Scientific leader and his characteristic features (based on the history of physics)]. *Naukovedenie i informatika*. [Science and informatics], issue 27, 81-91. [in Russian].
5. Hramov Ju.A. (1987). *Nauchnye shkoly v fizike* [Scientific schools in physics]. Kiev: Naukova dumka. [in Russian].
6. Hramov Ju.A. (1988). *Rol' nauchnyh shkol v perestrojke sovetsoj nauki*. [The role of scientific schools in the restructuring of Soviet science]. *Istoricheskie tradicii i opyt razvitiya otechestvennoj nauki i tehniki: CIPIN AN USSR* [Historical traditions and experience in the development of domestic science and technology: the Center for the study of the potential and history of science of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR]. Kiev: Naukova dumka, 3-5. [in Russian].
7. Hramov Ju.A. (1991). *Istorija formirovanija i razvitiya fizicheskikh shkol na Ukraine* [The history of the formation and development of physical schools in Ukraine]. Kiev: MP «Feniks». [in Russian].
8. Hryhoriuk I.P. (2014). *Arkadii Semenovyh Okanenko: zhyttia i tvorchist*. [Arkady S. Okanenko: life and work]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*. [Bioresources and Nature Management], vol. 6, no. 1-2, 188-194. [in Ukrainian].
9. Hryhoriuk I.P. (2014). *Yevhen Pylypovyh Votchal – zasnovnyk naukovoi shkoly fiziologiv roslyn i botanikov*. [Yevhen Pylypovyh Votchal is the founder of the scientific school of plant physiologists and botanists]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*. [Bioresources and Nature Management], vol. 6, no. 5-6, 197-202. [in Ukrainian].
10. Khramov Yu.O. (2001). *Naukovi shkoly: status, umovy vynykennia ta funktsionuvannia*. [Scientific schools: status, conditions of origin and functioning]. *Nauka ta naukoznavstvo*. [Science and science of science], no. 4, 10-12. [in Ukrainian].
11. Khramov Yu.O. (2008). *Naukovi shkoly v NAN Ukrainy*. [Scientific schools in the National Academy of Sciences of Ukraine]. *Nauka ta naukoznavstvo*. [Science and science of science], no. 4, 122-133. [in Ukrainian].
12. Kolkunov V.V. (1905). *K voprosu o vyrabotke vynoslivyh k zasuham kul'turnyh rastenij. Ch. 1*. [To the question of the development of drought-resistant cultivated plants. Part 1.]. *Izvestija kievskogo politehnicheskogo instituta*. [Proceedings of the Kiev Polytechnic Institute], 5, book 4, 18-31. [in Russian].
13. Kolkunov V.V. (1907). *K voprosu o vyrabotke vynoslivyh k zasuham kul'turnyh rastenij. Ch. 2*. [To the question of the development of drought-resistant cultivated plants. Part 2.]. *Izvestija kievskogo politehnicheskogo instituta*. [Proceedings of the Kiev Polytechnic Institute], 1, book 7, 1-76. [in Russian].
14. Kopyl O.A. (1998). *Istoryko-naukovyi analiz formuvannia i rozvytku naukovo-konstruktorskoj shkoly M. K. Yanhelja* [Historical and scientific analysis of the formation and development of the scientific and design school of M.K. Yangel]. Candidate's thesis, Kyiv. [in Ukrainian].
15. Kostjuk G.G. (1990). *K istorii stanovlenija ukrainskoj fitofiziologicheskoi shkoly E.F. Votchala*. [On the history of the formation of the Ukrainian phytophysiological school of E.F. Votchal]. *Ocherki istorii estestvoznaniya i tehniki*. [Essays on the history of natural science and technology], issue 38, 61-65. [in Russian].
16. Okanenko A.S. (1954). *Fotosintez i urozhaj* [Photosynthesis and harvest]. Kiev: Izd-vo AN USSR. [in Russian].
17. Rudaja S.P. (1984). *Kievskij politehnicheskij institut*. [Kiev Polytechnic Institute]. *Razvitie biologii na Ukraine*. [Development of biology in Ukraine]. Kiev: Naukova dumka, vol. 1, 136-140. [in Russian].
18. Tabenckij A.A. (1922). *Atlas risunkov po anatomii i biologii saharnoj svekly. (Beta vulgaris l. var. Saccharifera). (Sistematizirovannaja svodka risunkov iz rabot razlichnyh avtorov)* [Atlas of drawings on the anatomy and biology of the sugar beet. (Beta vulgaris l. var. Saccharifera). (Systematized summary of drawings from the works of various authors)]. Kiev: Red.-izd. otd. pravlenija Saharotresta. [in Russian].
19. Tabenckij A.A. (1947). *Struktura hlorofilovogo zerna kak pokazatel' zhiznesposobnosti lista*. [Structure of chlorophyll grain as an indicator of leaf viability]. *Izvestija AN SSSR*. [Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR], issue 5, 609-633. [in Russian].
20. Verhunov V.A., Hryhoriuk I.P., Liutova T.I. (2005). *Yevhen Pylypovyh Votchal – zasnovnyk ukrainskoj shkoly fiziologiv roslyn i botanikov*. [Yevhen Pylypovyh Votchal is the founder of the Ukrainian School of Plant

- Physiologists and Botanists]. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn*. [Plant varieties studying and protection], no. 2, 171–178. [in Ukrainian].
21. Votchal E.F. (1926). O javlenijah tranpiracii utomlenija. [On the phenomena of fatigue transpiration]. *Dnevnik Vsesojuznogo s#ezda botanikov v Moskve v janvare 1926 g.* [Diary of the All-Union Congress of Botanists in Moscow in January 1926]. Moscow: Assoc. NII pri fiz.-mat. Fak. MGU, 47-49. [in Russian].
  22. Votchal E.F. (1928). Polevaja fiziologija (normal'naja i patologicheskaja) i fiziologicheskoe sortoizuchenie v selekcii. [Field physiology (normal and pathological) and physiological variety study in breeding]. *Trudy Nauchnogo in-ta selekcii*. [Proceedings of the Scientific Institute of Selection], issue 2, 209-236. [in Russian].
  23. Votchal E.F. (1929). Okraska list'ev, ee ocenka na pole i kolichestvennoe izuchenie v celjah selekcii. [Leaf color, its assessment in the field and quantitative study for breeding purposes]. *Trudy Vsesojuznogo s#ezda po genetike, selekcii, semenovodstvu i plemennomu zhivotnovodstvu*. [Proceedings of the All-Union Congress on genetics, selection, seed production and livestock breeding]. Leningrad, vol. 1, 162-165. [in Russian].
  24. Votchal E.F. (1939). Fiziologija proizvodstvennyh svojstv svekly (urozhajnost' v uslovijah zasuhi, zasuhoustojchivost' i ustojchivost' vysoty urozhav. [Physiology of the production properties of beets (yield in drought conditions, drought resistance and stability of crop height)]. *Nauchnye zapiski po saharnoj promyshlennosti*. [Scientific notes on the sugar industry], issue. 3-4, 12-60. [in Russian].
  25. Votchal Ye.P. (1935). Novi dani pro budovu ta rozvytok tsukrovoho buriaku: za danymy robit kafedry silskohospodarskykh roslyn. [New data on the structure and development of sugar beet: according to the work of the Department of Agricultural Plants]. *Visti Ukrainskoi akademii nauk*. [News of the Ukrainian Academy of Sciences], no. 2,3, 59-60. [in Ukrainian].
  26. Votchal Ye.P. (1931). Teoriia pokhodzhennia nevrozhaiu v umovakh posukhy ta zminy turhoru i rukhy lystkiv yak pokazhchyky stanu zahalnoho kompleksnoho balansu dynamiky fiziologichnykh protsesiv roslyny. [The theory of the origin of crop failure in conditions of drought and changes in turgor and leaf movements as indicators of the general complex balance of the dynamics of physiological processes of the plant]. *Zhurnal bio-botanichnoho tsykladu VUAN*. [Journal of the biobotanical cycle of the All-Ukrainian Academy of Sciences], no. 7–8, 207–209. [in Ukrainian].
  27. Votchal Ye.P. (1933). Rozpodil tsukru v elementakh riznykh tkanyn tsukrovykh buriakiv. [Distribution of sugar in the elements of different tissues of sugar beet]. *Zhurnal bio-botanichnoho tsykladu VUAN*. [Journal of the biobotanical cycle of the All-Ukrainian Academy of Sciences], no. 7-8, 209-210. [in Ukrainian].
  28. Votchal Ye.P. (1938). Teoriia vyrobnychykh vlastyvostei tsukrovykh buriakiv. [Theory of production properties of sugar beets]. *Zhurnal Instytutu botaniky AN URSSR*. [Journal of the Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR], no. 16 (24), 3-35. [in Ukrainian].
  29. Votchal-Slovachevska V.Ye., Kostiuk H.H. (1991). *Yevhen Pylypovych Votchal* [Yevhen P. Votchal]. Kyiv: Naukova Dumka. [in Ukrainian].
  30. Zerbino D.D. (2001). *Naukova shkola: lideri i uchni* [Science school: leaders and students]. Lviv: Yevrosvit. [in Ukrainian].