ISSN 2686-8482

2022·8·2

Письма в ВАВИЛОВСКИЙ ЖУРНАЛ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ

Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding

Обзоры • Оригинальные статьи • Воспоминания

2022
ИЮЛЬ

Том 8 №2

ПИСЬМА В ВАВИЛОВСКИЙ ЖУРНАЛ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ

PISMAVAVILOV@BIONET.NSC.RU

2022 • 8 • 2 • Июнь ISSN 2686-8482

Научный рецензируемый журнал

Письма в ВАВИЛОВСКИЙ ЖУРНАЛ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ

Основан в 2015 году
Периодичность четыре выпуска в год

DOI 10.18699/LettersVJ-2022-8-06

Учредитель

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук» (ИЦиГ СО РАН)

Главный редактор
А.В. Кочетов – академик РАН, д-р биол. наук (ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия)

Заместители главного редактора
Н.П. Гончаров – академик РАН, д-р биол. наук (ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия)
Е.А. Салина – д-р биол. наук, профессор (ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия)

Ответственный секретарь
О.Ю. Шоева – канд. биол. наук (ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия)

Редакционная коллегия

О.С. Афанасенко – академик РАН, д-р биол. наук, профессор (Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия)
М.А. Вишнякова – д-р биол. наук, профессор (Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Россия)
Т.А. Гавриленко – д-р биол. наук, профессор (Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Россия)
Ю.Э. Гербек – канд. биол. наук (ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия)
Е.И. Гультяева – д-р биол. наук (Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия)
Н.И. Дубовец – чл.-кор. НАН Беларуси, д-р биол. наук, доцент (Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь)
И.К. Захаров – д-р биол. наук, профессор (ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия)
К.В. Крутовский – канд. биол. наук, профессор (Гёттингенский университет им. Георга-Августа, Гёттинген, Германия)
А.М. Кудрявцев – чл.-кор. РАН, д-р биол. наук (Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, Москва, Россия)
С.А. Лашин – канд. биол. наук (ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия)
А.Ю. Летягин – д-р мед. наук, профессор (НИИКЭЛ – филиал СО РАН, Новосибирск, Россия)
П.Н. Мальчиков – д-р с.-х. наук (Самарский НИИ сельского хозяйства им. Н.М. Тулайкова, пос. Безенчук, Россия)
Е.А. Орлова – канд. с.-х. наук (СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия)
А.С. Пилипенко – канд. биол. наук (ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия, Россия)
Ю.И. Рагино – чл.-кор. РАН, д-р мед. наук, профессор (НИИТПМ – филиал ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия)
И.Д. Рашаль – академик Латвийской АН, д-р биол. наук, профессор (Институт биологии Латвийского университета, Саласпилс, Латвия)
Р.Р. Садоян – д-р биол. наук, доцент (Армянский государственный педагогический университет им. Хачатура Абовяна, Ереван, Армения)
А.А. Соловьев – д-р биол. наук, профессор (Всероссийский НИИ сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия)
Н.А. Сурин – академик РАН, д-р с.-х. наук, профессор (Федеральный исследовательский центр КНЦ СО РАН – обособленное подразделение Красноярский НИИ сельского хозяйства, Россия)
В.А. Трифонов – д-р биол. наук, профессор (Институт молекулярной и клеточной биологии СО РАН, Новосибирск, Россия)
В.С. Фишман – канд. биол. наук (ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия)
С.В. Шеховцов – канд. биол. наук (ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия)

2022 • 8 • 2 • June ISSN 2686-8482

Scientific Peer Reviewed Journal

Letters to VAVILOV JOURNAL OF GENETICS AND BREEDING

Founded in 2015
Published four issues per year

DOI 10.18699/LettersVJ2022-8-06

Founder

Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences (ICG SB RAS)

Editor-in-Chief

A.V. Kochetov – Dr. Sci. in Biol., Full Member of the RAS (Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia)

Deputy Editors-in-Chief

N.P. Goncharov – Dr. Sci. in Biol., Full Member of the RAS (Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia)
E.A. Salina – Dr. Sci. in Biol., Professor (Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia)

Executive Secretary

O.Yu. Shoeva – Cand. Sci. in Biol. (Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia)

Editorial board

O.S. Afanasenko – Dr. Sci. in Biol., Full Member of the RAS, Professor (All-Russia Research Institute for Plant Protection, St. Petersburg, Russia)
M.A. Vishnyakova – Dr. Sci. in Biol., Professor (N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia)
T.A. Gavrilenko – Dr. Sci. in Biol., Professor (N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia)
Yu.E. Herbeck – Cand. Sci. in Biol. (Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia)
E.I. Gultyaeva – Dr. Sci. in Biol. (All-Russia Research Institute for Plant Protection, St. Petersburg, Russia)
N.I. Dubovets – Dr. Sci. in Biol., Corr. Member of the NASB, Docent (Institute of Genetics and Cytology of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus)
I.K. Zakharov – Dr. Sci. in Biol., Professor (Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia)
K.V. Krutovsky – Cand. Sci. in Biol., Professor (Georg-August University of Gottingen, Gottingen, Germany)
A.M. Kudryavtsev – Dr. Sci. in Biol., Corr. Member of the RAS (Vavilov Institute of General Genetics, RAS, Moscow, Russia)
S.A. Lashin – Cand. Sci. in Math. Biol. Bioinf. (Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia)
A.Y. Letyagin – Dr. Sci. in Med., Professor (Research Institute of Clinical and Experimental Lymphology – Branch of the Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia)
P.N. Malchikov – Dr. Sci. in Agricul. (Tulaikov Research Institute of Agriculture, Russian Agricultural Academy, Bezenchuk, Russia)
E.A. Orlova – Cand. Sci. in Agricul. (Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia)
A.S. Pilipenko – Cand. Sci. in Biol. (Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia)
Yu.I. Ragino – Dr. Sci. in Med., Corr. Member of the RAS, Professor (Research Institute of Internal and Preventive Medicine – Branch of the Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia)
I. Rashal – Dr. Sci. in Biol., Full Member of the LAS, Professor (Institute of Biology, University of Latvia, Salaspils, Latvia)
R.R. Sadoyan – Dr. Sci. in Biol., Docent (Armenian State Pedagogical University after Kh. Abovyan, Yerevan, Armenia)
A.A. Soloviev – Dr. Sci. in Biol., Professor (All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia)
N.A. Surin – Dr. Sci. in Agricul., Corr. Member of the RAS, Professor (Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture – Division of Federal Research Center "Krasnoyarsk Scientific Center, SB RAS", Krasnoyarsk, Russia)
V.A. Trifonov – Dr. Sci. in Biol., Professor (Institute of Molecular and Cellular Biology of the Siberian Branch of the RAS, Novosibirsk, Russia)
V.S. Fishman – Cand. Sci. in Biol. (Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia)
S.V. Shekhovtsov – Cand. Sci. in Biol. (Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia)

Письма в ВАВИЛОВСКИЙ ЖУРНАЛ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ
Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding
2022 • 8 • 2 • 111

СОДЕРЖАНИЕ • 2022 • 8 • 2

Экспедиции

113 Оригинальное исследование
Вавилов Н.И. Voyage en Afrique: Сомалия. Абиссиния. Часть 2
Н.И. Вавилов

Селекция растений

197 Оригинальное исследование
Оценка коллекции многолетней пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири
А.Н. Айдаров, С.С. Шепелев, В.П. Шаманин

Биотехнология

206 Обзор
Биологические эффекты экзогенной РНК
В.П. Николин, Н.А. Попова

Методы и протоколы

214 Оригинальное исследование
Экономичный протокол для анализа инактивации Х-хромосом: экспрессии *Xist* и иммунофлуоресцентной окраски H3K27me3
И.Е. Пристяжнюк, Н.И. Мещеряков, А.Г. Мензоров (на англ. языке)

Дискуссия

223 Обзор
Роялти как один из источников финансирования селекции
А.Н. Березкин, А.М. Малько, М.Н. Исламов, Н.Н. Зезин, О.В. Андросова

© Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», 2022
© «Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции», 2022

Letters to VAVILOV JOURNAL OF GENETICS AND BREEDING
2022 • 8 • 2 • 112

CONTENTS • 2022 • 8 • 2

Expeditions

113 Original article
Voyage en Afrique: Somalia. Abyssinia. Part 2
N.I. Vavilov

Plant breeding

197 Original article
Evaluation of the collection of perennial wheat in the southern forest-steppe of Western Siberia environments
A.N. Aydarov, S.S. Shepelev, V.P. Shamanin

Biotechnology

206 Review
Biological effects of exogenous RNA
V.P. Nikolin, N.A. Popova

Methods and protocols

214 Original article
Inexpensive protocol for single-cell X-chromosome inactivation analysis: *Xist* expression and H3K27me3 staining
I.E. Pristyazhnyuk, N.I. Meshcheryakov, A.G. Menzorov

Discussion

223 Review
Royalty as one of the funding sources for the breeding
A.N. Berezkin, A.M. Malko, M.N. Islamov, N.N. Zezin, O.V. Androsova

© Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2022
© Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding, 2022

Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции
Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding
2022 • 8 • 2 • 113-196

pismavavilov.ru
DOI 10.18699/LettersVJ-2022-8-07

Оригинальное исследование

Voyage en Afrique: Сомалия. Абиссиния. Часть 2

Н.И. Вавилов

Подготовка к печати и вступительная статья Н.П. Гончарова[1]✉
Комментарии Ю.Н. Вавилова[2], Н.П. Гончарова[1] , Мишель Дебренн[3]
Перевод с французского Мишель Дебренн[3]

Аннотация: Текущий 2022 г. – год юбилея Н.И. Вавилова (1887–1943) и 95-летия его абиссинской (эфиопской) экспедиции. В данном выпуске «Писем в Вавиловский журнал генетики и селекции» публикуется с комментариями вторая часть первой тетради его «Абиссинского дневника», иллюстрированная фотографиями, сделанными им в этой же экспедиции. Фотографии приведены только там, где на них есть отсыл в тексте «Дневника». Разбивка на две части обусловлена ограничениями объема журнала. Часть первой тетради «Дневника» и несколько страниц третьей впервые были опубликованы в журнале «Природа» (1987. № 10) к столетию со дня рождения Н.И. Вавилова. Во вступительной статье кратко обсуждаются итоги абиссинской экспедиции и даны пояснения по техническим вопросам подготовки «Дневника» к изданию.

Ключевые слова: возделываемые растения; биоразнообразие; история прикладной ботаники; Н.И. Вавилов; эфиопская экспедиция.
Для цитирования: Вавилов Н.И. Voyage en Afrique: Сомалия. Абиссиния. Часть 2. *Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2022;8(2):113-196. DOI 10.18699/LettersVJ-2022-8-07

Original article

Voyage en Afrique: Somalia. Abyssinia. Part 2

N.I. Vavilov

Prepared for publication and introductory article by N.P. Goncharov[1]✉
The comments of Ju.N. Vavilov[2], N.P. Goncharov[1], M. Debrenne[3]
Translated from French by M. Debrenne[3]

Abstract: The current 2022 year is the year of the anniversary of N.I. Vavilov (1887–1943) and the 95th anniversary of his Abyssinian (Ethiopian) expedition. On their eve, the second part of the first notebook of his "Abyssinian diary", illustrated by photographs taken by him on the expedition is published with comments in this issue of *Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. At the same time, the photos are not given arbitrarily, but only where there is a reference to them in the text of the "Diary". The dividing into two parts was caused by the limitations of the volume of the journal issues. A part of the first notebook of "Abyssinian diary" and several pages of the third one were previously partially published in No. 10 of the journal *Priroda* (Moscow) in 1987 for the centenary of N.I. Vavilov. The introductory article gives a brief outline of the results of the Abyssinian expedition and describes the stages of the preparation of the Vavilov's diary entry for publication.

Key words: cultivated plants; biodiversity; history of applied botany; N.I. Vavilov; Ethiopian expedition.
For citation: Vavilov N.I. Voyage en Afrique: Somalia. Abyssinia. Part 2. *Pisma v Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektsii = Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2022;8(2):113-196. DOI 10.18699/LettersVJ-2022-8-07 (in Russian)

[1] Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия
Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia
[2] Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, Москва, Россия
Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
[3] Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск, Россия
Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

gonch@bionet.nsc.ru

© Н.И. Вавилов, 2022
© Подготовка к печати и вступительная статья. Н.П. Гончаров, 2022
© Комментарии. Ю.Н. Вавилов, Н.П. Гончаров, Мишель Дебренн, 2022
© Перевод с французского. Мишель Дебренн, 2022
Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0

Если есть тот, кто видел,
то нет нужды в том, кто слышал.
Эфиопская пословица

Во второй части первой тетради «Абиссинского дневника»[1] (записи 25 января–19 февраля 1927 г.), публикуемой в данном выпуске «Писем…», Н.И. Вавилов заканчивает описание агроботанического исследования Харэрского района, расположенного на Западе Эфиопии (Вавилов, 2022). Он въезжает в столицу государства Аддис-Абебу и делает многочисленные радиальные поездки вокруг нее в ожидании разрешения – пропуска (рис. 1) для исследования основной аграрной части страны.

Лейтмотив данной части «Абиссинского дневника» Н.И. Вавилова – это целенаправленный поиск фактов, подтверждающих гипотезу о центре происхождения[2] основных для Европы зерновых (пшеницы и ячменя) и зернобобовых (гороха) культур в Эфиопии (рис. 2). Как мы отмечали ранее (Гончаров, 2017), на пароходе по пути от Мадрида до Джибути Вавилов закончил знаковую работу «Географические закономерности в распределении генов культурных растений» (Вавилов, 1927а, б) и был занят поиском доказательств гипотезы об уникальности Эфиопского центра происхождения растений. Ранее он уже связывал центры происхождения, например пшениц, с наличием–отсутствием их морфологического (позже физиологического и биохимического) внутривидового разнообразия (Вавилов, 1926). Однако в некоторых случаях, как, например, с Североафриканским центром происхождения тетраплоидных пшениц (Орлов, 1922/1923), гипотеза в последующем не подтвердится. И это несмотря на наличие в Эфиопии уникального эндемика – твердой фиолетовозерной пшеницы *Triticum aethiopicum* Jakubz. (Пшеницы…, 1931).

Терминология о центрах неустойчивая: Н.И. Вавилов (1926, 1927в) пишет о центрах происхождения (первичный, вторичный), центрах формообразования и центрах разнообразия. Им еще не введен второй уровень деления центров – «очаги» (см. обзоры: Алексеев, 1984; Гончаров, 2007). Но уже вслед за А. Декандолем (1885) он успешно развивает гипотезу о вторичных центрах (Вавилов, 1927а, б), отмечая, что это районы возникновения новых форм не от диких предков, а от предшествующих культурных форм, сосредоточенных в одном географическом месте, нередко далеком от первичного центра их происхождения. Гипотеза постепенно «ботанизируется»: уточняется, что «“центры” концентрации или происхождения пшениц следует понимать не как “точки”, а как “первичные ареалы” пшениц, до их расселения по земному шару, “первичные” в смысле доступном для нашего понимания, при современном состоянии знаний» (Фляксбергер, 1934. С. 85). Но все это будет уже после возвращения Н.И. из абиссинской экспедиции.

Сохранилось несколько уникальных документов, связанных с организацией сбора материалов в Абиссинской экспедиции Н.И. Вавилова добровольными помощниками. Один из них приводим ниже.

Н.И. ВАВИЛОВУ[3]

Диредава [Дыре-Дауа, Абиссиния]
7 февраля 1927 г.

Дорогой Николай Иванович!

Посылаю Вам собранные мною сто экземпляров растений в окрестностях города Диредава [Дыре-Дауа] и в местности Сомали в Эфиопии (Абиссиния). Собранный гербарий не отличается качеством, так как собирался в конце января и начале февраля, то есть в жаркий период времени бездождия; хороший вполне гербарий можно собрать только в период дождей или, выражаясь на амарийском языке, в крымт[4]*, который начнется в марте месяце, затем будет опять период бездождия и начнется главный большой крымт 15 июня, продолжающийся до 15 сентября.*

Бумага для гербария мною куплена в Диредаве [Дыре-Дауа], какая только нашлась в магазинах, другого качества совершенно не имеется. Собирание гербария в данное время возможно и необходимо в местностях, где имеются болота, реки и озера, к которым нет доступа во время крымта. Что касается злаков и деревьев, а также кустарников, то самые лучшие экземпляры можно получить только во время крымта. Конечно, собирание растений сопряжено с отдаленными поездками и особым запасом необходимых предметов, как-то: 1) подходящая бумага, 2) кожаная сумка, 3) хорошая лупа, 4) какой-либо барометр (хотя бы анероид), 5) папки или переплеты из толстого картона, чтобы не жались листы бумаги с собранными растениями, и прочее; это, конечно, мои личные взгляды.

Из оставленных Вами денег (тридцать пять талеров) мною израсходовано на разные потребности по собиранию растений тридцать талеров и 10 пиастров; остается четыре талера и 6 пиастров.

Все мы, слава Богу, здоровы, чего и Вам от всей души желаем. Да поможет Вам Бог в Вашем длинном путешествии и сохранит Вас Царица Небесная.

Ожидаю Ваших дальнейших распоряжений.

Искренне Вас уважающий и преданный Вам
И. Монвиж-Монтвид[5]

[1] Название Абиссиния использовалось со 150-х годов до н. э. и до середины XX века. Имеет семитское происхождение, ведет свое начало от аравийского эпиграфического ḤBŚT (хабашат) и означало не-аксумских подданных аксумского царя. В дальнейшем так преимущественно называлось (в том числе по-арабски) семитское население Эфиопии (амхарцы, тигре, тигринья), исторически занимавшее ведущие позиции в элите страны. Habesha постепенно латинизировали до Абиссиния. В Конституции 1931 г. страна названа «Эфиопия». В европейских языках это название закрепится только после окончания Второй мировой войны. На геэзе ʾItyōp̄p̄yā (Эфиопия) восходит к др.-греч. Αἰθιοπία или Αἰθίοψ – ‘эфиоп’, что означает «человек с обожженным/загорелым (на солнце) лицом». В некоторых аксумских надписях Эфиопия упоминается уже в IV веке.

[2] Центры (очаги) происхождения возделываемых растений – географические области их генетического разнообразия. Выделяют первичные центры – районы изначального произрастания диких форм и их доместикации и вторичные – полиморфизм возник у уже доместицированных форм (видов) в результате естественной и/или искусственной селекции. Термины «центры» и «нецентры» Дж. Харлана (Harlan, 1971), т. е. гипотеза существования центров дискретного образования и параллельно с ними огромных областей «диффузного происхождения» возделываемых растений, и крайне неудачные «области» и «подобласти» Е.Н. Синской (1969) еще впереди (Гончаров, 2007).

[3] ЦГАНТД СПб. Ф. 318, оп. 1-1, д. 143, л. 180. и об. Автограф.

[4] Современное написание кыремт (*амх.*). В Эфиопии в течение года два сезона дождей и два относительно «сухих» сезона: на большей части страны сухой сезон преобладает с октября по май с короткими дождями в середине января–марте – малый кыремт. Большой сезон дождей (большой кыремт) длится с июня до конца сентября.

[5] Иван Людвигович Монвиж-Монтвид (1861–?) – эмигрант. Служил во ВСЮР и Русской Армии до эвакуации Крыма. Собирал гербарии для экспедиции Н.И. Вавилова. Его старший сын Борис (1905–?) сопро-

№ 153
Правительство Эфиопии Министерство иностранных дел

Пропуск

Властям всех регионов и пропускных пунктов
Предоставляйте свободный проход, включая возвращение, гостям, указанным ниже.
Имя: Профессор Вавилов
Регион, куда он направляется: Шоа, Годжам, Бегемдыр и Тыгре (в направлении Асмэры)
Слуги: 12 человек
Ружья и револьверы: два ружья, одна винтовка, два пистолета
Лошади и мулы: три оседланных мула
Вьючный скот: десять вьючных лошадей
8-го йекатита 1919 г. [15 февраля 1927 г. – *НГ*]. Аддис-Абеба
Подпись: Сахле Цедале
Печать

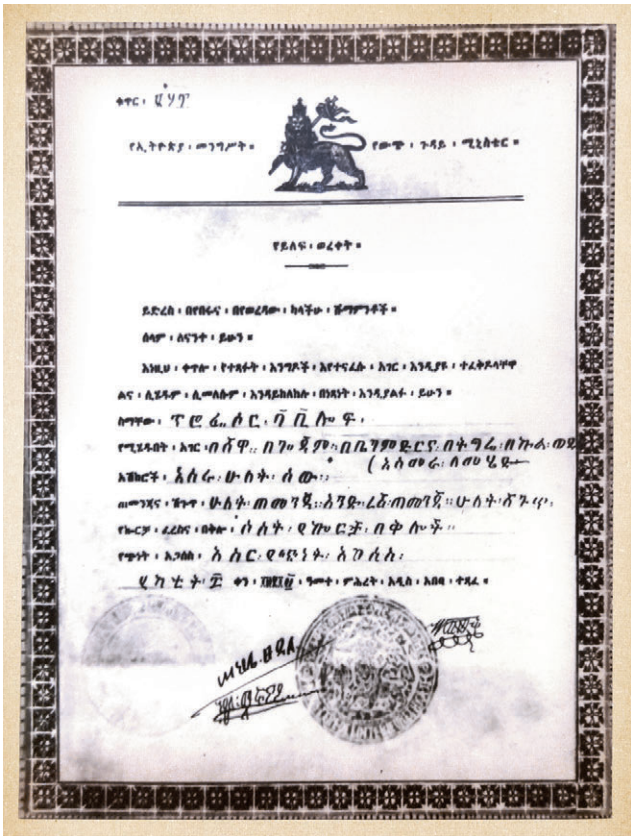


Рис. 1. Пропуск, выданный Н.И. Вавилову. Архив Кабинета-музея Н.И. Вавилова, ИОГен РАН, г. Москва. Впервые опубликован С. Резником (1968).

В представленном в данном выпуске «Писем…» тексте «Абиссинского дневника», как и в его первой части (Вавилов, 2022), черным прямым шрифтом приведена часть, опубликованная ранее Ю.Н. Вавиловым и В.Д. Есаковым в журнале «Природа» (Страна…, 1987)[6], моя (Н.П. Гончаров) – темно-коричневым прямым. Несколько фрагментов взяты из С. Резника (1968), они в темно-зеленом цвете. Расшифровка фраз и страниц «Дневника», написанных на французском языке, и их перевод в примечаниях (черный прямой шрифт) выполнены проф. НГУ Мишель Дебренн. Синим прямым отмечены служебные и нерасшифрованные слова и фразы.

После записи за 4 февраля 1927 г. Н.И. Вавилов девять дней не вел «Дневник». Здесь мы включили его сохранившиеся письма, написанные в эти пропущенные даты, которые были взяты из двух источников, а именно: «Научное наследство» (1980) и «Н.И. Вавилов: Документы. Фотографии» (1995). Отметим, что информация о русских эмигрантах, проживавших после революции в Эфиопии, скудна (Крылова, 2018; и др.), их биографии еще ждут своих исследователей.

Как и в опубликованной первой части «Дневника» (Вавилов, 2022), правописание не приводилось нами в соответствие с современными нормами русского языка, поскольку при правке таких документов, по нашему мнению, теряется аутентичность и уходит язык времени (эпохи). Более того, таких слов очень мало. Например, вавиловское написание «таллер», который только по-итальянски пишется с двумя «лл» – tallero, а по-русски – с одной, мы не заменяли на современное. Это же касается некоторых географических названий: специфическое написание их не ясно, так как у Н.И. Вавилова была французская карта (рис. 3). Вероятно, она у него появилась не сразу и сначала названия он записывал «со слуха», а переводчики не знали русского языка, и общение шло на французском. Возможно, он пользовался изданными в конце XIX – начале XX века в России эфиопскими древниками русских путешественников, в которых Харар писали с двумя «рр» – Харрар (см., например, (Глинский, 1899)), а Аддис-Абеба с одной «д» – Адис-Абеба (Булатович, 1900). Кроме того, из-за отсутствия в европейских языках некоторых гласных и полугласных, используемых в местных наречиях, возможны множественные варианты транскрипции. Особенно имен собственных. И это, вероятно, нашло отражение в его транслитерации. Современная транслитерация географических названий дана в тексте в виде примечаний.

По техническим причинам мы даем повторно левую страницу (33а) разворота с. 33. Комментарии в квадратных скобках в тексте принадлежат: [*МД*] – Мишель Дебренн, [*ЮВ*] – Ю.Н. Вавилову, без указания авторства и в подстрочнике, кроме специально оговоренных, – Н.П. Гончарову.

Благодарности: Н.П. Гончаров искренне признателен начальнику JERBE А.А. Даркову (ИПЭиЭ им. А.Н. Северцова РАН) и участникам JERBE-12 чл.-кор. РАН А.М. Кудрявцеву, д.б.н. Ю.А. Столповскому (оба – ИОГен РАН, Москва), к.с.-х.н. Е.В. Зуеву (ВИР, Санкт-Петербург) и сотруднику Ethiopian Biodiversity Institute Mulugeta Wegaveleu (Addis-Ababa, Ethiopia) за предоставленную возможность в течение экспедиции ежедневно работать с «Абиссинским

вождал Н.И. на первом «нелегальном» этапе экспедиции в районе Дыре-Дауа (см. первую часть «Дневника», с. 33, 40).

[6] В данном выпуске «Писем в Вавиловский журнал генетики и селекции» это примерно 15 % от всей публикуемой расшифровки «Дневника».

Рис. 2. Центры происхождения возделываемых растений (из: Вавилов, 1940).
I – Южноазиатский тропический; II – Восточноазиатский; III – Юго-Западноазиатский; IV – Средиземноморский; V – Абиссинский; VI – Центральноамериканский; VII – Андийский (Южноамериканский).

дневником» Н.И. Вавилова. Отдельная благодарность сотрудникам Посольства РФ в Эфиопии за перевод пропуска Н.И. Вавилова.

Работа поддержана бюджетным проектом ИЦиГ СО РАН № FWNR-2022-0017.

Литература / References

Алексеев В.П. Становление человечества. М.: Политиздат, 1984.
[Alekseev V.P. The formation of humanity. Moscow: Politizdat Publ., 1984. (in Russian)]

Булатович А.К. С войсками Менелика. Дневник похода из Эфиопии к озеру Рудольфа. СПб., 1900.
[Bulatovich A.K. With Menelik's Troops. Diary of a hike from Ethiopia to Lake Rudolph. St. Petersburg, 1900. (in Russian)]

Вавилов Н.И. Центры происхождения культурных растений. *Труды по прикл. ботанике и селекции*. 1926;16(2):3-248.
[Vavilov N.I. Centers of origin of cultivated plants. *Trudy po Prikladnoy Botanike i Selektsii = Proceedings on Applied Botany and Breeding*. 1926;16(2):3-248. (in Russian)]

Вавилов Н.И. Географические закономерности в распределении генов культурных растений. *Природа*. 1927a;10:763-774.
[Vavilov N.I. Geographical patterns in the distribution of genes of cultivated plants. *Priroda = Nature*. 1927a;10:763-774. (in Russian)]

Вавилов Н.И. Географические закономерности в распределении генов культурных растений (предварит. сообщ.). *Труды по прикл. ботанике и селекции*. 19276;17(3):411-428.
[Vavilov N.I. Geographical patterns in the distribution of genes of cultivated plants (prev. message). *Trudy po Prikladnoy Botanike i Selektsii = Proceedings on Applied Botany and Breeding*. 1927b;17(3): 411-428. (in Russian)]

Вавилов Н.И. Мировые центры сортовых богатств (генов) культурных растений. *Изв. ГИОА*. 1927в;5(5):339-351.
[Vavilov N.I. World centers of varietal riches (genes) of cultivated plants. *Izvestiya State Institute of Experimental Agronomy*. 1927c;5(5): 339-351. (in Russian)]

Вавилов Н.И. Учение о происхождении культурных растений после Дарвина (Докл. на Дарв. сессии АН СССР. 28 нояб. 1939 г.). *Сов. наука*. 1940;2:55-75.
[Vavilov N.I. The doctrine of the origin of cultivated plants after Darwin (Presentation on Darwin Session of the USSR Acad. Sci. November 28, 1939). *Sovetskaya Nauka = Soviet Science*. 1940;2:55-75. (in Russian)]

Вавилов Н.И. Voyage en Afrique: Сомалия. Абиссиния. Часть 1. *Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2022;8(1): 5-83. DOI 10.18699/LettersVJ-2022-8-01.
[Vavilov N.I. Voyage en Afrique: Somalia. Abyssinia. Part 1. *Pisma v Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektsii = Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2022;8(1):5-83. DOI 10.18699/LettersVJ-2022-8-01. (in Russian)]

Глинский Д.Л. Жизнь русского санитарного отряда в Харраре: Из воспоминаний об Абиссинии. Гродна: Губ. тип., 1899.
[Glinsky D.L. The Life of the Russian Sanitary Detachment in Harrar: From memories of Abyssinia. Grodno: Gubernia typ., 1899. (in Russian)]

Гончаров Н.П. Центры происхождения культурных растений. *Информ. вестн. ВОГИС*. 2007;11(3/4):561-574.
[Goncharov N.P. The centers of cultivated plants origin. *Herald VOGiS = Vestnik VOGiS*. 2007;11(3/4):561-574. (in Russian)]

Гончаров Н.П. Николай Иванович Вавилов. 2-е изд., испр. и доп. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2017.
[Goncharov N.P. Nikolai Ivanovich Vavilov. 2nd edn. Novosibirsk: Acad. Publ. House "Geo", 2017. (in Russian)]

Рис. 3. Рабочая карта Н.И. Вавилова с проложенными им маршрутами абиссинской (эфиопской) экспедиции. Архив Мемориального кабинета-музея Н.И. Вавилова, ИОГен РАН, зав. Т.Б. Авруцкая.

Декандоль А. Местопроисхождение возделываемых растений. СПб.: Тип. К. Риккера, 1885.
[De Candolle A. Origin of Cultivated Plants. N.-Y.: D. Appleton & Co, 1885.]

Крылова Н. Русские африканки в XX столетии: Семья. Судьба. Отчизна. М.: Ин-т Африки РАН, 2018.
[Krylova N. Russian Africans in the XX century: Family. Fate. Fatherland. Moscow: Institute of Africa of the Russian Academy of Sciences, 2018. (in Russian)]

Н.И. Вавилов: Документы. Фотографии. СПб.: Наука, 1995.
[N.I. Vavilov: Documents, photos. St. Petersburg: Nauka Publ., 1995. (in Russian)]

Научное наследство. Т. 5. Николай Иванович Вавилов. Из эпистолярного наследия 1911–1928 гг. М.: Наука, 1980.
[Scientific Heritage. Vol. 5. Nikolai Ivanovich Vavilov. From the Epistolary Heritage of 1911–1928. Moscow: Nauka Publ., 1980. (in Russian)]

Николай Иванович Вавилов: научное наследие в письмах (международная переписка): В 6 т. Т. 2: 1927–1930. М.: Наука, 1997.
[Nikolay Ivanovich Vavilov: Scientific Heritage in Letters (international correspondence): In 6 vols. Vol. 2: 1927–1930. Moscow: Nauka Publ., 1997. (in Russian)]

Орлов А.А. Географический центр происхождения и район возделывания твердой пшеницы. *Труды по прикл. ботанике и селекции*. 1922/1923;13(1):369-459.
[Orlov A.A. Geographical center of origin and area of cultivation of durum wheat. *Trudy po Prikladnoy Botanike i Selektsii = Proceedings on Applied Botany and Breeding*. 1922/1923;13(1):369-459. (in Russian)]

Пшеницы Абиссинии и их положение в общей системе пшениц (К познанию 28-хромосомной группы культурных пшениц) / Сост. Н.И. Вавилов, О.К. Фортунатова, М.М. Якубцинер, Е.Ф. Пальмова, Е.И. Николаенко, Е.А. Столетова, К.А. Верховская, Л.Л. Шрейбер, С.Г. Сыроватский. Л.: Изд. ВИР, 1931. (Прил. 51-е к Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции).
[Wheats of Abyssinia and their position in the general wheat system (to the knowledge of the 28-chromosome group of cultivated wheat) / Copm. N.I. Vavilov, O.K. Fortunatova, M.M. Yakubtsiner, E.F. Palmova, E.I. Nikolaenko, E.A. Stoletova, K.A. Verkhovskaya, L.L. Schreiber, S.G. Syrovatsky. Leningrad: VIR Publ. House, 1931. (Suppl. 51 to Proceedings on Appllied Botany, Genetics and Breeding). (in Russian)]

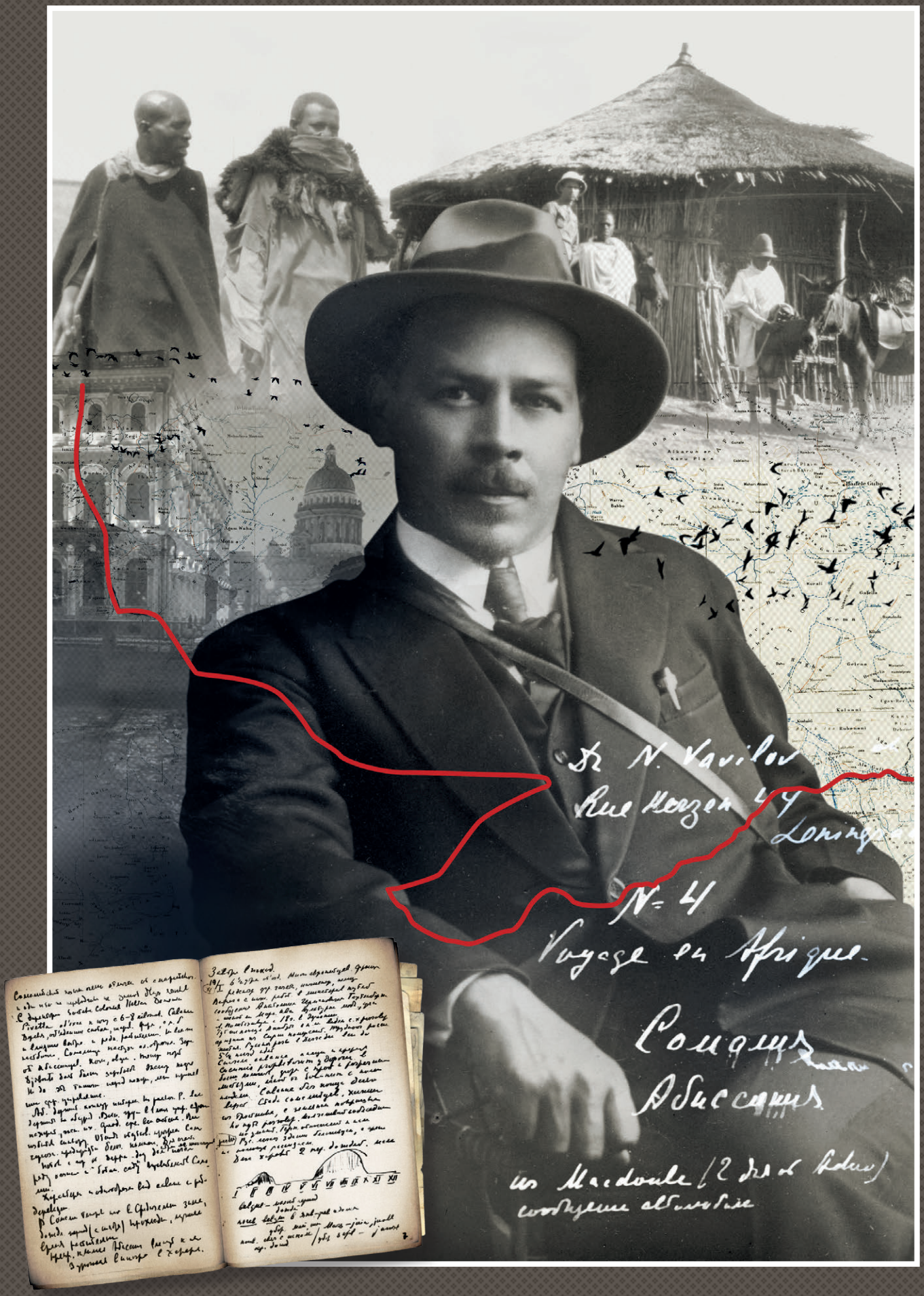
Резник С. Николай Вавилов. М.: Мол. гвардия, 1968.
[Reznik S. Nikolai Vavilov. Moscow: Molodaya Gvardiya Publ., 1968. (in Russian)]

Синская Е.Н. Историческая география культурной флоры (На заре земледелия). Л.: Колос, 1969.
[Sinskaya E.N. Historical geography of cultural flora (At the dawn of agriculture). Leningrad: Kolos Publ., 1969. (in Russian)]

Страна для философии земледелия замечательная. Из Абиссинского дневника Н.И. Вавилова. *Природа*. 1987;10:46-56.
[The country is wonderful for the philosophy of agriculture. From the Abyssinian diary of N.I. Vavilov. *Priroda = Nature*. 1987;10:46-56. (in Russian)]

Фляксбергер К.А. Система пшениц и скрещивания географически отдаленных форм. *Природа*. 1934;4:85-90.
[Flaksberger K.A. System of wheat and crossing geographically distant forms. *Priroda = Nature*. 1934;4:85-90. (in Russian)]

Harlan J.R. Agricultural origines: centres and noncentres. *Science*. 1971;174(4008):468-474. DOI 10.1126/science.174.4008.468.


Dr N. Vavilov
Rue Herzen 44
Leningrad
N=4
Voyage en Afrique
Сомалия
Абиссиния
Macdoule (2 дня от Adua)
сообщение автомобиля

Voyage en Afrique: Сомалия. Абиссиния[7]

Н.И. Вавилов

Dr. N. Vavilov

Rue Herzen 44
Leningrad
№ 4

[7] Архив JERBE-2012 (ИПЭиЭ им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва). Фотокопия рукописных страниц. Нахождение оригинала неизвестно: уже при публикации «Страны…» (1987) Ю.Н. Вавилов и В.Д. Есаков сообщают, что они использовали фотокопии первой и третьей тетрадей «Дневника», неизвестно кем сделанные. К сожалению, местонахождение фотокопий третьей тетради нами не установлено.
Нумерация сквозная, на нечетных страницах разворотов тетради. При публикации «Абиссинский дневник» произвольно поделен нами на две равные части (примерно по 50 тыс. знаков). В первую часть вошли записи с 6 по 24 января 1927 г. включительно (со с. 1 до половины с. 33 в нумерации Н.И. Вавилова), во вторую – с 25 января по 19 февраля 1927 г. (конец с. 33 и до половины с. 69 в нумерации Н.И.). Всего в тетради пронумерован 91 разворот. Со с. 70 по с. 81 идет более поздняя собственноручная вставка Н.И. Вавилова: вторая часть работы «Земледельческая Абиссиния» с двойной нумерацией (внизу, как и ранее на разворотах, и вверху на каждой странице тетради. Вверху нумерация начата со с. 67. Указывается, что первая часть «Земледельческой Абиссинии» написана в конце второй части (тетради) «Абиссинского дневника», не найденной).

[*стр. 33а*]

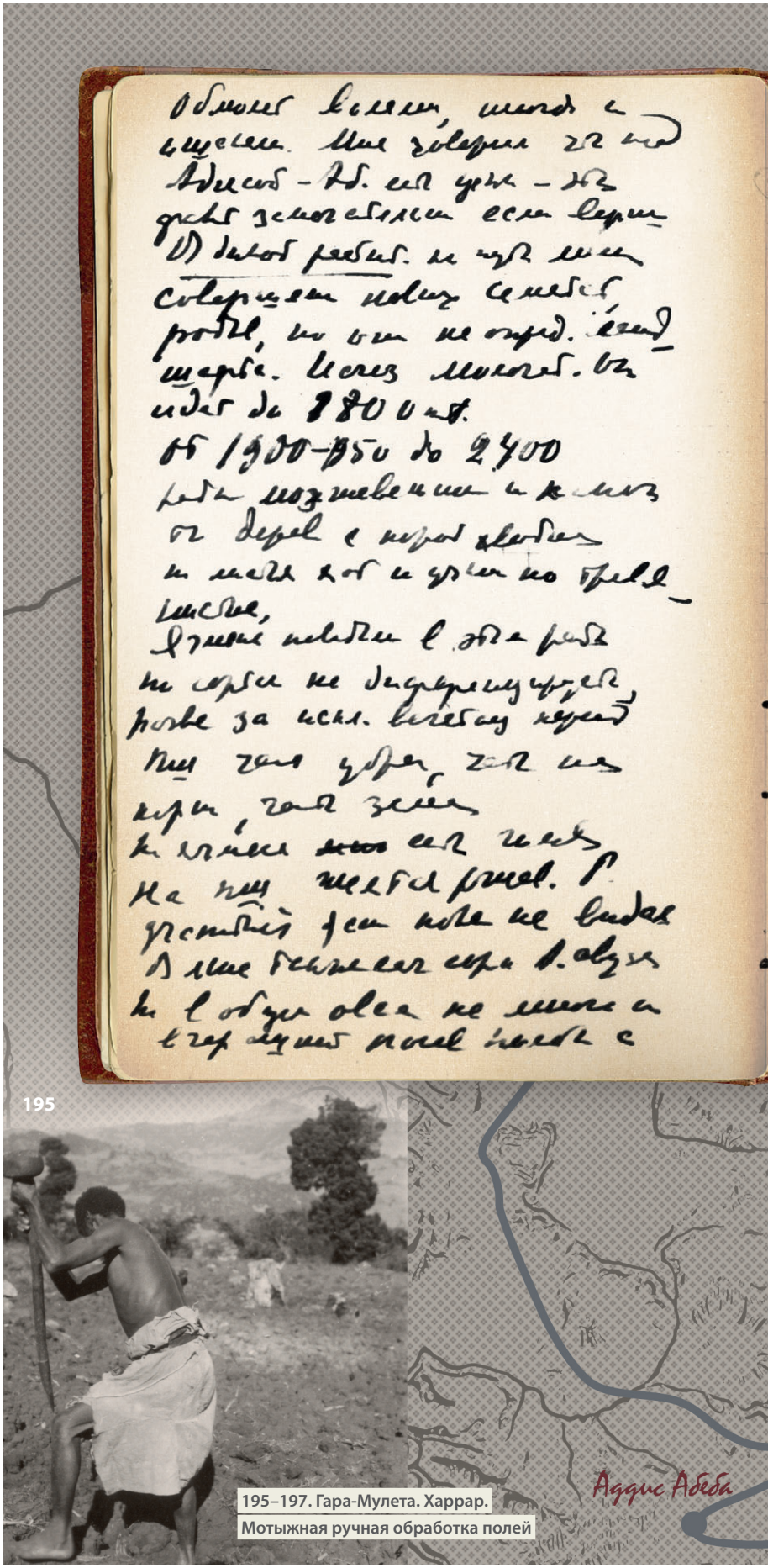
Обмолот волами, иногда и ишаками. Мне говорили[,] что под Адисой-Аб[ебой] есть цепы – этот факт замечательный[,] если верен.

В дикой растит[ельности] на чуть мене[е] совершенно новых семейст[в], родов, но они не опред. кажд., широта. Исчез молочай. Он идёт до 2800 mt.

От 1900–1950 до 2400 [mt] редко можжевельник и камед[ь], то дерев[о] с корой хвойн[ых,] но листья кот[орого] и узкие[,] но травянистые[8]. Ячмени[,] по-видим[ому,] в этом районе по сортам не дифференцируютс[я], разве за искл[ючением] вегетац[ионного] период[а]. Пш[еница] часть убрана, часть на корм, часть зелён[ая].

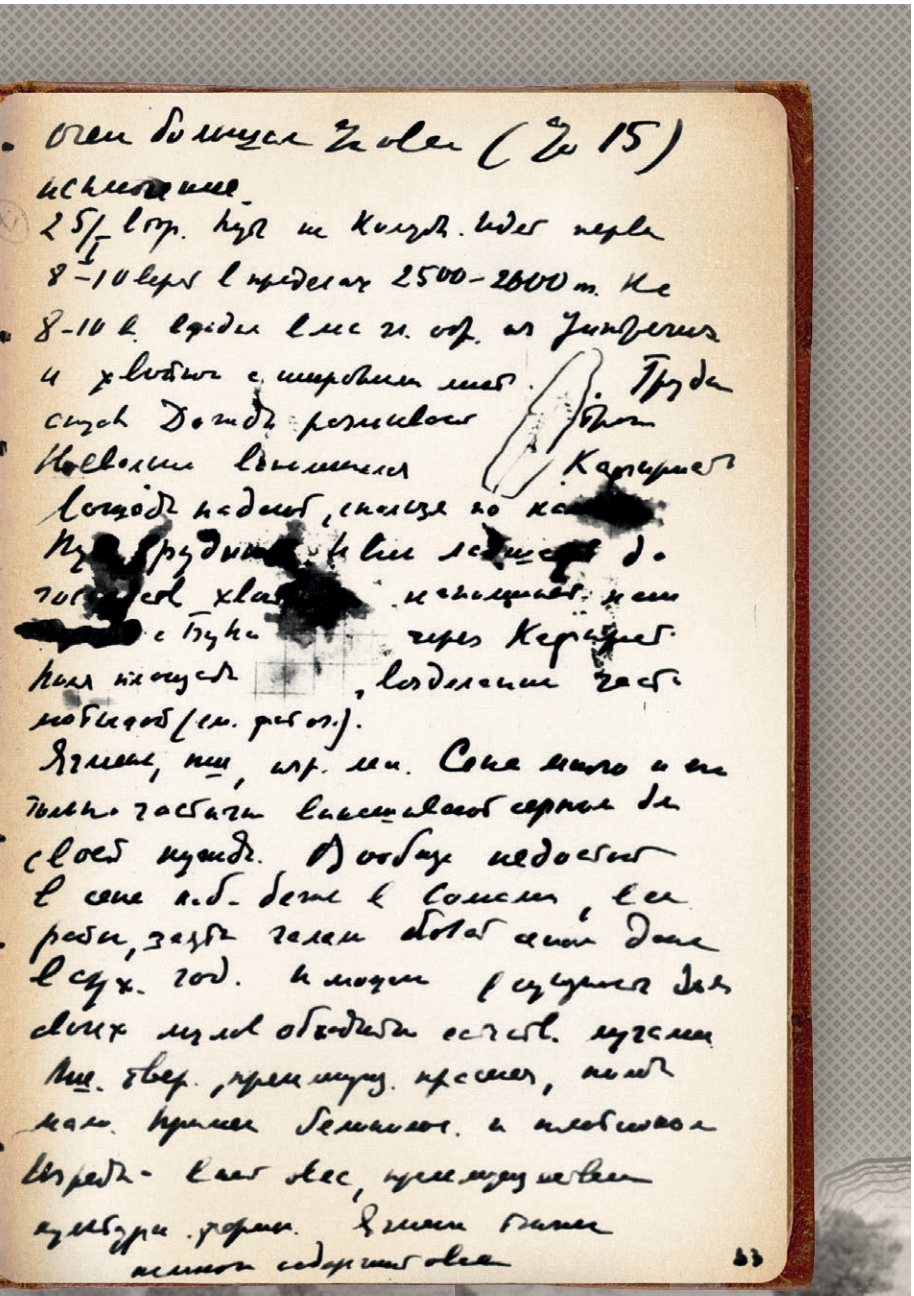
На ячмене ~~мног~~ есть головн[я.]

На пш[енице] жёлтая ржав[чина] *P. graminis*[,][9] я сам пока не видел. В льне также есть сорн[ый] *Av. abyss*[*inica*,] но в общем овса не много и вчерашний посев полбы с



195–197. Гара-Мулета. Харрар. Мотыжная ручная обработка полей

[8] Возможно, подокарп, или африканская папоротниковая сосна (*Afrocarpus gracilior* (Pilg.) C.N. Page (= syn. *Podocarpus gracilior* Pilg.)), *по-амх.* – зэгба (зыгба).
[9] Описка, д. б. *Puccinia striiformis* (=syn. *P. glumarum*).



196

197

[*стр. 336*]

очень большим % овса (% 15) исключение.

25/I [1927 г.,] втор[ник][10].

Путь на Колуби [Кулуби]. Идёт первые 8–10 вёрст[11] в пределах 2500–2600 м. На 8–10 в[ерсте] входил в лес гл[авным] обр[азом] из *Juniperus*[12] и хвойных с широкими лист[ьями]. <рисунок Н.И. листа>. Трудн[ый] спуск. Дожди размывают тропы. Невольно вспоминается Кафириста[н][13]. Лошади падают, скользя по камням. Путь трудный. И всем лошад. <текст поврежден> до <текст поврежден>. Напоминает наш переход с Буки[ничем][14] через Кафирист[ан]. Поля площади, возделанные часто мотыгой (см. фотог. [№ 195–197][15]).

Ячмень, пш[еница], изр[едка] лён. Сена много[,] и его только частично выкашивают серпом для своей нужды. Вообще недостат[ок] в сене к[ак] б[ы] даже в Сомалии, все райо[ны], заняты[е] гал[л]ас[ами,][16] богат[ы] сеном даже в сух[ой] год. И можн[о] в сущности для своих мулов обходиться естеств[енными] лугами. Пш[еница] твёр[дая], преимущ[ественно] красная, полбы мало. Примесь белоколос[ых] и плотнокол[осых.]

Изредка в ней овёс, преимуществен[но] культур[ные] формы. Ячмень также немного содержит овса.

[10] Здесь и далее при подготовке «Дневника» к печати календарные даты записей выделены жирным, а вверху синим в квадратных скобках проставлены номера страниц: с символом «а» – для левой части разворота тетради, с символом «б» – для правой, так как номера страниц у Н.И. проставлены только на разворотах.

[11] Верста – 1066,8 м.

[12] Скорее всего, можжевельник процедурный (*Juniperus procera* Hochst. ex Endl. – тыда (*амх.*)). Хотя в «Пяти континентах» (Вавилов Н.И. Пять континентов. Изд. 2-е. М.: Наука, 1987) указано на можжевельник высокий – *Juniperus excelsa* M. Bieb.

[13] Страна неверных (*фарси*). Историческое название афганской провинции Нуристан и прилегающей к ней территории. В 1924 г. Н.И. в одиночку обследовал ее.

[14] Дмитрий Демьянович Букинич (1882 или 1884–1939) – инженер-мелиоратор, археолог, этнограф, путешественник. Окончил МСХИ (1907) и Археологический институт (1928?). В 1924 г. вместе с Н.И. Вавиловым обследовал Афганистан, в 1926–1927 гг. предпринял еще одну экспедицию для выявления полезных ископаемых и провел сборы культурных растений для вавиловского ВИПБиНК близ Чирикара, в районах Бамиана, Гайбага, Бана и вдоль р. Логар. Впервые осуществил почвенное исследование Афганистана и составил карту почв этой страны.

[15] Приводятся фото, их порядковые номера и подписи под ними из альбома «Абиссиния» Н.И. Вавилова, собранного из его фотографий после возвращения из абиссинской экспедиции. Сканы хранятся в архивах Мемориального кабинета-музея Н.И. Вавилова (ИОГен РАН, Москва) и JERBE-2012 (ИПЭиЭ им. А.Н. Северцова РАН, Москва). Оригинал в 2014 г. передан в Российский государственный архив экономики (РГАЭ. Ф. 1056 (фонд Н.И. Вавилова)).

[16] Самая многочисленная народность Абиссинии. В настоящее время называются «оромо». Название «галла» было более распространенным до революции 1974 г. Согласно преданию, оно восходит к отказу оромо принять ислам: *гал ла* с местного диалекта арабского языка переводится как «сказали нет».

[*стр. 34а*]

Но в общем овса мало.

На 2300$_{-50-40}$ [м] начинается снова культура дур[ры][17].

Выше её нет. Очевидно[,] по клим[атическим] условиям[,] и[,] т[аким] обр[азом,] граница дурры зде[сь] около 2300–2350 mt.

Больших деревень нет, но посёлки раз[б]росан[ы] к[ак] б[ы] хуторами, по 4–5 изб вместе. Дорог сколько-либо установл[енных] нет. Т[аким] обр[азом,] этот примитив ещё дальше в своём устроении в нетронутых европейцами частях, чем в Афганистане.

Смотрю внимательн[о] дикую растительность, но в ней не вижу родичей [возделываемых растений]. Это важный факт. Их нет, нет для яч[меня].

Конечно, я в январе, а надо бы посм[отреть] [в] дождлив[ом] периоде вскоре. М[ожет] б[ыть], что-либо нашлось.

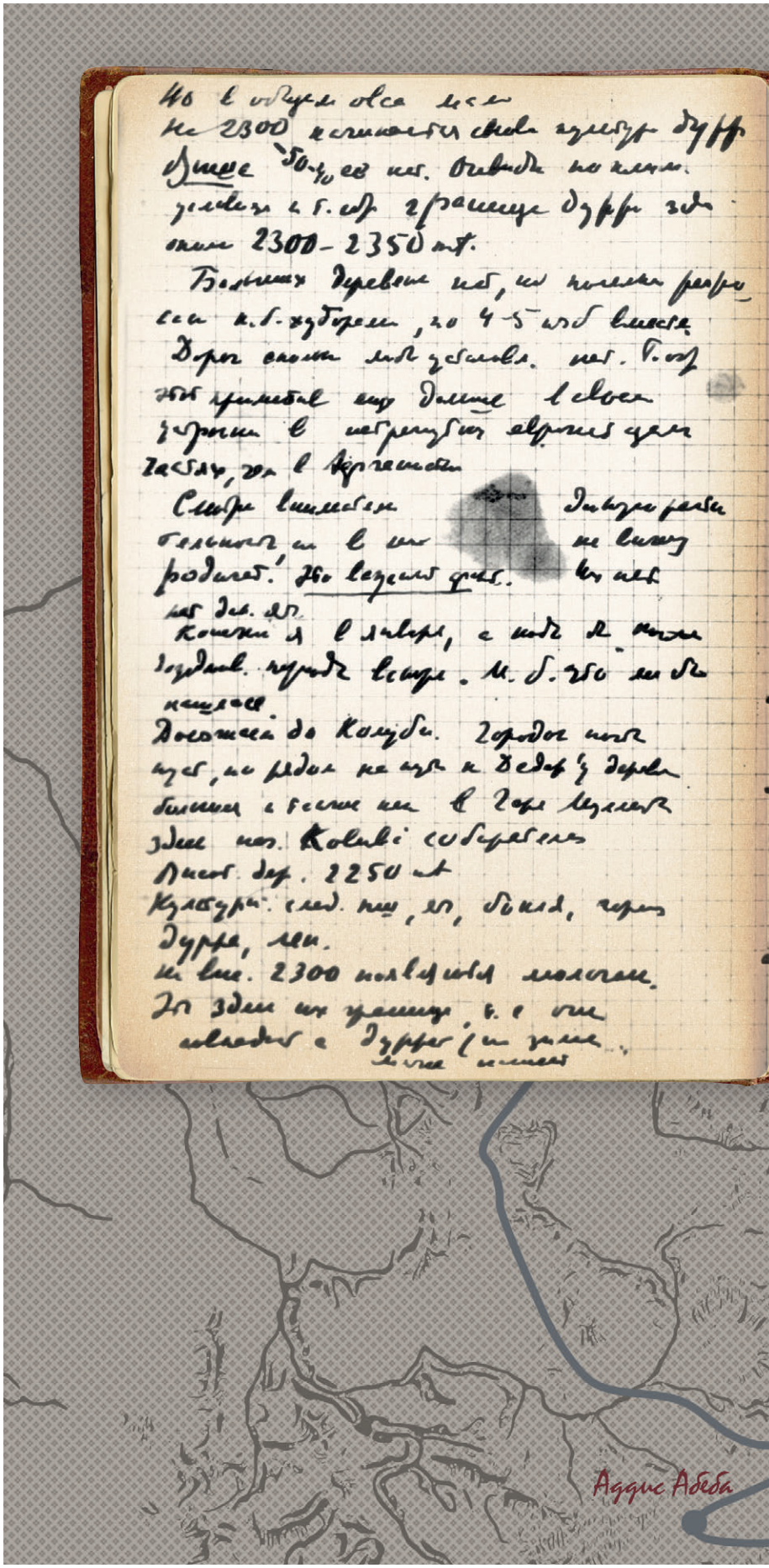
Доезжаем до Колуби [Кулуби]. Городок почти пуст, но рядом на пути к Дедер'у деревня большая и также как в Гара Муллета [Мулета] здесь наз[вание] Kolubi [Kulubi] собирательно.

Высот[а] дер[евни] 2250 mt.

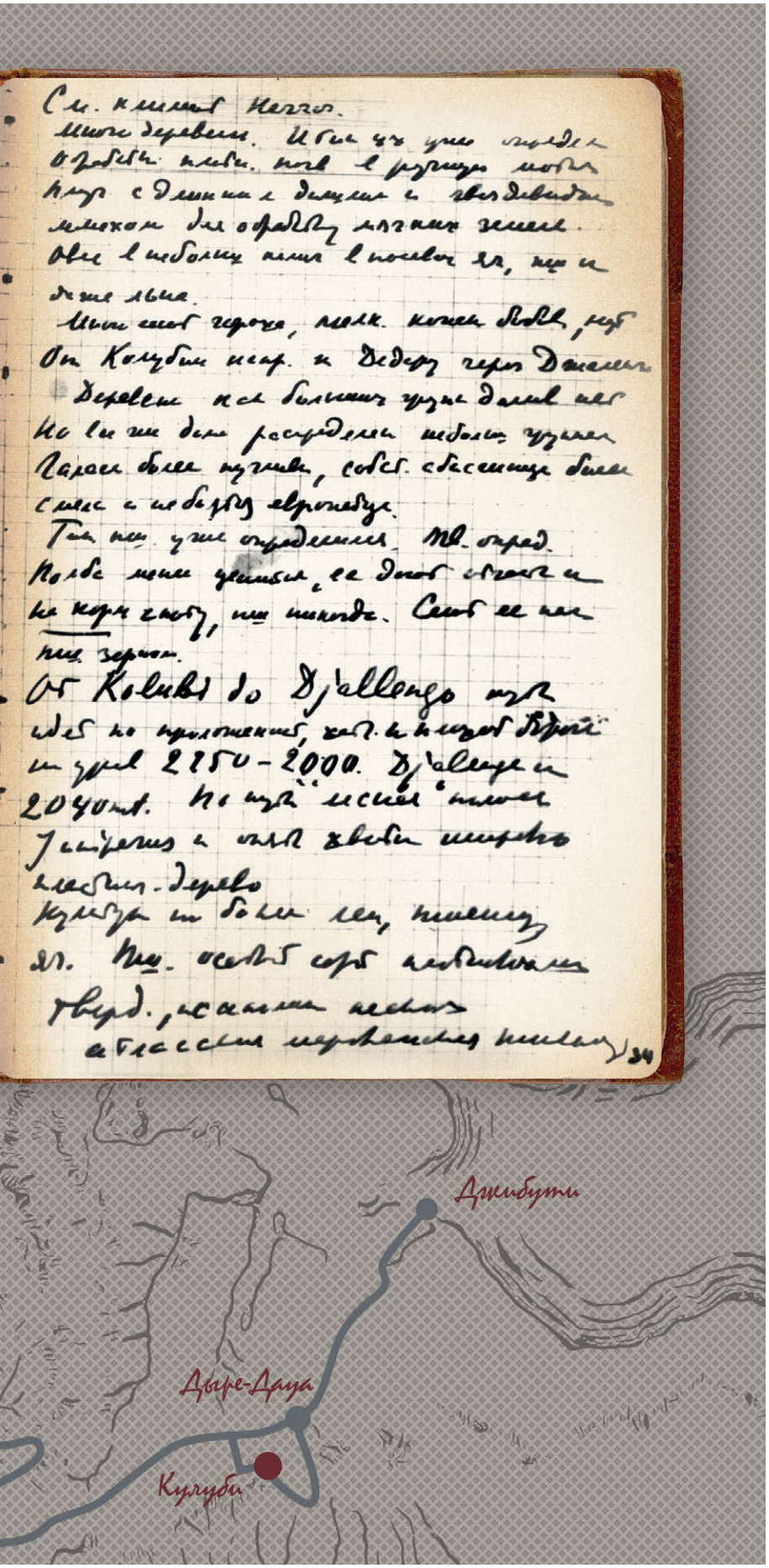
Культуры след[ующие:] пш[еница], яч[мень], бокля[18], горох, дурра, лён.

На выс[оте] 2300 [м] появляются молочаи.

Это здесь их граница, т. е. она совпадает с дуррой (по зиме мягче климат).



[17] Дурра, или хлебное сорго – *Sorghum durra* (Forssk.) Stapf (= syn. *Sorghum bicolor* (L.) Moench. subsp. *bicolor*).
[18] Бобы (*амх*).



[*стр. 34б*]

См. климат Harrar[19].

Много деревень. И тип их уже определ[ённо] обработк[а] плотн[ых] почв в ручную моты[гами.] Плуг с длинным дышлом[20] и гвоздевидным лемехом для обработки мягких земель.

Овёс в небольш[их] колич[ествах] в посевах яч[меня,] пш[еницы] и даже льна.

Много сеют гороха, мел[ких] конск[их] бобов, нут.

От Колуби [Кулуби] напр[авляемся] к Дедеру через Джаленко [*Челенко – ЮВ*].

Деревень как больших групп домов нет. Но всё же дома распределены небольш[ими] группами.

Гал[л]асы более пугливы, собст[венно] абиссинцы более смелы и не боятся европейца.

Тип пш[ениц] уже определился. Тв[ёрдая] опред[елённо]. Полба менее ценится, её дают отчасти и на корм скоту, пш[еницу –] никогда. Сеют её [полбу] как пш[еницу] зерном[21].

От Kolubi [Kulubi] до Djallenqo [Chalenqo] путь идёт по проложенной, хоть и плохой дороге на уров[не] 2250–2000 [м]. Djallenqo [Chalenqo] [расположен] на 2040 mt. По пути лесная полоса *Juniperus* и опять хвойн[ое] широкопластинч[атое] дерево.

Культура поболее лён, пшеница, яч[мень]. Пш[еница] особый сорт [–] плотноколос[ая] твёрд[ая], напоми[нающая] несколь[ко] атласские марок(к)анские пшеницы.

[19] См. с. 17б, 18а, 18б (Вавилов Н.И. Voyage en Afrique: Сомалия. Абиссиния. Часть 1. *Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2022;8(1):5-83).
[20] Точнее грядилем.
[21] Обрушенную, т. е. не в плёнках.

[*стр. 35а*]

~~В Д.~~ Население озлобленно относится к взятию образцов, или боится [сглаза][22].

В Djalengo [Chalenqo] большой посев. Самое интересно[е] чёрный горох – ранний. Он, говорят[,] созревает в 5–6 недель, когда белый в 2 раза > позд[ний].

«Геша»[23], заменяющее хмель. В гор[ных] районах есть фиол[етовая] пшен[ица], полба. Пш[еница] пестра. Ячме[нь] *palli*[*dum*][24].

«Нук» – не масл[ичный], бокля очень мелкая, но с примесью бело[й,] чечевиц[а] крас[ная], много белого гороха.

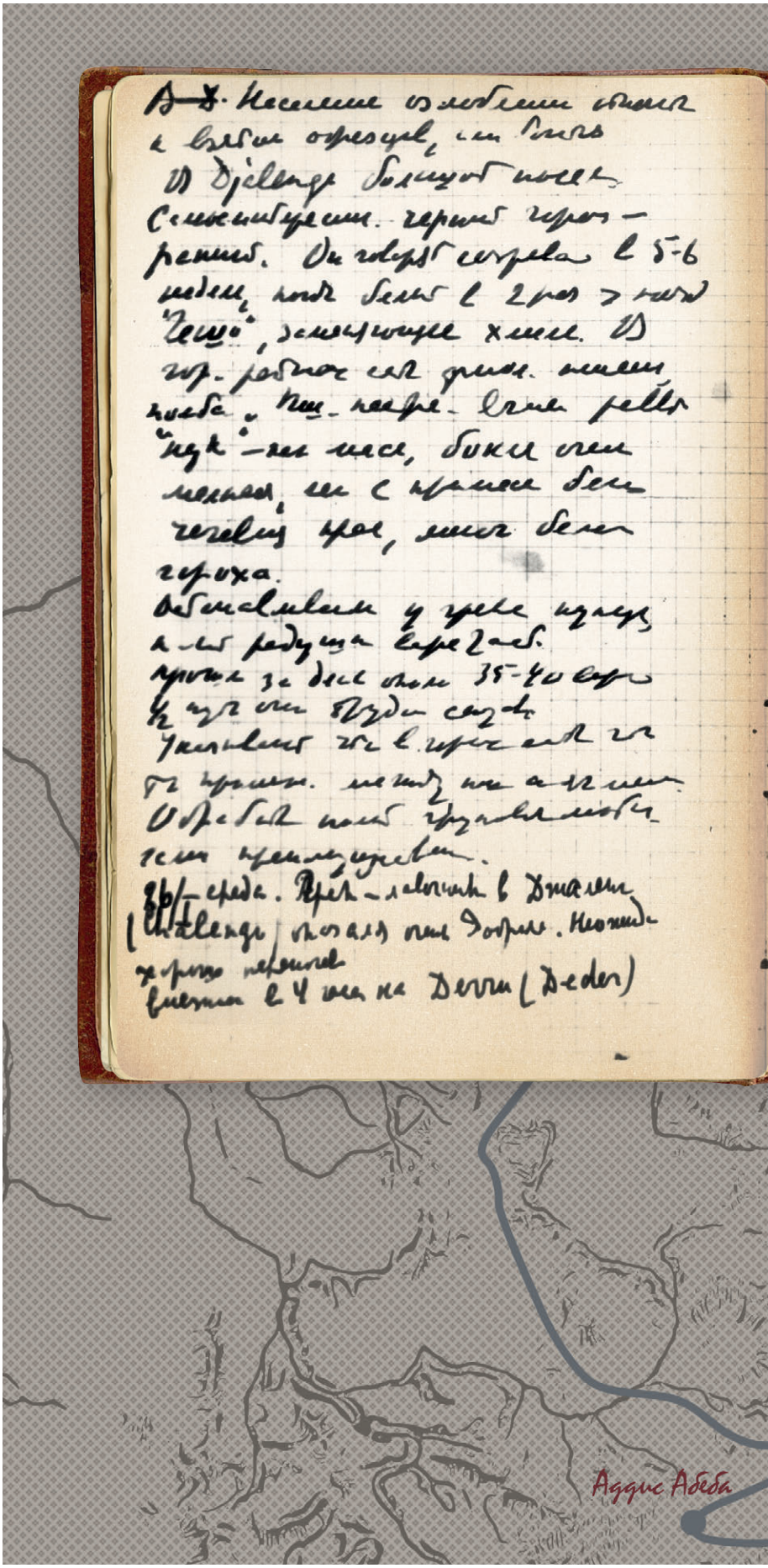
Останавливаемся у грека[-]купца, к[отор]ый радушно встречает.

Прошли за день около 35–40 вёрст. ½ пути очень трудный спуск.

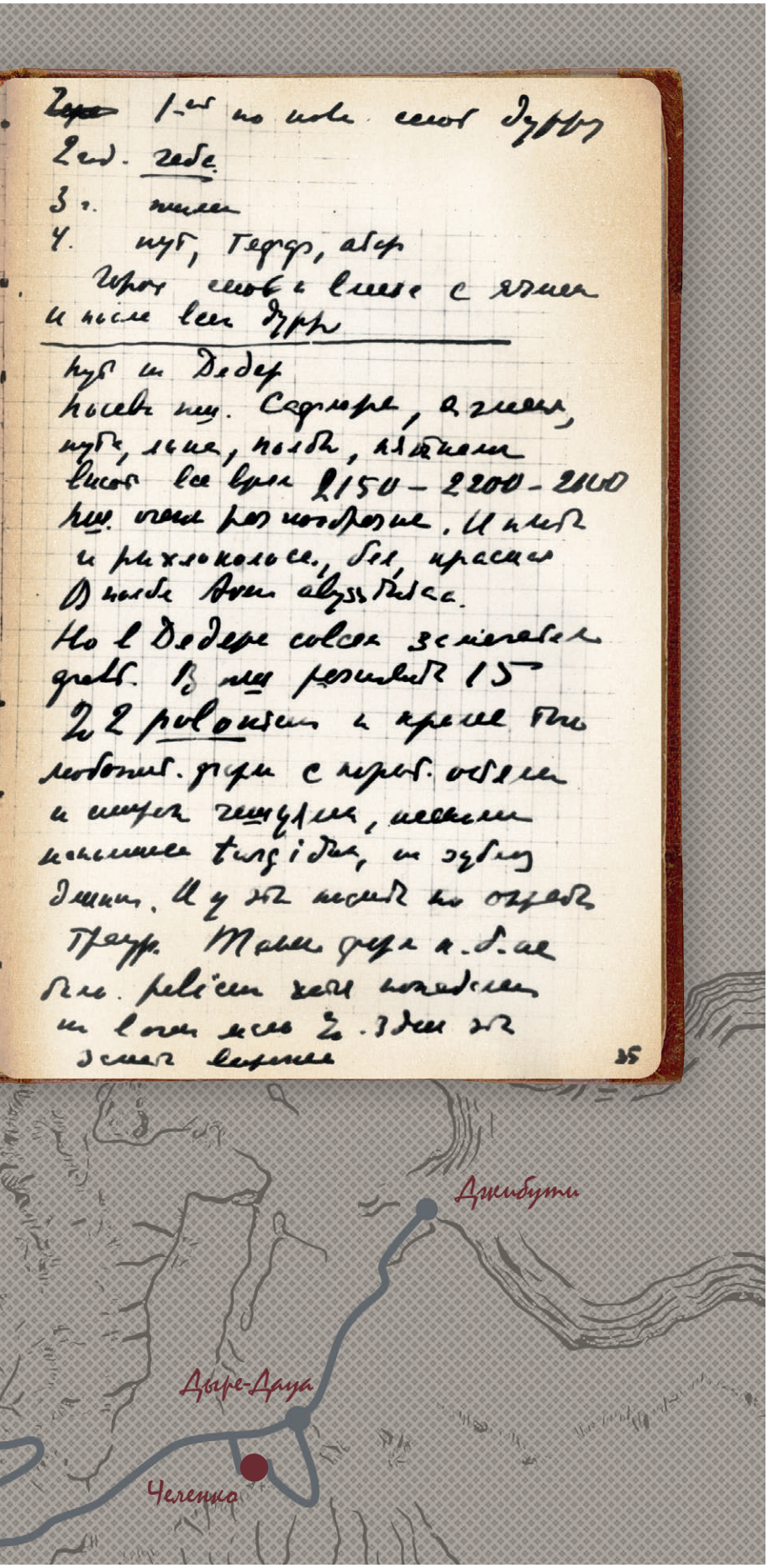
Указывает[,] что в горах есть что-то промеж[уточное] между пш[еницей] и ячменём. Обработк[а] полей групповая[,] мотыгами преимуществен[но].

26/I среда. Грек-лавочник в Джаленко (Chalenqo) оказался очень добрым. Неожиданно хорошо переночев[али].

Выезжаем в 4 часа на Derru (Deder).



[22] См. «Пять континентов». С. 138.
[23] Облепиха (*Rhamnus prinoides* L'Hér.).
[24] Рыхлоколосый, с желто-соломенным колосом многорядный ячмень.



[*стр. 35б*]

~~Чере~~ 1-ой по нови[25] сеют дурру.
2[-й] год [–] гибс[26]
3[-й] г[од –] пшен[ицу]
4[-й год –] нут, тефф[27], атар[28]
Горох сеют вме[с]те с ячменём и после всех дурру.

Путь на Дедер.
Посевы пш[еницы], сафлора[29], ячменя, нута, льна, полбы, пятнами.
Высота всё время 2150–2200–2600 [м.]
Пш[еница] очень разнообразна. И плотн[о-,] и рыхлоколоса[я], бел[ая], красная.
В полбе *Avena abyssinica* [Hochst., овёс абиссинский].
Но в Дедере совсем замечател[ьный] факт. В пш[енице] разновидн[ости] <похоже на рисунок Н.И.> % 2 [*T.*] *polonicum* и[,] кроме того[,] любопыт[ные] формы с корот[кими] остями и широк[ими] чешуями, нескольк[о] напомин[ающие] [*T.*] *turgidum*, но зубец [колосковой чешуи] длинный. И у этих носитс[я] по ограде траур. Таких форм к[ак] б[ы] не было [у] [*T.*] *pol*[*on*]*icum*[,] хотя попадали не в очень мал[ый] %. Здесь это заметн[о] выражен[о].

[25] Чаще всего новью называют поднятую целину, раскорчевку, реже – вспаханную многолетнюю залежь.
[26] Ячмень (*амх.*).
[27] *Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter.
[28] Горох (*амх.*).
[29] Сафлор красильный, дикий шафран, красильный чертополо́х (*Carthamus tinctorius* L.) – однолетнее растение. Древняя масличная и техническая (красильная) культура.

[*стр. 36а*]

Т[аким] обр[азом,] за неделю путешест[вия] думаю[,] что видел с 50 разнов[идностей:] 3 [*Т.*] *dicocc*[*um*], 2 [*Т.*] *polon*[*icum*] (<два слова неразборчиво>), [*Т.*] *pyramidale* и твёрд[ой] среди, имеет рыхл[околосые] и[,] наконец[,] фиолет[овозёрные] и целый ряд переходов от [*Т.*] *dicoc*[*cum*] к [*Т.*] *durum* и др[угим] видам.

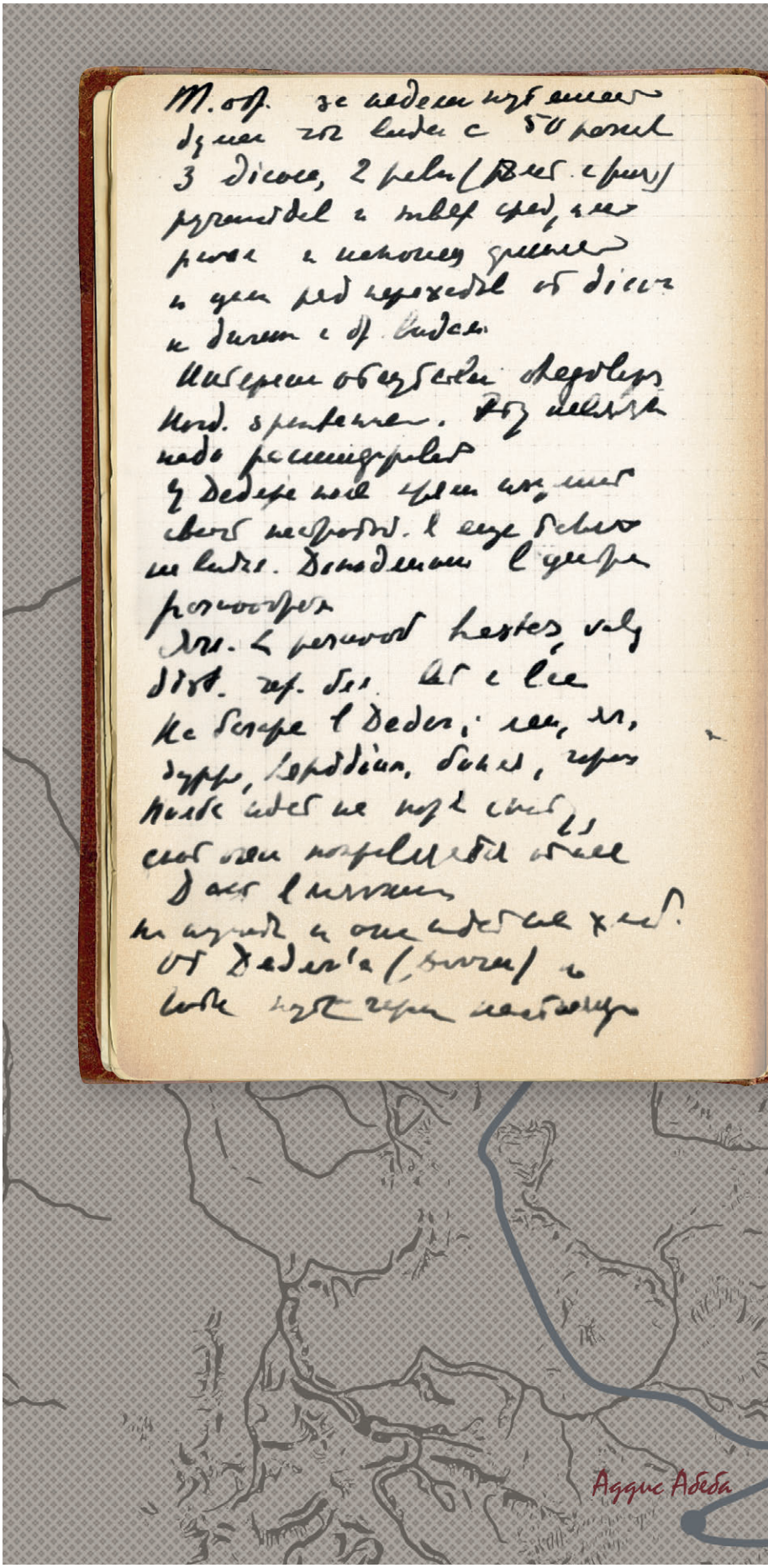
Интересно отсутствие *Aegilops*, *Hord*[*eum*] *spontaneum* [(K. Koch) Thell.][30]. Эту невязк[у] надо расшифровать.

У Дедера поле прямо пышет своей пестротой. Я ещё такого не видел. Доподлинно в центре разнообразия.

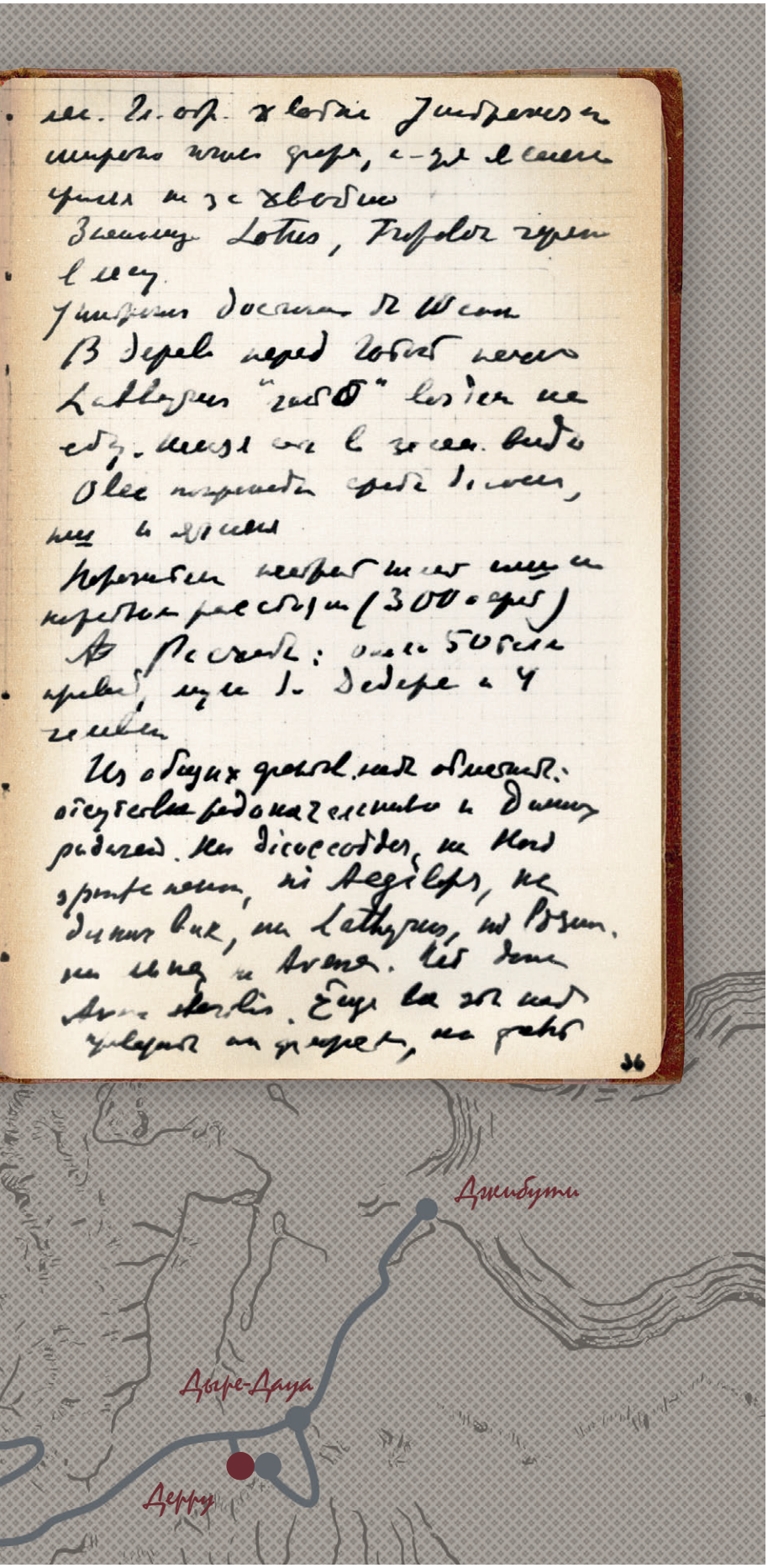
Ячм[ень] < разнооб[разный] *hiatus*[31], (<два слова неразборчиво> чёр[ный,] бел[ый]. Вот и всё. На базаре в Deder: лён, яч[мень], дурра, *Lipidium*[32], бокля, горох[.]

Полба идёт на корм скоту, скот очень поправляется относ[ительно]. Д[ля использования] ост[истых] в мягких не получить[,] и она идёт на хлеб.

От Deder'a (Derru) и Готи путь через настоящий



[30] Дикий ячмень.
[31] Хиатус (*лат.* – разрыв) – резкие морфологические различия между таксонами во внешнем облике.
[32] Кресс-салат.



[*стр.36б*]

лес[33]. Гл[авным] обр[азом] хвойн[ые –] *Juniperus* и широкоигол[ьчатые] формы, к[отор]ые я снача[ла] принял не за хвойные.

<слово неразборчиво> *Lotus*, *Tripolium*[34] чер[неет] в лесу.

Juniperus достигает до 10 саж[еней.]

В дерев[не] перед Готой нечасто *Lathyrus*[35] «часто» воздел[ывается] на еду. Нельзя есть в зелёном виде[36].

Овёс <слово неразборчиво> среди бокли, пш[еницы] и ячменя.

Поразитель[ную] пестрот[у] несёт пш[еница] на коротком расстоянии (300 вёрст).

~~А~~ Расчеты: около 50 талл. провиант, мулы до Дедера и 4 человека.

Из общих фактов надо отметить: отсутствие родоначальников и диких родичей. Ни [*T.*] *dicoccoides*, ни *Hord*[*eum*] *spontaneum*, ни *Aegilops*, ни диких вик, ни *Lathirus*, ни *Pisum*, ни льна и *Avena*. Нет даже *Avena sterilis* [L. – овёс бесплодный]. Еще всё это надо проверить по флорам, но факт

[33] До середины XVIII века больше половины территории страны было занято лесами, но хозяйственная деятельность радикально их сократила.

[34] *Tripolium pannonicum* (Jacq.) Dobrocz. – морская, или прибрежная, астра. Растет на солончаках.

[35] Чина.

[36] По этой причине абиссинцы перед употреблением зеленые семена нута отмывают в воде от вредных веществ.

[*стр. 37а*]

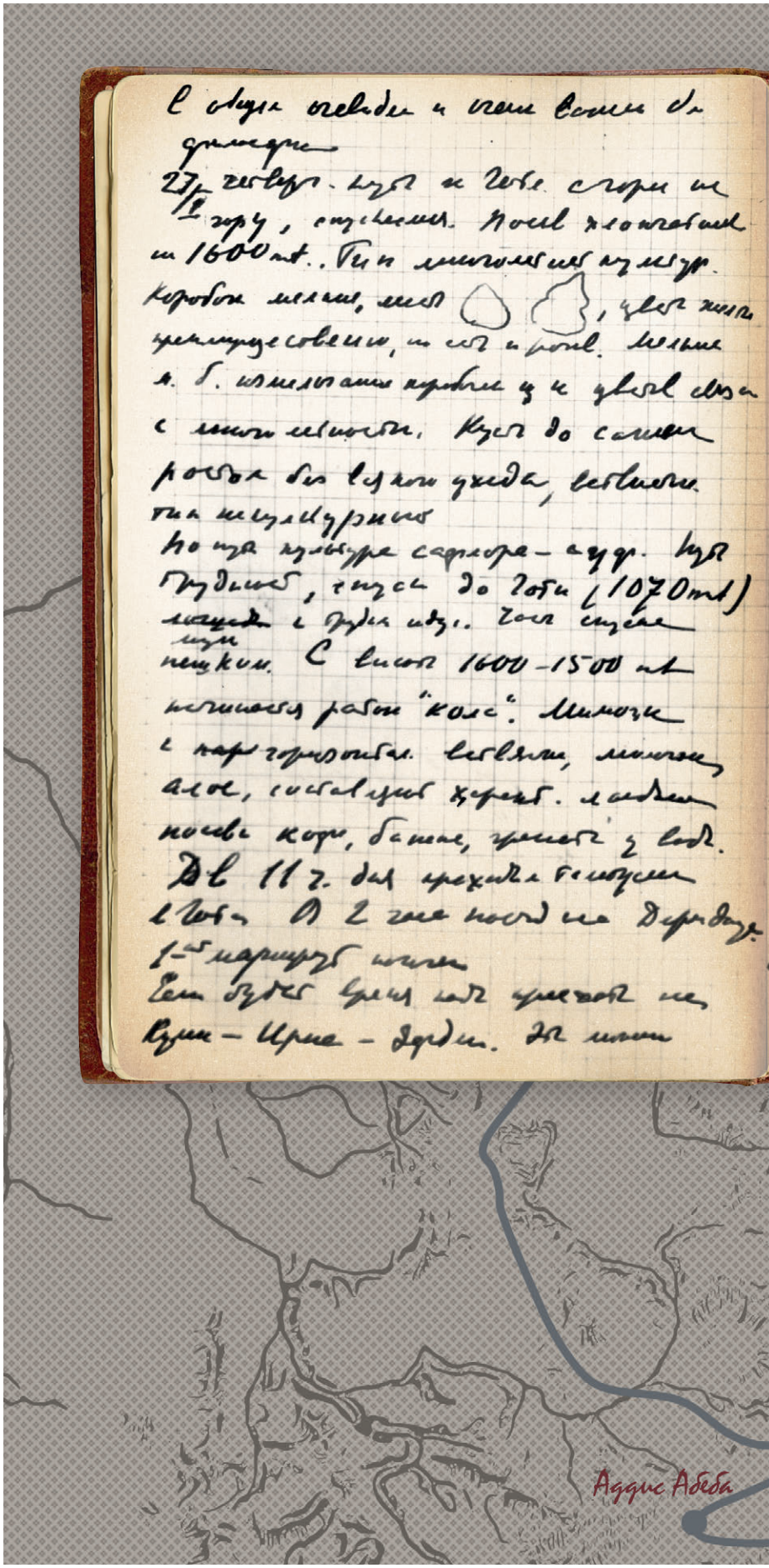
в общем очевиден и очень важен для философии.

27/I – четверг. Путь к Готе с горы на гору, спускаемся. Посев хлопчатника на 1600 mt. Тип многолет[ней] культур[ы]. Коробочка мелкая, листь[я] <рисунок Н.И. формы двух листьев>, цветы жёлты[е] преимущественно, но есть и розов[ые]. Мелкие, м[ожет] б[ыть,] измельчание коробочек ~~у~~ и цветов связано с многолетностью. Кусты до сажени ростом без всякого ухода, ветвисты[й] тип некультурный.

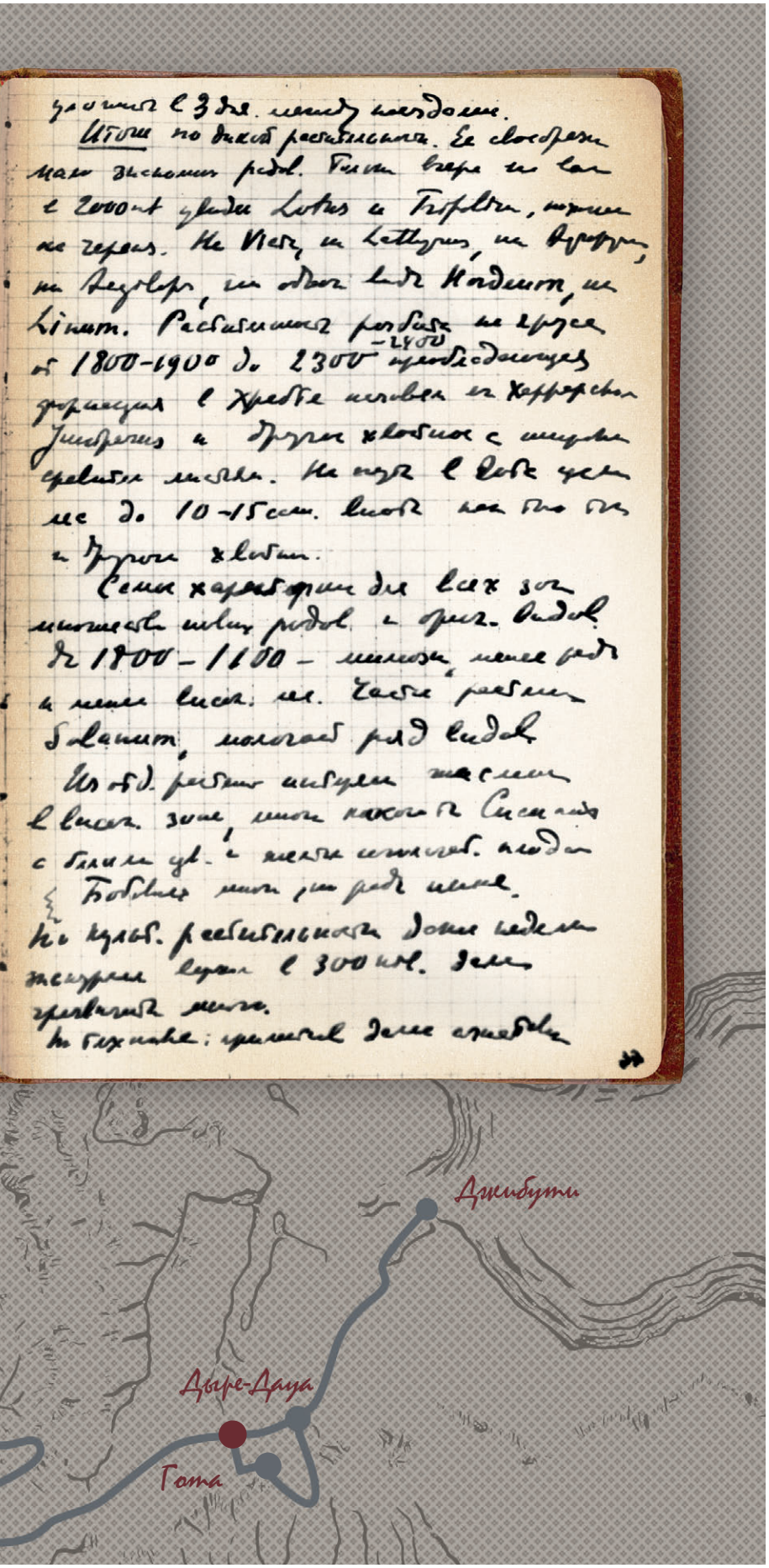
По пути культура сафлора – суф [*по-амх.*]. Путь трудный, спуск до Готи (1070 mt), ~~лошади~~ мулы с трудом идут. Часть спуска пешком. С высоты 1600–1500 mt начинается район «кол[л]а»[37]. Мимозы с ~~парал~~ горизонтал[ьными] ветвями, молочаи, алое, составляют характ[ерный] ландша[фт] посевы кофе, банана, граната у воды.

~~Д~~ в 11 ч[асов] дня проходим таможню в Готе. В 2 часа поезд на Деридауа. 1-ый маршрут кончен.

Если будет время, надо проехать на Куми–Ирна–Эфден [Афдем – *ЮВ*]. Это можно



[37] Кволла – нижняя земледельческая зона, доходит приблизительно до 1700–1800 м и характеризуется тропическим климатом. Здесь сосредоточены посевы хлопчатника. Главное хлебное растение кволлы – зерновое сорго. Она мало заселена, и местное население здесь занимается преимущественно скотоводством.



[*стр. 37б*]

уложить в 3 дня между поездами[38].

Итоги по дикой растительности. Её своеобразие, мало знакомых родов. Только вчера на выс[оте] в 2000 mt увидел *Lotus* и *Tripolium*, южнее не чёрная. Ни *Vicia*, ни *Lathyrus*, ни *Agropyrum*, ни *Aegilops*, ни обычн[ые] виды *Hordeum*, ни *Linum*. Растительность разбита на ярусы от 1800–1900 до 2300–2400 [м,] преобладающая формация в хребте [–] назовём его Харрарским – *Juniperus* и другое хвойное с широкими сравнит[ельно] листьями[39]. На пути в Готи целый лес 10–15 саж[еней] высоты[,] как были бы и другие хвойные.

Самое характерное для всех зон множество новых родов и ориг[инальных] видов. До 1800–1100 [м] – мимозы, менее родов и менее высок[ий] лес. Часто растения *Solanum*[40], молочай ряд видов.

Из отд[ельных] растений интересен жасмин в высок[ой] зоне, много какого-то *Cucumis*[41] с белыми цв[етками] и жёлтыми игольчат[ыми] плодами.

§ Бобовых много, но роды иные[, чем в Европе].

По культ[урной] растительности даже неделя экскурсии верхом в 300 kil. дала чрезвычайно много.

По технике: примитив даже [по сравнению с] азиатски[ми]

[38] Поезд Джибути–Аддис-Абеба ходил раз в три дня.
[39] Хвоей.
[40] Паслены.
[41] Род семейства Тыквенные, включает огурец (*Cucumis sativus* L.), мускусную дыню (*C. melo* L.), рогатую дыню (*C. metuliferus* E. Mey) и западно-индийский корнишон (*C. anguria* L.) и др.

[*стр. 38а*]

Мотыжная обработка дернины, примити[вность] плуга. Ручной помол или в ступах деревянных[,] или на камнях, к[отор]ые могли видет[ь] в музеях эпох до христианс[ких] <рисунок Н.И. каменной зернотёрки>. Всё в натуре. Полуодетые люди.

Небрежная культура. Огромные пустующие площади богатых земель.

Осадков здесь до 1000–900 мм[,] а распределение их неплохое. Можно расширять население или увеличить потребност[и] существующего.

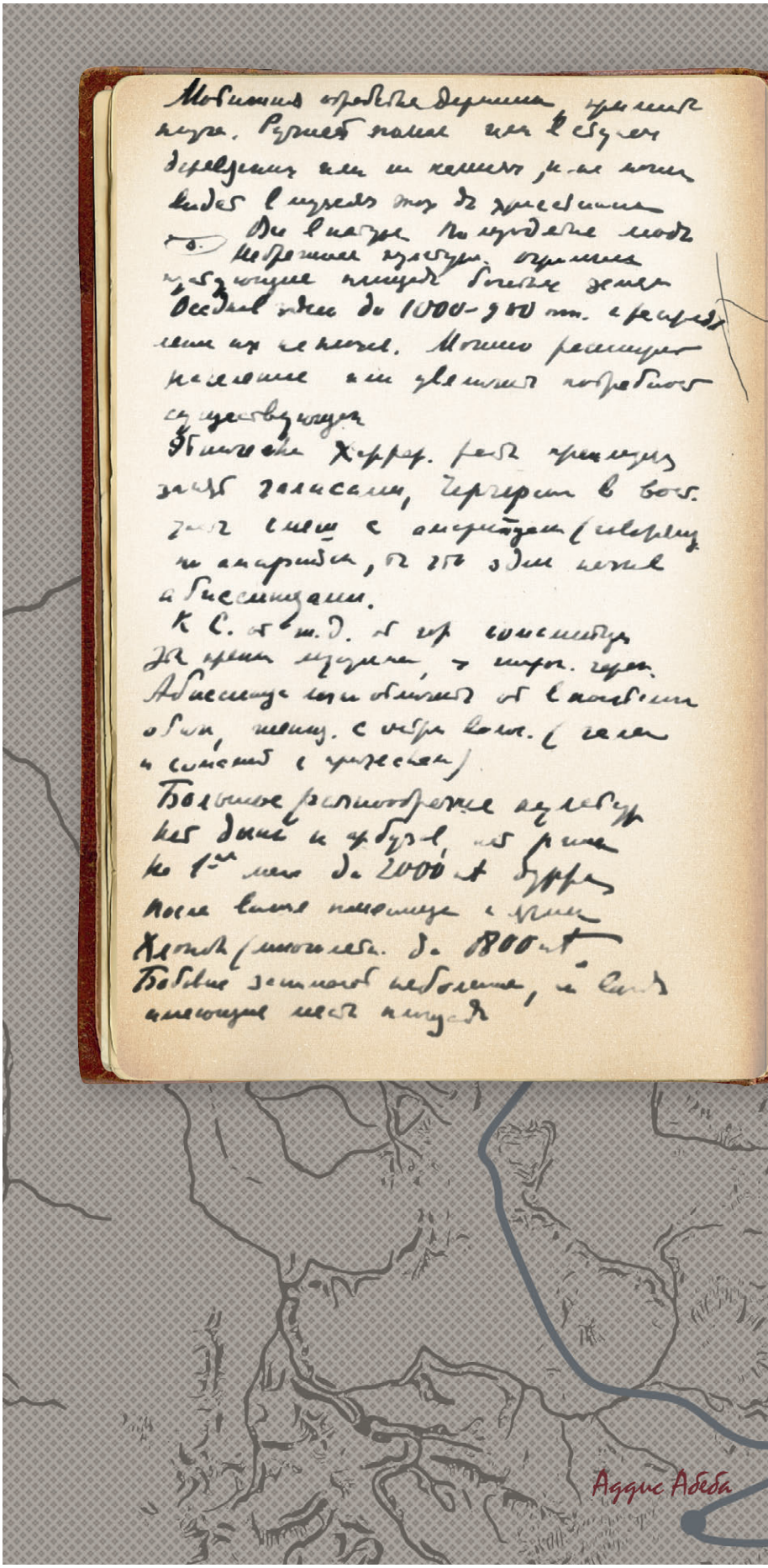
Этнически Харрар[ский] район преимущ[ественно] занят гал[л]асами, Черчерски[й] в вост[очной] части [–] смеш[анными] с амарийцами (говорящ[ими] по-амарийски[)], те[ми], что здесь назыв[ают] абиссинцами.

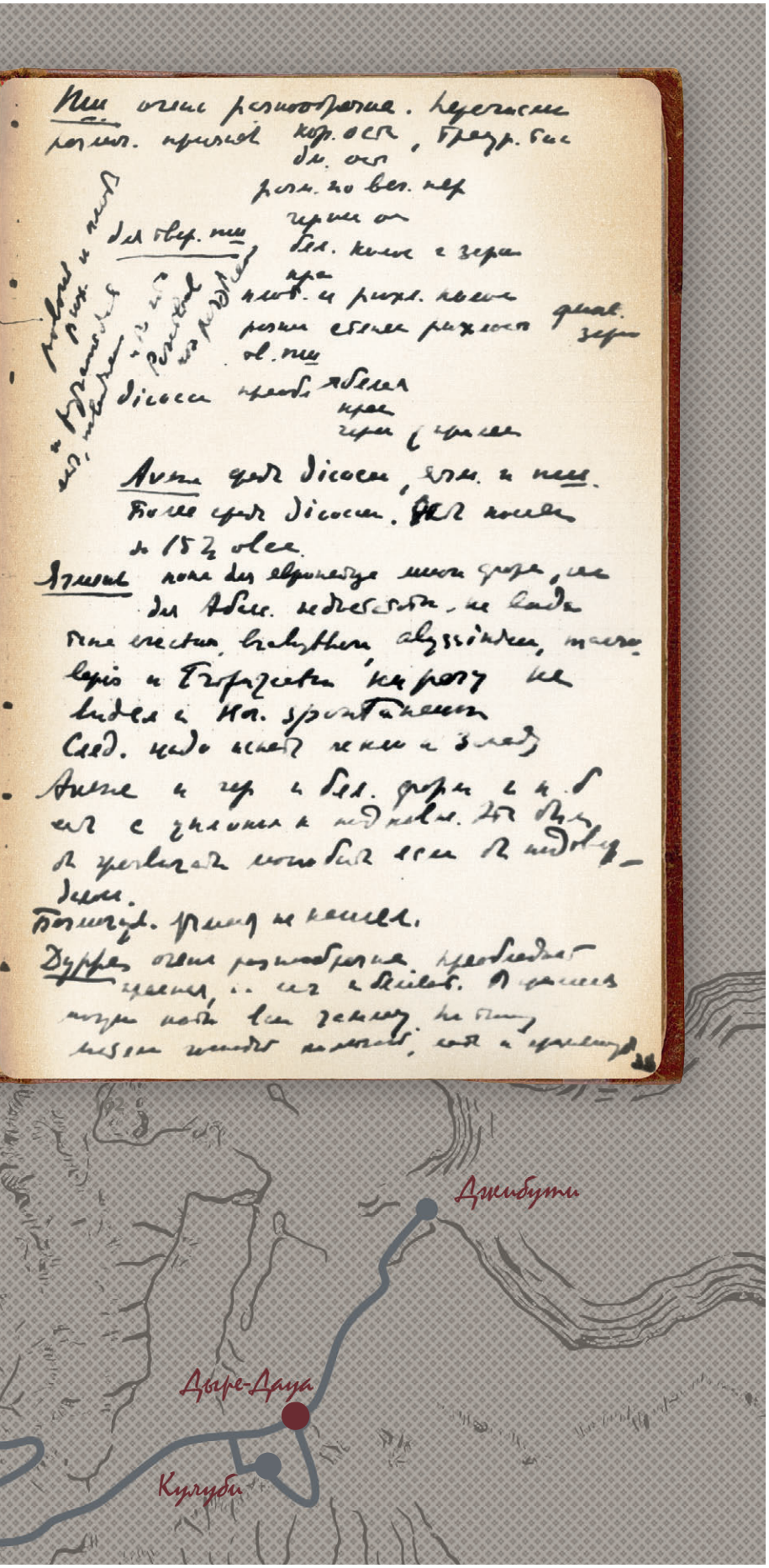
К С[еверу] от ж[елезной] д[ороги] от гор сомалийцы. Эти преим[ущественно] мусульма[не], > широк[ий] череп. Абиссинца легко отличить от [них] в <два слова неразборчиво>, женщ[ины] с остри[женными] волос[ами] (гал[л]ас и сомалий с причёсками).

Большое разнообразие культур, нет дынь и арбузов, нет риса. На 1-ом месте до 2000 mt дурра, после выше пшеница и ячмень.

Хлопок (многолетн[ий] до 1800 mt).

Бобовые занимают небольшие, но всегда имеющие место площади.





[*стр. 386*]

Пш[еница] очень разнообразна. Перечисл[им] различ[ия] признаков [–] кор[отки]е ости, траур[ный] тип, дл[инные] ости разл[ичия] по вег[етационному] пер[иоду,] чёрные ости[.]

для твёр[дой] пш[еницы] бел[ый] колос и зёрна при плотном и рыхлом колосе, различ[ная] степень рыхлости[,] фиолетовое зерно тв[ёрдой] пш[еницы]

[*T.*] *dicoccum* преобл[адает] → белая
красн[ая]
чёрн[ая] (примесь)

[*T.*] *polonicum* рыхл[ые] и плотн[ые] и [*T.*] *pyramidal*[e] есть, по[-]видимому и те[,] что Percival назв[ал] [*T.*] *persicum*.

Avena среди [*T.*] *dicoccum*, ячм[еня] и пш[еницы]. Более среди [*T.*] *dicoccum*. Есть посевы до 15 % овса.

Ячмень пока для европейце[в] много форм, но для Абисс[инии] недостаток, не видел типа *erectum*, *brachyateru*[*m*][42], *abyssinicum*[43], *macrolepis* [A. Br.][44], *trifurcatum* [Schlecht.][45]. Ни разу не видел и *Hor*[*deum*] *spontaneum*[46].

След[овательно,] надо искать пекло [творения] к Западу.

Avena и чёр[ные] и бел[ые] формы и[,] м[ожет] б[ыть,] есть с уклонен[ием] к подковке[47]. Это было бы чрезвычайно любопытн[о], если бы подтвердилось.

Безлигул[ьную] форму не нашёл.

Дурра очень разнообразна. Преобладает красная, но им[еется] и беловат[ая]. В примеси можно на[й]ти всю гамму. По типу метёлки господствует пониклый, есть и промежут[очный].

[42] Колос многорядный пирамидальной формы.
[43] Пленчатый двурядный.
[44] Двурядный.
[45] Многорядный.
[46] Вид дикого ячменя, предка ячменя культурного.
[47] Подковка находится в основании нижнего зерна. Наличие подковки характерно для диких видов овса.

[*стр. 39а*]

Пока не видел рыхлого типа. Типа <два слова неразборчиво>

Фиолетовозёр[ная] пш[еница] не так часто, но и не редко, чаще как примесь. Встретил от Гара-Муллеты 2 посева фиол[етово]зёр[ной] пшеницы.

В общем им[енно] по ячм[еню] и по пшенице, особенно по последней, чувствуется уже центр [происхождения].

Самый поразит[ельный] факт для того и др[угого] растения [–] отсутствие соотв[етствующих] дикарей. Как это понять[?] Во 1-ых[,] слабой связью последних, древним обособлением. М[ожет] б[ыть,] в Абиссинии тщательнейшие поиски дадут звенья дикарей. Но самые ближайш[ие] ветв[и] *Secale*[48], *Agropyrum*[49], *Aegilops*[50] вдалеке.

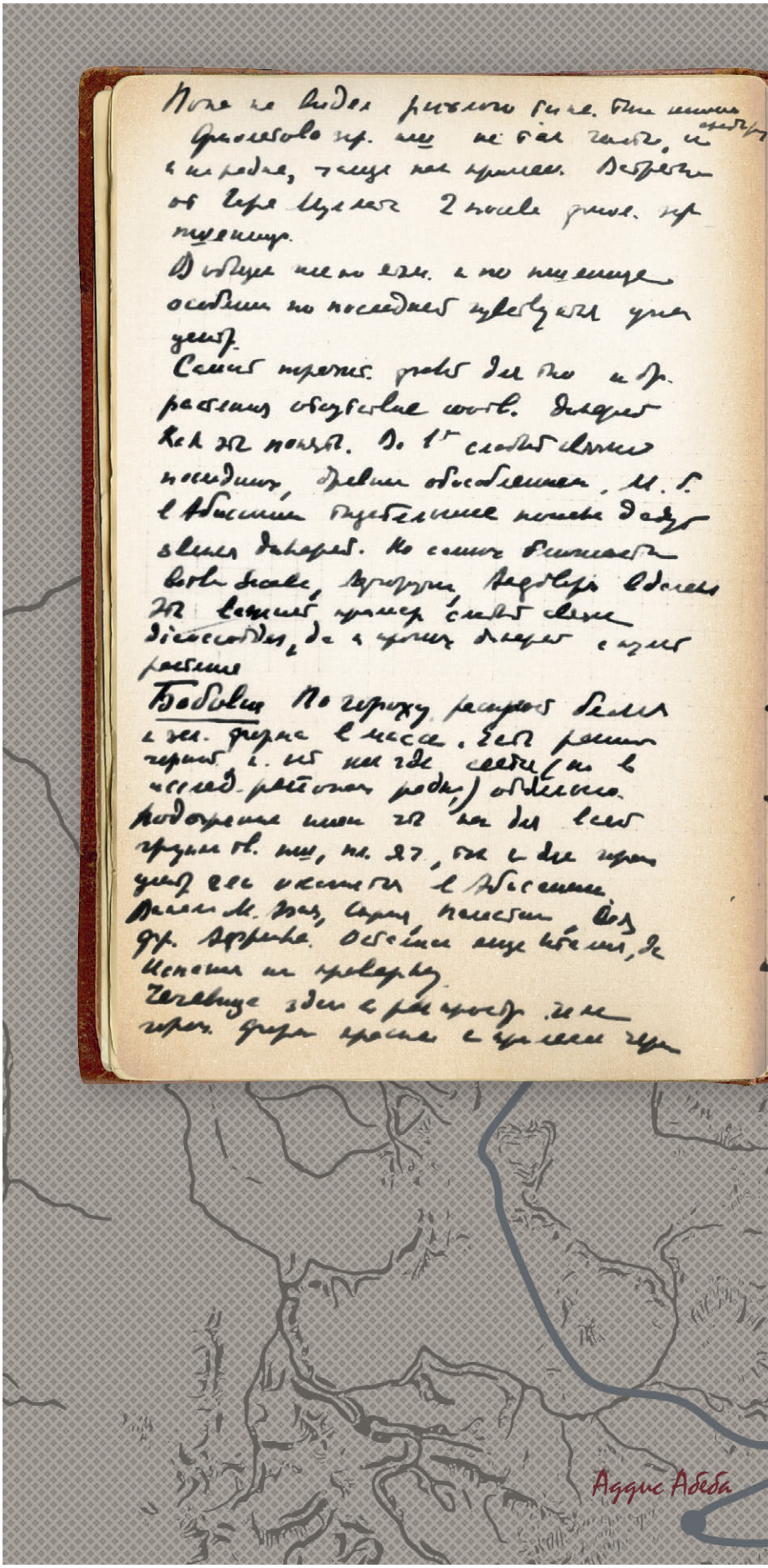
Это важней[ший] пример слабой связи [*T.*] *dicoccoides*, да и прочих дикарей с культ[урными] растения[ми].

Бобовые. По гороху распрост[ранены] белая и зел[ёная] форма в массе. Есть ранний чёрный и кот[орый] кое[-]где сеется (но в исслед[ованных] районах редко) отдельно.

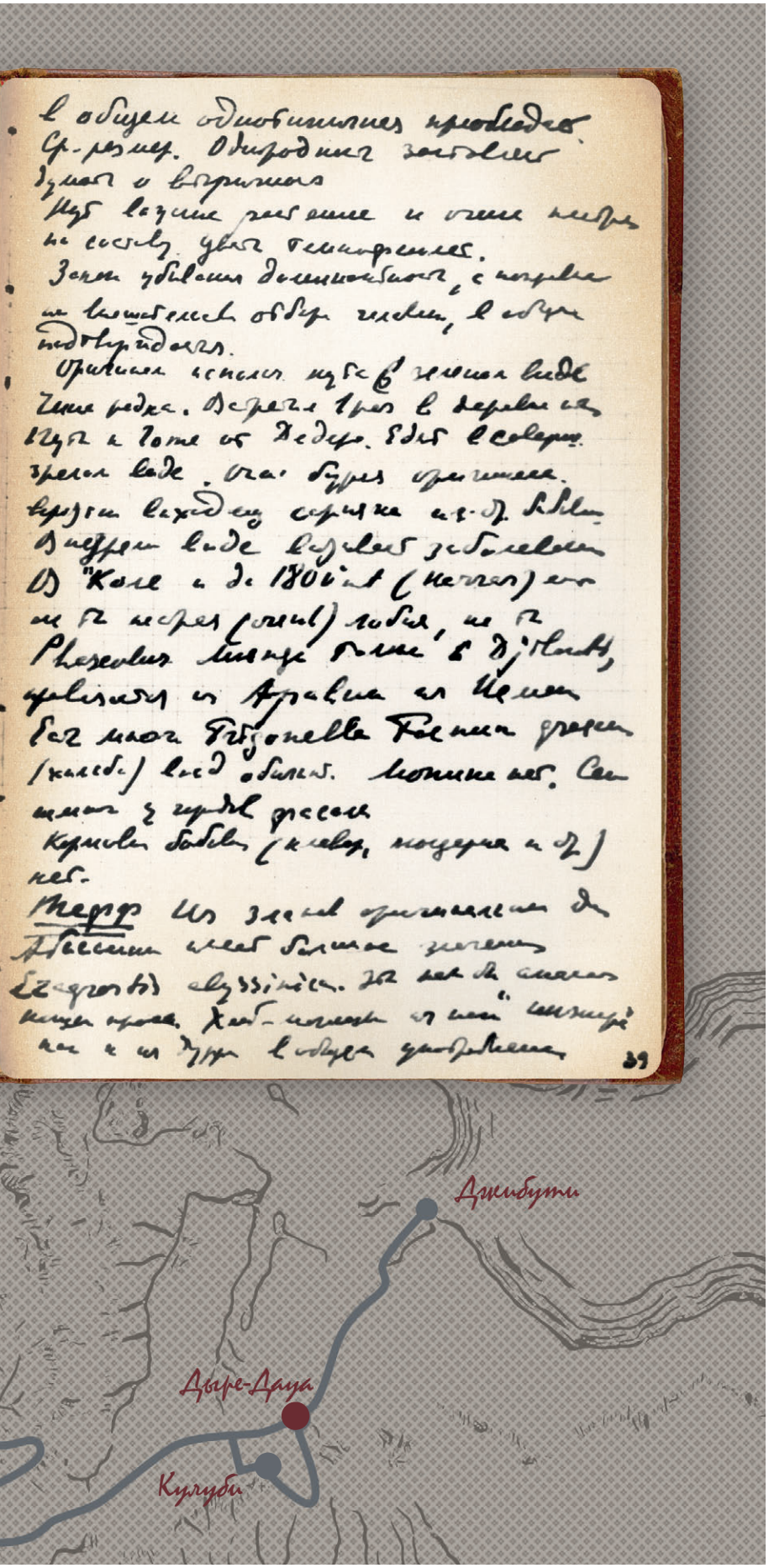
Подозрения наши[,] что как для всей группы тв[ёрдой] пш[еницы], пл[ёнчатого] яч[меня], так и для гороха центр ген окажется в Абиссинии.

Знаем М[алая] Азия, Сирия, Палестина, вся фр[анцузская] Африка. Осталась ещё Италия, да Испания на проверку.

Чечевица здесь < распр[остранена], чем горох. Формы красные с примесью чёрн[ых],



[48] Рожь.
[49] Пырей.
[50] Эгилопс, или коленница.



[*стр. 39б*]

в общем однотипичная преобладает.

Ср[едний] размер. Однородность заставляет думать о вторичных[51].

Нут важное растение и очень пёстрое по составу. Цветы тёмно[-]фиолет[овые].

Закон убывания доминантности, с поправкой на вмешательство отбора человеком, в общем подтверждается.

Оригинал[ьное] использ[ование] нута в зелёном виде.

Чина[52] редка. Встретил 1 раз в деревне на пути к Готе от Дедера. Едят в соверш[енно] зрелом виде. Очень бурая оригиналь[на], вероятно[,] выходец сорняка из др[угих] бобовых. В незрелом виде вызывает заболевание. В «Кол[л]е[»] и до 1800 mt (Harrar) есть не то пёстрая (очень) лобия[53], не то *Phaseolus*. Месир [чечевица (*амх.*)] только в Djibouti, привозится из Аравии из Йемена.

Есть много *Trigonella foenum-graecum* (хильба)[54][,] возд[елывается] обильно. Люпина нет. Сеют немного у городов фасоль.

Кормовых бобовых (клевер, люцерна и др.) нет.

Тефф. Из злаков[,] оригинальных для Абиссинии[,] имеет большое значение *Eragrostis abyssinica* [(Jacq.) Link][55]. Это как бы аналог нашего проса. Хлеб-лепёшка из пш[еницы] «ин[д]жера»[,] как и из дурры[,] в общем употреблении.

[51] Вторичные центры, по Декандолю (1885) и Вавилову (1927а, б), – это районы возникновения новых форм уже не от диких предков, а от предшествующих культурных форм, сосредоточенных в одном географическом месте, нередко далеком от первичного центра.

[52] *Lathyrus sativus* L. Тем не менее Ф.Л. Залкинд опишет две новые разновидности var. *coerulescens* (Al.) Zalk. и var. *addis-abebae* Zalk., выделив абиссинские чины в отдельный proles *abyssinicus* Zalk. (Залкинд Ф.Л. Чина. В: Культурная флора СССР. Т. 4. Зерновые бобовые. М.; Л.: Изд-во совх. и колх. лит., 1937;171-227).

[53] Или гиацинтовые бобы (*Lablab purpureus* = syn. *Dolichos lablab* L.)

[54] Пажитник сенный, или шамбола. Однолетнее растение. Кормовое. Лекарственное – цветущие верхушки содержат тригонеллин. Суррогат кофе. Используется в кулинарии как пряноароматическое (запах кумарина). Для предохранения шерстяных вещей от моли.

[55] Синоним *Eragrostis tef*.

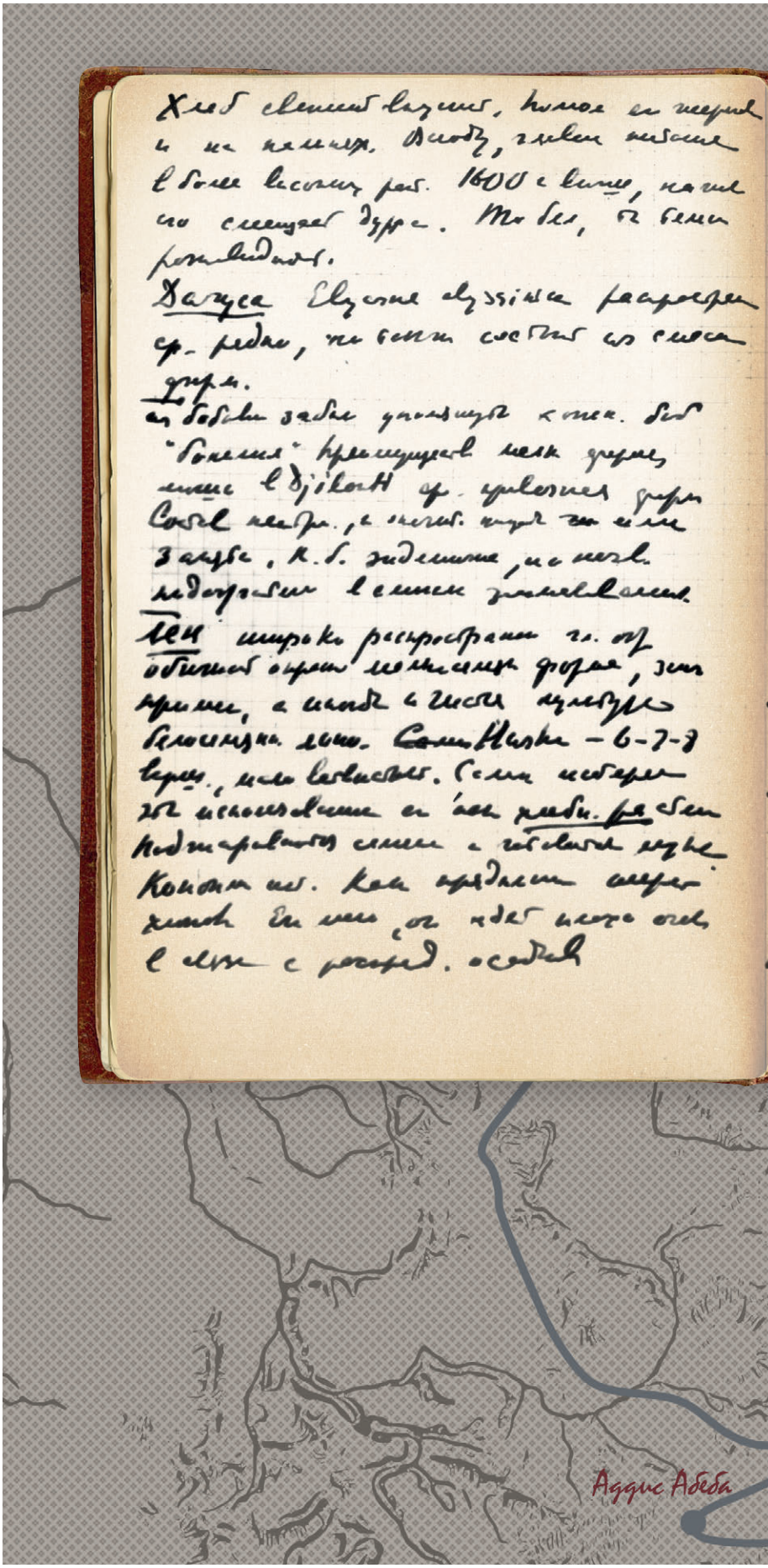
[*стр. 40а*]

Хлеб свежий вкусный. Помол его жерновами и на камнях. Всюду, главное питание в более высоких рай[онах,] 1600 [м] и выше, ниже его смещает дурра. То бел[ых], то тёмн[ых] разновидност[ей].

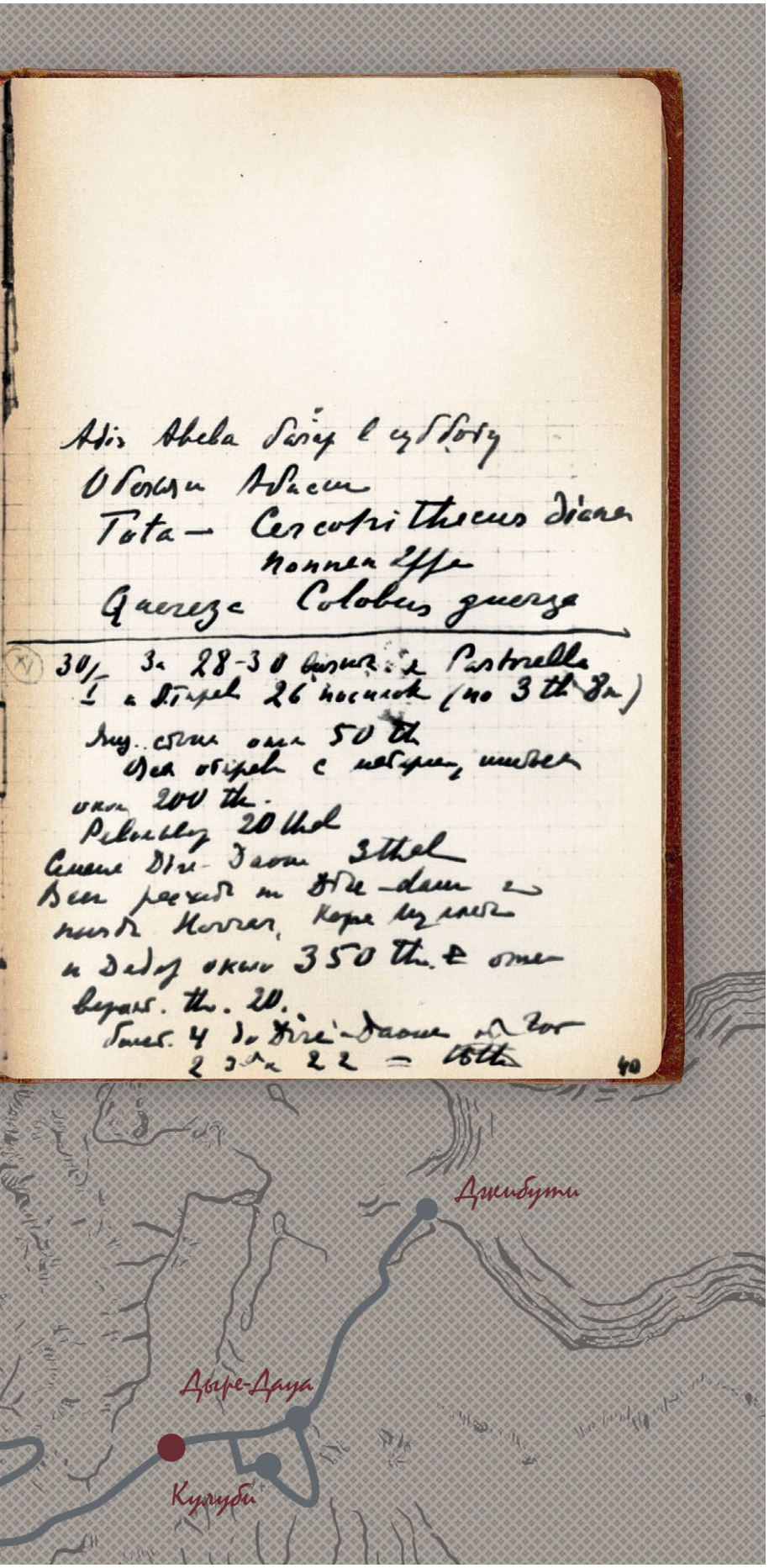
Дагусса. *Eleusina abissinica*[56] распростран[ена] ср[авнительно] редко, но также состоит из смеси форм.

Из бобовых забыл упомянуть конск[ие] боб[ы] «бокелия»[57]. Преимуществ[енно] мелк[ая] форма, лишь в Djibouti ср[едние] привозн[ые] форм[ы]. Состав пёстры[й], и <два слова неразборчиво> ~~чем~~ или <слово неразборчиво>, к[ак] б[удто] эндемичные, но назв[ание] подозритель[но] в смысле заимствования.

Лён широко распространён[,] гл[авным] обр[азом] обычной окраски мелкосемян[ные] формы, знач[ительны] примеси, а иногда и чистая культура белосемянн[ого] льна. ~~Семи~~ Низки[й] – 6–7–8 верш[ков][58], мало ветвистый. Самое интерес[ное] это использование его как хлебн[ого] растения. Поджариваются семена и готовится мука. Конопли нет. Как прядильн[ая] [культура] амер[иканский] хлопок. Его мало, он идёт плохо[,] очев[идно,] в связи с распред[елением] осадков[59].



[56] Д. б. *Eleusine coracana* (L.) Gaertn.
[57] *Амх*. bak'ēla.
[58] То есть 26,67–31,12–35,56 см (1 вершок = 4,45 см).
[59] Район выращивания вóйна, где мало осадков. При Вавилове хлопок возделывался в основном в долине р. Аваш.



[*стр. 40б*]

Adis-Abeba [Addis-Ababa] базар в субботу.
Обезьяны Абиссинии.
Tota[60] – *Cercopithecus diana* [L.][61]
Nonnenaffe[62]
Guereza *Colobus guereza* [Rüppell][63]

30/I [воскресенье][64]**.** За 28–30 [января] визиты к Pastorella и отправ[ил] 26 посылок (по 3 th[aller] 8 p[iastros]).
Ящ[ики] стоим[остью] окол[о] 50 th.
Вся отправка с материалом, шитьём окол[о] 200 th.
Револьвер 20 thal.
Семена Dire-Daowa [Dire Dawa] 3 thal.
Всего расходов по Dire-daowa [Dire Dawa] и почте Harrar, кофе[65] Муллета [Мулета] и Дедер около 350 thal. + оте[ль,] вероят[но,] thal. 20.
Билет 4 [th.] до Dire-Daowa [Dire Dawa] от Гот[а]
2 <слово неразборчиво> 2 2 = ~~16 tha~~

[60] Итог (*англ.*).
[61] Мартышка диана. В Эфиопии не встречаются, д. б. *Cercopithecus aethiops* (*Chlorocebus aethiops* L.) – гривет, или *Chlorocebus djamdjamensis* Neumann – джам-джам.
[62] Обезьяна-монахиня (*нем.*). Мартышки-монашки – название, полученное от кого-то из участников экспедиции гамбургского зоопарка Гагенбека (см. «Пять континентов». 1987. С. 136).
[63] Гвереца, или восточный колобус, – вид обезьян семейства Мартышковых.
[64] Письмо от 30 января Е.И. Барулиной: «*Закончил Харарский район. Нашёл для себя много любопытного, и вся наша работа станет более осмысленной, если удастся сделать всё, что наметил. Для гороха, твёрдой пшеницы это исходный центр. По чечевице разнообразия не видел. Красная форма с примесью чёрной <…> средних размеров*» (цит. по: Резник, 1968).
[65] Либо «карав[ан]». Не читается.

[*стр. 41а*]

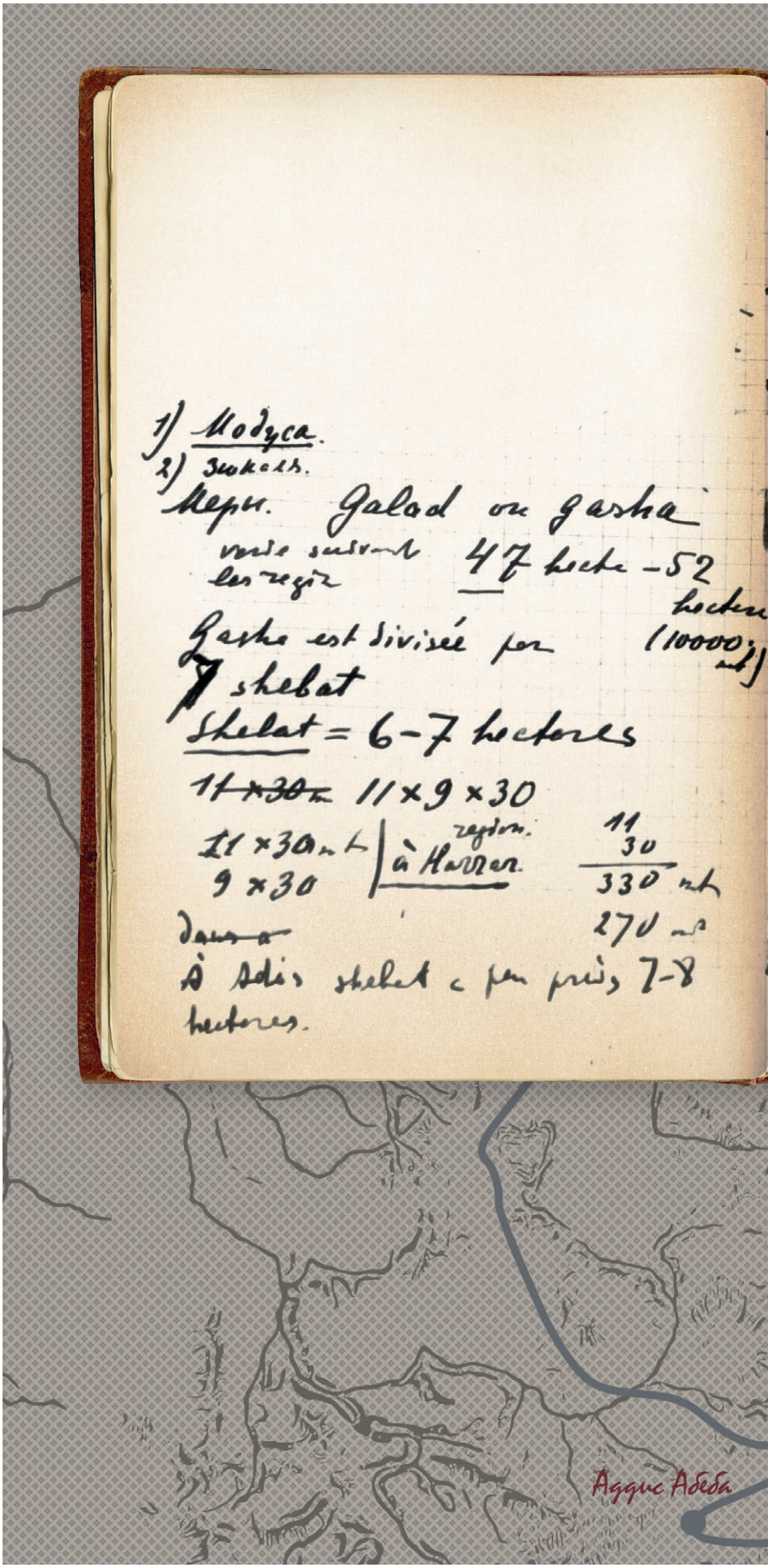
1) Модуса.
2) Зюколя.
Меры. Galad on Gasha[66]
vaut suivant les régions 47 hasha – 52 hectares[67]
(10 000 mt.)

Gasha est divisée par
7 shebat[68]
Shebat = 6–7 hectares[69]
~~11 × 30~~ 11 × 9 × 30 mt

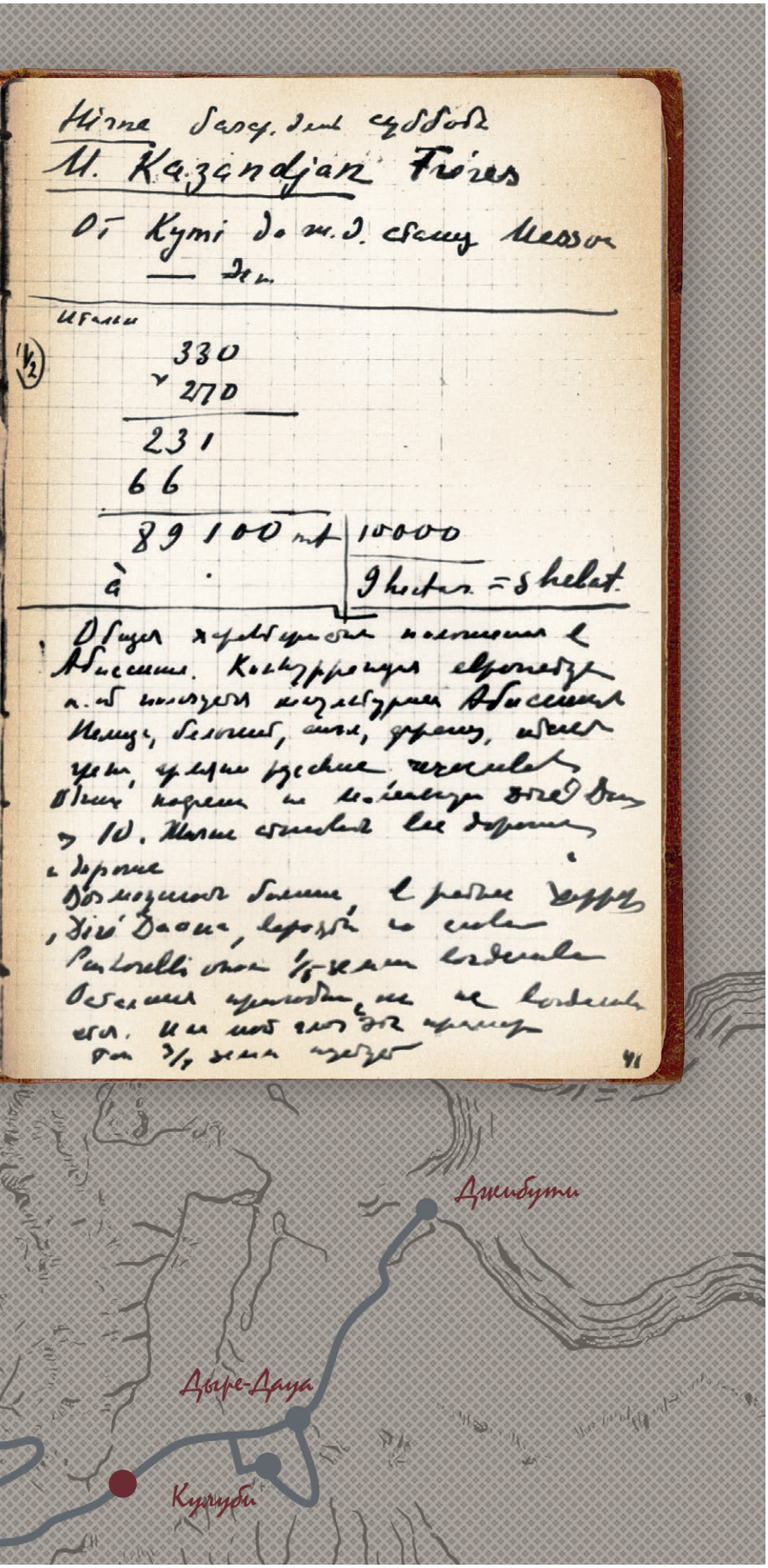
11 × 30 mt | a Harrar region
9 × 30

$$\begin{array}{r} \times\ 11 \\ 30 \\ \hline 330 \text{ mt} \\ 270 \text{ mt} \end{array}$$

~~dans a~~
À Adis shebat à peu près 7–8 hectares[70].



[66] «Галад», или «гаша», – единица измерения площади сельскохозяйственных угодий, которая учитывает качество земли, т. е. потенциальное плодородие. Варьирует от 34 га для плодородных земель до 106 га для неплодородных. Такая система измерения частной собственности называется «келад». См. Система землевладения в Эфиопии. URL: https://ru.frwiki.wiki/wiki/Système_de_propriété_foncière_en_Éthiopie (дата обращения 15.12.2021).
[67] Галад, или гаша, равен в зависимости от регионов 47 или 52 га (*фр.*).
[68] Гаша разделена на 7 шебатов (*фр.*).
[69] Шебат = 6–7 га (*фр.*).
[70] В Адисе один шебат равен примерно 7–8 га (*фр.*).



[*стр. 41б*]

Hirna. базар[ный] день суббота.
M. Kazanjaan Freres[71]
От Kumi до ж. д. станции Messon
—— km.

Италии

×	330	
	270	
	231	
	66	
	89100 mt	10000
		9 hectar[es] = shebat

Общая характеристика положения в Абиссинии. Конкуренция европейца, к[отор]ый пользуется некультурностью Абиссинии. Немцы, бельгий[цы], англ[ичане], франц[узы], италья[нцы], греки, армяне, русские, чехословаки. Одних кофеен на маленькую Dire-Daowa [Dire Dawa] > 10. Жизнь становится всё дороже и дороже.

Возможности большие, в районе Харрара, Dire-Daowa [Dire Dawa], вероятно, по словам Pastorelli, около ⅕ земли возделыв[ается]. Остальная пригодна, но не возделывается. И на мой глаз это пример[но] так ¾ земли пустует.

[71] Братья (*фр.*).

[*стр. 42а*]

Займун (*аром.* [*амх.*])
Psidium guajava[72]

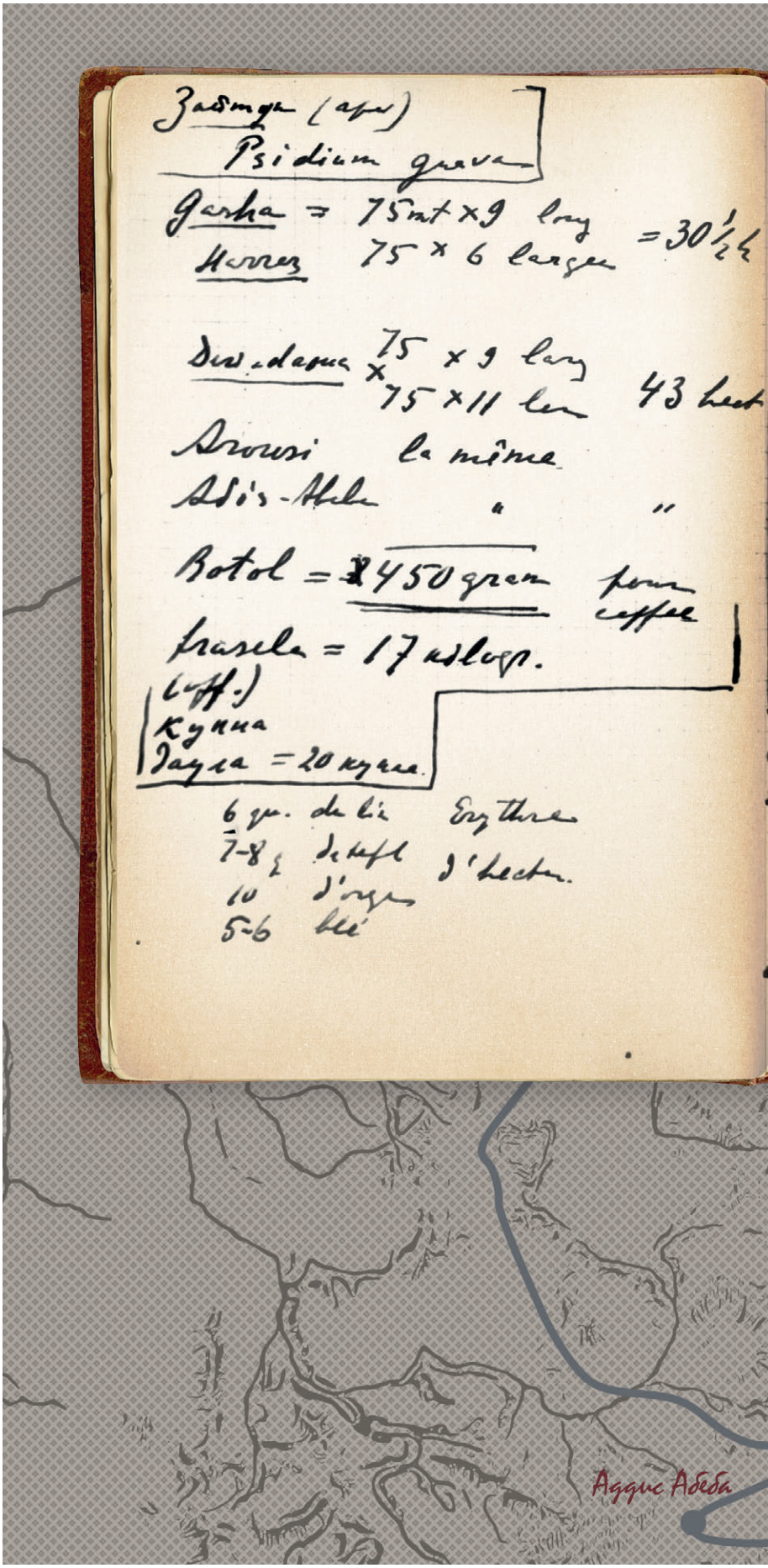
Gasha = 75 mt × 9 long[73]
Harrar = 75 [mt] × 6 large[74] = 30 ½ h[ectares]

Deri-daoue × 75 [mt] × 9 large / 75 [mt] × 6 large [=] 43 hect[ares]
[Dire Dawa]

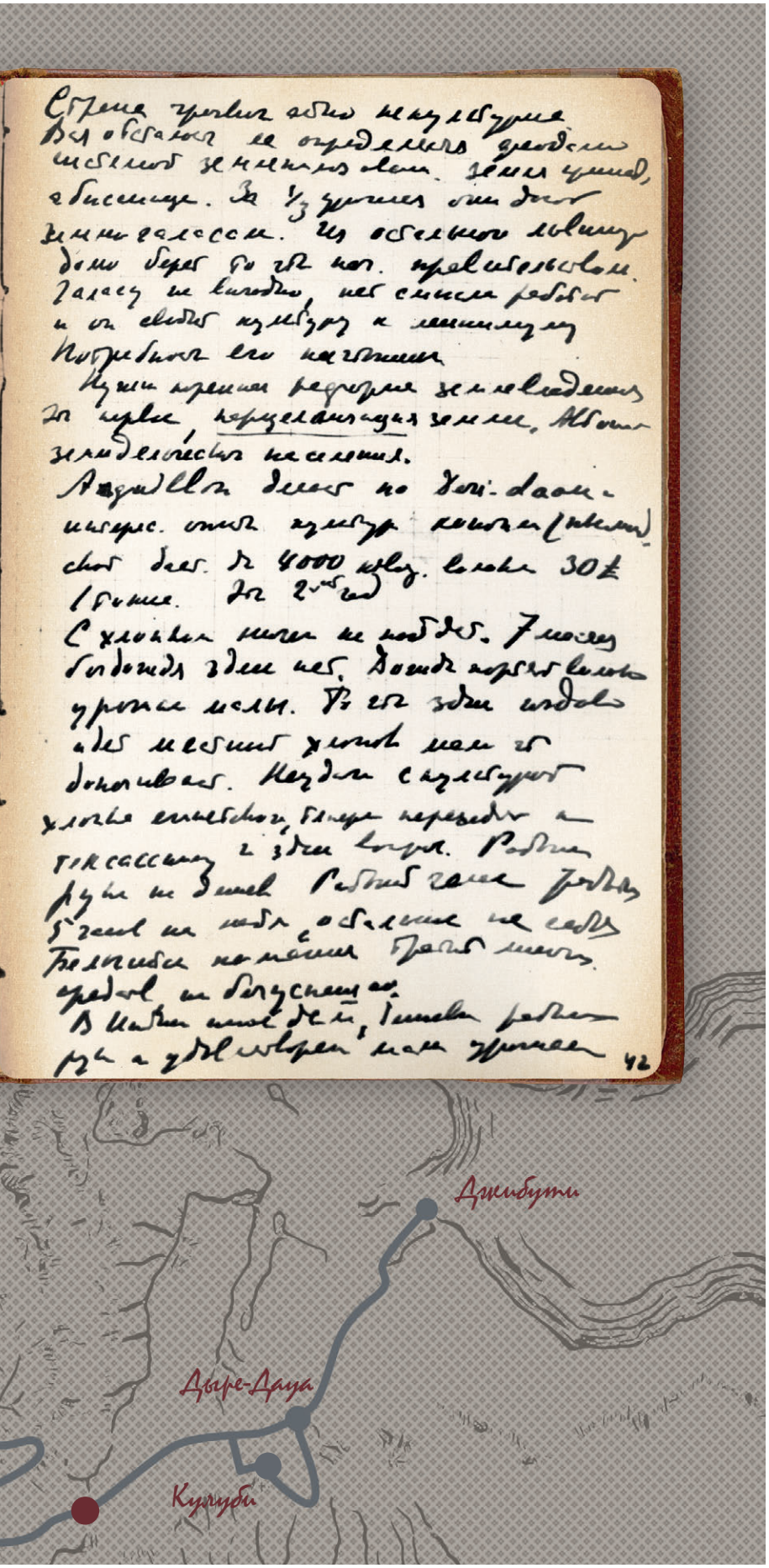
Arousi la même[75]
Adis Abeba[76] » »

Betel = 450 gram pour coffee[77]
fracella = 17 kilogr[ammes][78]
(off.)
Купиа
даула = 20 купиа

6 qu[intal] de lin[79] Erythrée
7–8 q[uintal] de teff[80] d'hectare
10 [quintal] d'orge[81]
5–6 [quintal] blé[82]



[72] Гуайява – древесное тропическое растение семейства Myrtaceae. Гуайява дает один основной урожай, до 100 кг с дерева, и два-четыре дополнительных, значительно меньших. Плоды созревают через 90–150 дней после цветения.
[73] Длина (*фр.*).
[74] Ширина (*фр.*).
[75] То же самое (*фр.*).
[76] Addis-Ababa.
[77] Ботоль = 450 г для кофе (*фр.*).
[78] 17 кг (*фр.*).
[79] Лён 6 ц/га в Эритрее (*фр.*).
[80] Тефф 7–8 ц/га в Эритрее (*фр.*).
[81] Ячмень 10 ц/га в Эритрее (*фр.*).
[82] Пшеница 5–6 ц/га в Эритрее (*фр.*).



[*стр. 42б*]

Страна чрезвычайно некультурна.

Вся отсталость её определяется феодальной системой землепользования. Земля принад[лежит] абиссинцам[83]. За 1/3 урожая они дают землю гал[л]асам. Из остального львиную долю берёт то[,] что наз[ывается] правительством. Гал[л]асу невыгодно, нет смысла работат[ь], и он сводит культуру к минимуму. Потребности его ничтожны.

Нужна коренная реформа землевладения.

Это первое, парцеллизация[84] земли. Автоном[ность] земледельческого населения.

Agullon делает по Deri-Daoue [Dire Dawa] интерес[ные] опыты культур[ы] конопли (<слово неразборчиво>).

скот даёт до 4000 навоз[а]. волокно 30£ 1 тонна. Это 2-й год.

С хлопком ничего не пойдёт. 7 месяцев без дождя здесь нет. Дожди портят волокно[,] урожаи малы. То[,] что здесь издав[на] идёт местный хлопок[,] мало что доказывает. Неудачи с культурой хлопка египетского, теперь переходят к техасскому[,] < здесь вопрос[ов]. Рабочие руки не дешёв[ые]. Рабочий гал[л]ас работает 5 часов на тебя, остальное на себя.

Бельгийцы на машины тратят много средств[,] но безуспешно.

В Индии иное дело, дешёвы рабочие руки и удовлетворен[ие] малы[м] урожаем.

[83] Амхарцам.
[84] От *англ.* parcellizations – фрагментация.

[*стр. 43а*]

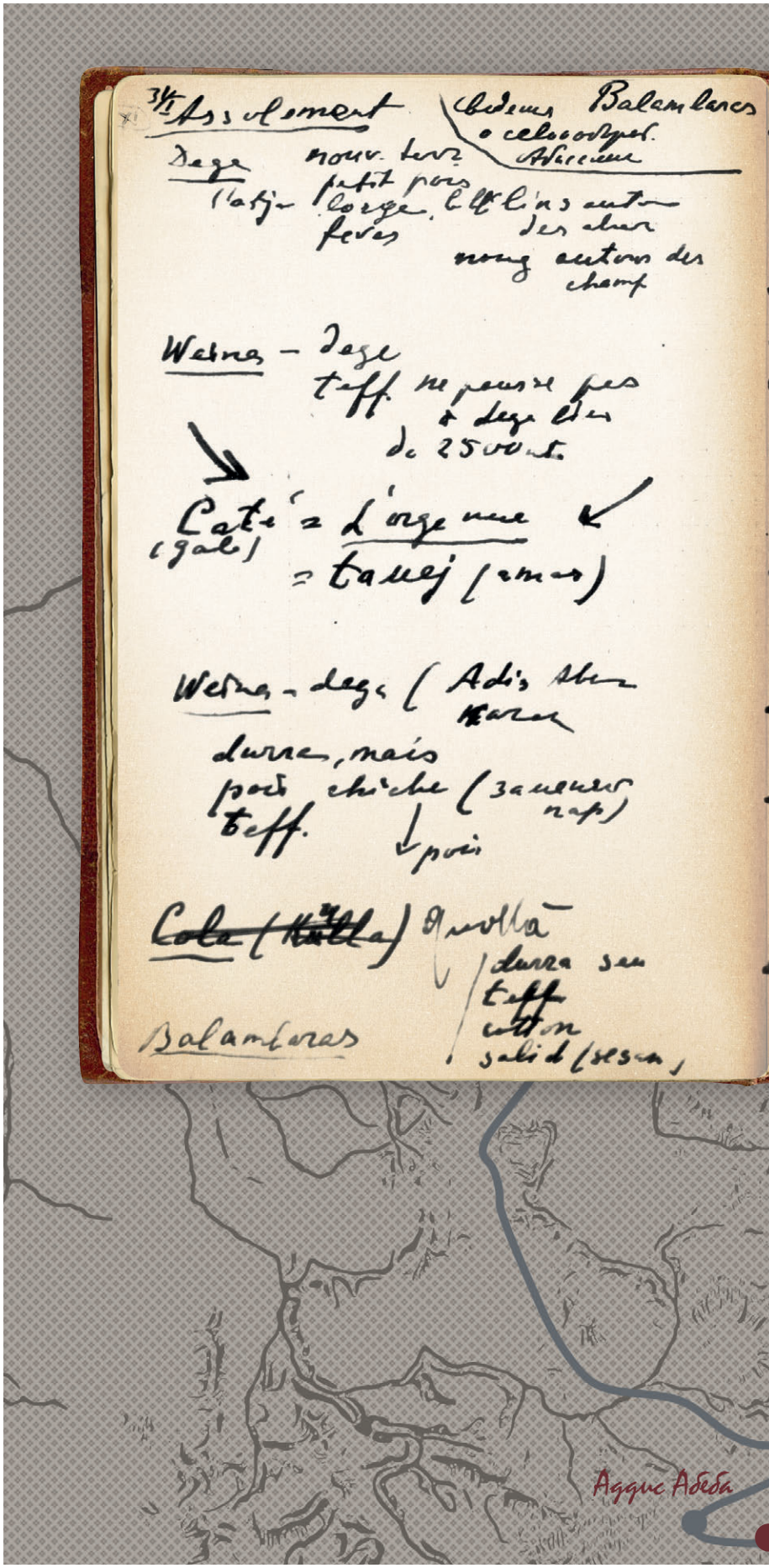
31/I [понедельник]. Assolement[85]

Сведения Balambares[86] о севооборот[ах] Абиссинии

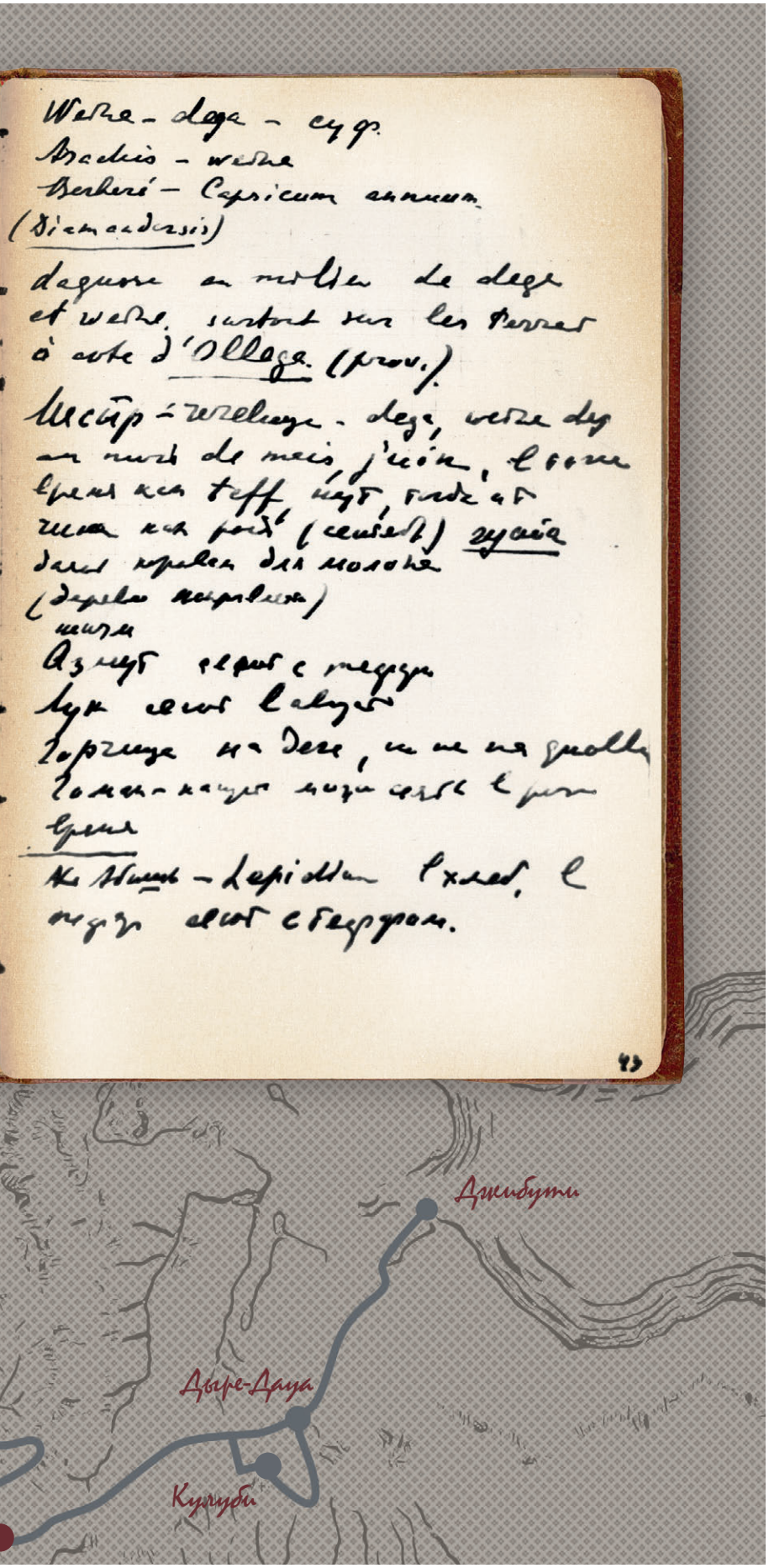
Dega[87] nouv[eau] terr[itoire][88]
petit pois[89]
l'adja lorge le blé lins autour des <слово неразборчиво>[90]
fèves[91] des al.
noug autour des champs[92]
Waina-dega[93]
teff ne pousse par dega[94] идёт до 2500 mt

Caté (*gal*[*l*]*a*)[95] = l'orge nue
= tauj (*amar.*)[96]

Waina-dega (Adis-Abeba [Addis-Ababa]
<слово неразборчиво>
durra, mais[97]
pois chiche[98] (заменяет пар)
teff
pois[99]
~~Cola (Kulla)~~ Quolla[100]
durra sem[ence]
teff
cotton
Balambares[101] salid (sésame)[102]



[85] Севооборот (*фр.*).
[86] Баламбарес (начальник жандармерии).
[87] Дега – земледельческая зона на высоте от 2400 до 2800 м. Выше находится пояс чоке – холодный, с зимним снежным покровом. Основные земледельческие районы Эфиопии расположены на высотах между 1300 и 2800 м над уровнем моря. Различают три зоны: нижнюю зону – кволлу, верхнюю холодную – дегу и между ними среднюю – вóйну-дегу. Кволла доходит приблизительно до 1700–1800 м и характеризуется тропическим климатом. Главное хлебное растение кволлы – зерновое сорго. Кволла мало заселена, и в ней местное население занимается главным образом скотоводством. Вóйна-дега расположена между кволлой и дега на высоте от 1700–1800 до 2400 м. Это субтропическая зона.
[88] Дега – новая зона (*фр.*).
[89] Горошек (*фр.*).
[90] Аджа, ячмень, пшеница, лен вокруг <слово неразборчиво> (*фр.*).
[91] Бобы (*фр.*).
[92] Нуг вокруг полей (*фр.*).
[93] Вóйна-дега (*фр.*).
[94] Тефф не растет на деге (*фр.*).
[95] Голозерный ячмень (*оромо*).
[96] Голозерный ячмень (*фр.*) = таудж (*амх.*).
[97] Дурра, кукуруза.
[98] Нут (*фр.*).
[99] Горох (*фр.*).
[100] Кволла (*фр.*).
[101] Баламбарес (начальник жандармерии).
[102] Дурра посевы
тефф
хлопок
selit'i (*амх.*) (кунжут).



[*стр. 43б*]

Waina-dega – суф [*амх.* – сафлор]

Arachis [*hypogaea* L. – Арахис культурный, или земляной орех] – waina

Berberi [*амх.*] – *Capsicum annuum* [L. – красный острый перец]

(Diamandarsis) [*греч.* – алмаз]

dagussa au milieu de dega[103]

et waina a surtout sur les terres à côté d'Ollega (prov[ince])[104]

Месыр [*амх.*] – чечевица – dega, waina-deg[a] au mois de mai, juin[105], в то же время как teff, нут, тогда и до числа как раст. (сентябрь)[,] гуайа [*Psudium guajava* L. – гуайява] дают коровам для молока

(дерево потравлено)

неизм.

Азмут сеют с теффом.

Лук сеют в августе.

Горчица на деге, но не на quolla

Гоман[106]-капусту могут сеять в разное время.

~~И~~–Абишь [*по-амх.*] – *Lepidum*[107] [добавляют] в хлеб, в тефф[,] сеют с теффом.

[103] Дагусса посередине дега (*фр.*).
[104] А во́йна особенно на землях рядом с Оллегой (провинция) (*фр.*).
[105] Во́йна-дега в мае месяце, июне (*фр.*).
[106] Листовая капуста (*амх.*).
[107] Клоповник – растения семейства Капустные (Brassicaceae).

[*стр. 44а*]

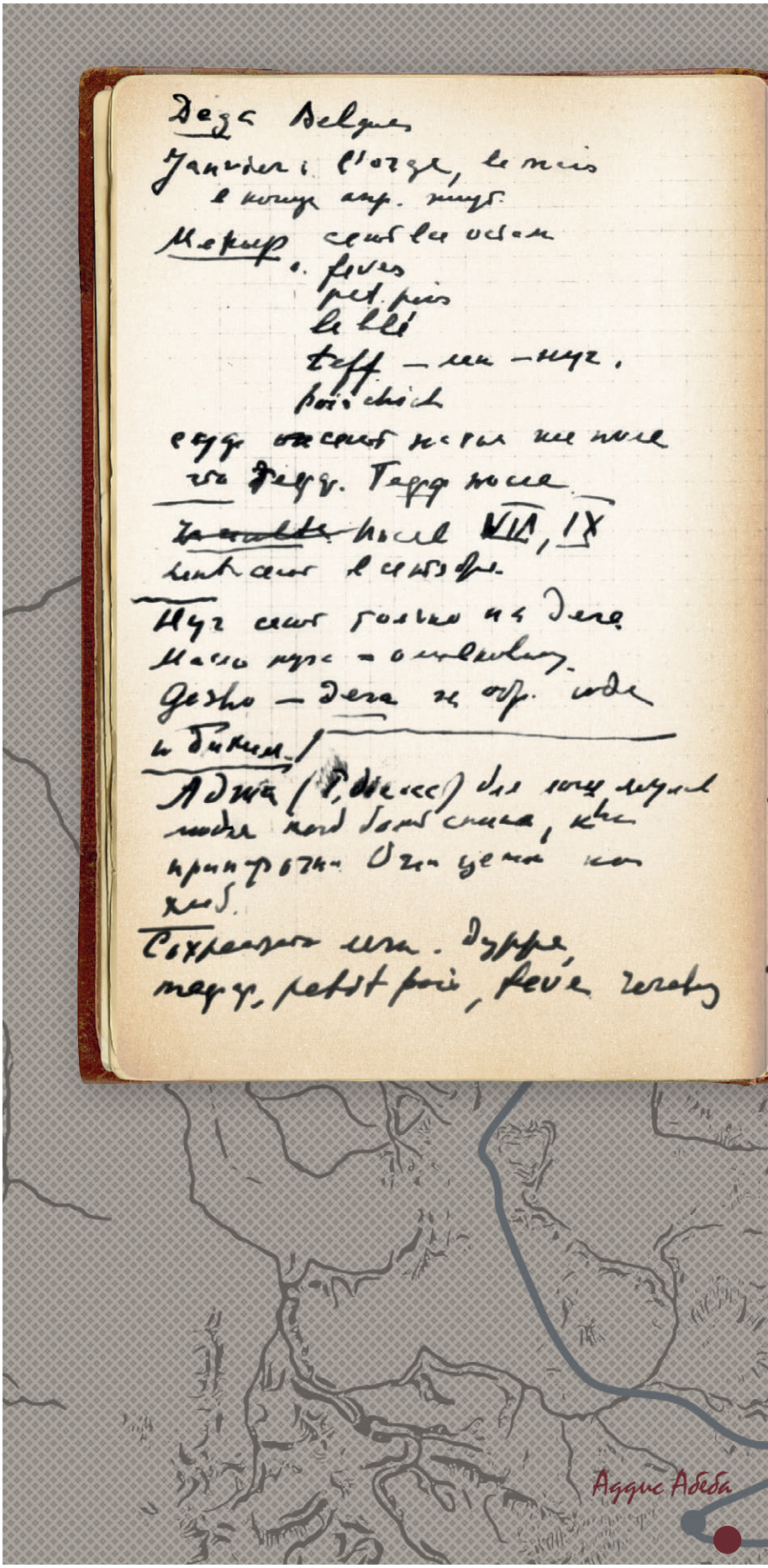
Dega Belque.
Janvier l'orge, le maïs[108]
в конце апреля жнут.
Месыр[109] Сеют всё осталь[ное]
fèves[110]
petit pois[111]
le blé[112]
teff – лён – нуг.
pois chiche[113]
суф ок сеют на том же поле, что и тефф. Тефф после.

Посев VIII, IX
Lents[114] сеют в сентябре.

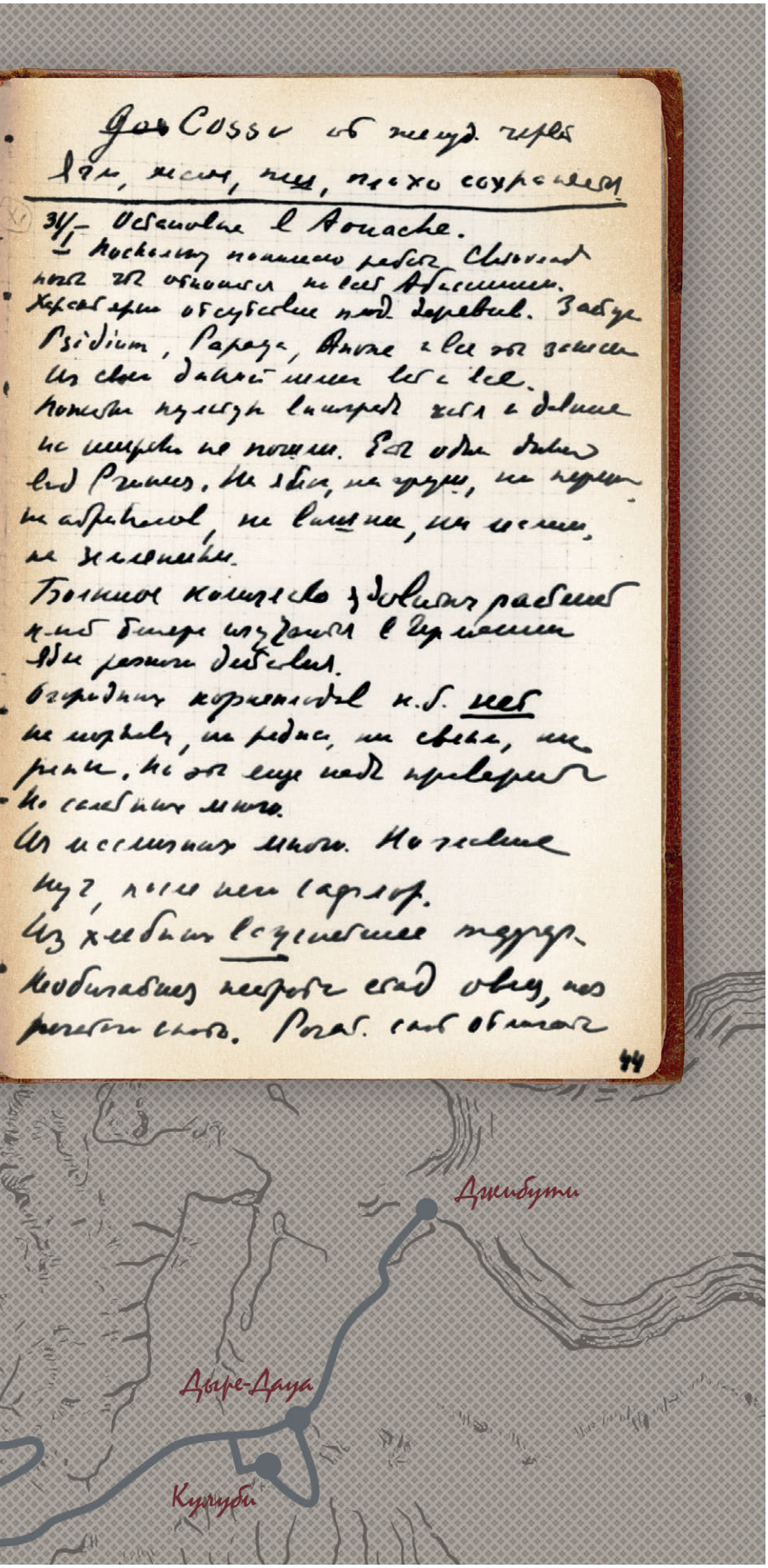
Нуг сеют только на деге.
Масло нуга = оливковому. [115]
Gesho[115] – дега гл[авным] обр[азом] <слово неразборчиво> и диким.

Аджа (*T. dicocc*[*um*]) для лечения мулов, людям[,] когда болит спина, как примочка. Очень ценна как хлеб.

Сохраняетс[я] легко[:] дурра, тефф, petit pois, fèves[116], чечевиц[а].



[108] Январь ячмень, кукуруза (*фр.*).
[109] Чечевица (*амх.*).
[110] Бобы (*фр.*).
[111] Горошек (*фр.*).
[112] Пшеница (*фр.*).
[113] Нут (*фр.*).
[114] Лён (*фр.*).
[115] Облепиха.
[116] Горох, фасоль (*фр.*).



[*стр. 44б*]

~~Gos~~ Cosso[117] от желуд[очных] червей.

Ячм[ень], маис, пш[еница] плохо сохраняются.

31/I. Остановка в Aouache[118].

Поскольку понимаю[,] [что] работы Chevalier почти что относятся ко всей Абиссинии.

Характерно отсутствие плод[овых] деревьев. Растут *Psidium* [*guajava* L., гуайява], *Papaya* [*Carica papaya* L.][119], *Anona*[120] и всё это заносн[ые]. Из свои[х] дикий лимон[121] [–] вот и всё.

Попытки культуры винограда хоть и давние[,] но широко не пошли. Есть один дикий вид *Prunus*[122]. Ни яблон[ь], ни груш, ни персиков, ни абрикосов, ни вишни, ни маслин, ни земляники[123].

Большое количество ядовитых растений <слово неразборчиво> теперь изучаются в Германии. Яды разного действия.

Огородных корнеплодов к[ак] б[удто] нет. Ни моркови, ни редиса, ни свёклы, ни репы. Но это ещё надо проверить.

Но салатных много.

Из масличных много. Но главное нуг, после него сафлор.

Из хлебных важнейшее тефф.

Необычайная пестрота стад овец, коз, рогатого скота. Рогат[ый] скот отличается

[117] Дерево козо, или хагения абиссинская (*Hagenia abyssinica* (Bruce) J.F. Gmel.).
[118] Вероятно, d'Aouache Hotel.
[119] Папайя, или дынное дерево.
[120] Вероятно, *Annona squamosa* – сахарное яблоко, или аннона чешуйчатая.
[121] Неточность: *Citrus jambhiri* Lush. завезен из Индии.
[122] Возможно, *Prunus africana* (Hook. f.) Kalkman.
[123] Позже, 19 февраля, Н.И. встретит посадки земляники (см. с. 66б).

[*стр. 45а*]

по характеру рогов. Такой пестроты мне не приходилось видеть раньше в Азии. Есть с огромными рогами, не пропорциональ[но] развиты, есть с изгибо[м] внут[рь], есть почти комолые[124]. Тип гл[авным] обр[азом] зебувидн[ый], но не очень мелкий. Необычайная пестрота. Сходств[о] с почти афганистанским, но большая пестрот[а].

Коза очень пестра.

Овцы с оборкой под шеей, как у рогатого скота и с <слово неразборчиво>.

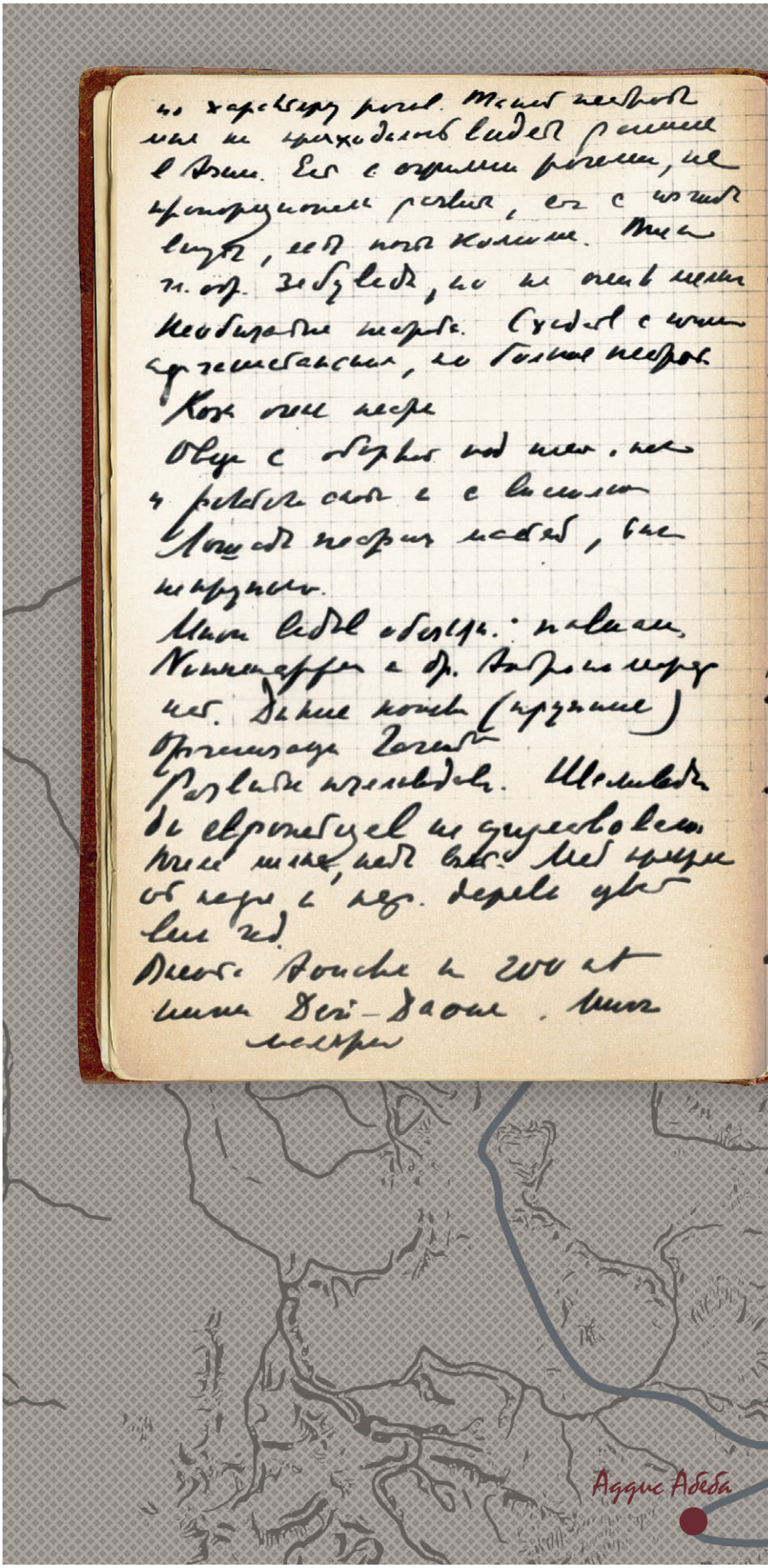
Лошади пёстрых мастей, тип некрупных.

Много видов обезьян: павиан[125], *Nonnenaffe*[126] и др. Антропоморф[ных] нет. Дикие кошки (крупные)[127].

Организация <слово неразборчиво>.

Развитое пчеловодство. Шелководства до европейцев не существовало. Пчела мелкая, надо взят[ь]. Мёд прекрас[ный,] от перев[ала] к пер[евалу] деревь[я] цвет[ут] весь год.

Высота Aonche на 200 mt ниже Deri-Daoue [Dire Dawa]. Много мяляри[и].

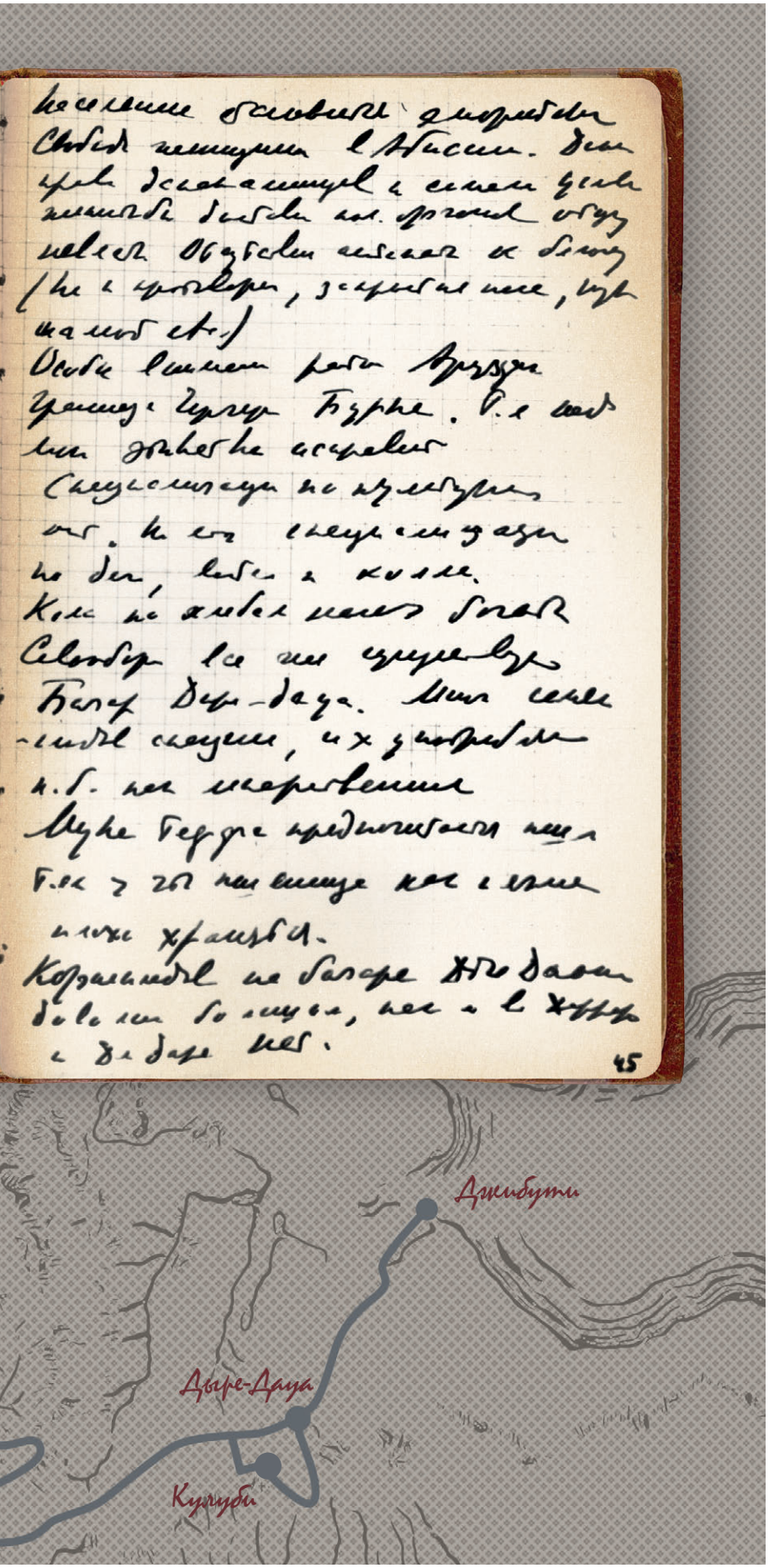


[124] Безрогие.

[125] В Эфиопии два вида павианов – гамадрилы (*Papio hamadryas* L.) и анубис (*Papio anubis* Lesson).

[126] Обезьяна-монахиня (*нем.*). Видовая принадлежность непонятна.

[127] Африканская дикая кошка (*Felis lybica* G. Forts.) по размерам не превышает домашнюю. Возможно, Н.И. имел в виду эфиопских леопарда, тигра или льва.



[*стр. 45б*]

Население становится аморейским [амхарским]. Свобода женщины в Абиссинии. Даже право данакильтцев[128] и сомали услови[ям] женитьбы <три слова неразборчиво> отцу невесты. Отсутствие антипати[и] к белому (не к <слово неразборчиво>, закрытие плеч, назв. шамот[129] etc).

Особое внимание рабо[там] <фамилия неразборчиво>.

Граница Чергер[а] Бурка. Т. е. надо мне этикетки исправит[ь].

Специализации по культурам нет. Но есть специализация по деге, вóйне и колле[130]. Кол[л]а по хлебам наиб[олее] богата. Севообор[от] всё же существует.

Базар Дери-Дауа. Много семян-плодов специй, их употребление м[ожет] б[ыть] к[ак] лекарственное.

Мука теффа предпочитается пш[еничной], тем > что пшеница[,] как и ячмень[,] плохо хранятся.

Корнеплодов на базаре Dire-Daowa [Dire Dawa,] довольно большом, как и в Харраре и в Дедере нет.

[128] Описка: д. б. данакильцы. Самоназвание афары – полукочевой народ кушитской группы.
[129] Накидка (*амх.*).
[130] Кволла (*амх.*).

[*стр. 46а*]

Около Deri-Daoua [Deri Dawa] много *Citrullus colocynthis* [(L.) Schrad. – колоцинт][131], м[ожет] б[ыть] крупнее азиатских, но не очень, лист разрезной совершенно.

Итальянский агроном Пасторелли, Рас Тафари[132] и Баламбарес (начальник жандармерии) ставят опыты с люцерной (идёт хорошо), с поливо[м], с папа[й]я, виногра́до[м], с цитрусовыми и спаржей. Спаржа по отзывам превосходна.

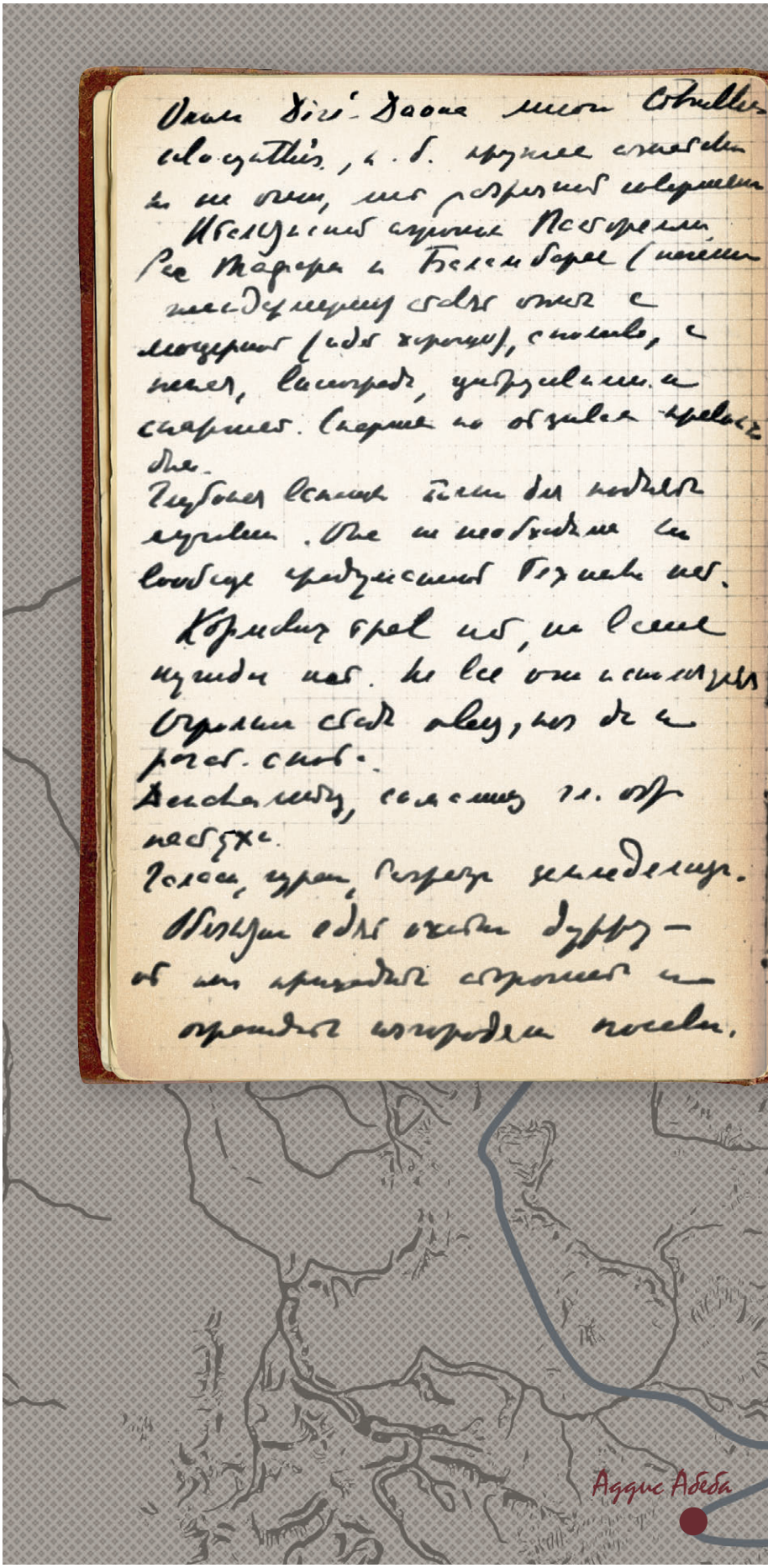
Глубокая вспашка только для подняти[я] луговин[ы]. Она не необходима[,] но вообще продуманной техники нет.

Кормовых трав нет, но в сене нужды нет. Не всё оно используется. Огромные стада овец, коз да и рогат[ого] скот[а].

Данакильтц[ы][133], сомалийц[ы] гл[авным] обр[азом] пастухи.

Гал[л]асы, гураге[134], тигриды[135] [–] земледельцы.

Обезьяны едят охотно дурру – от них приходится сторожить и ограждать изгородями посевы.



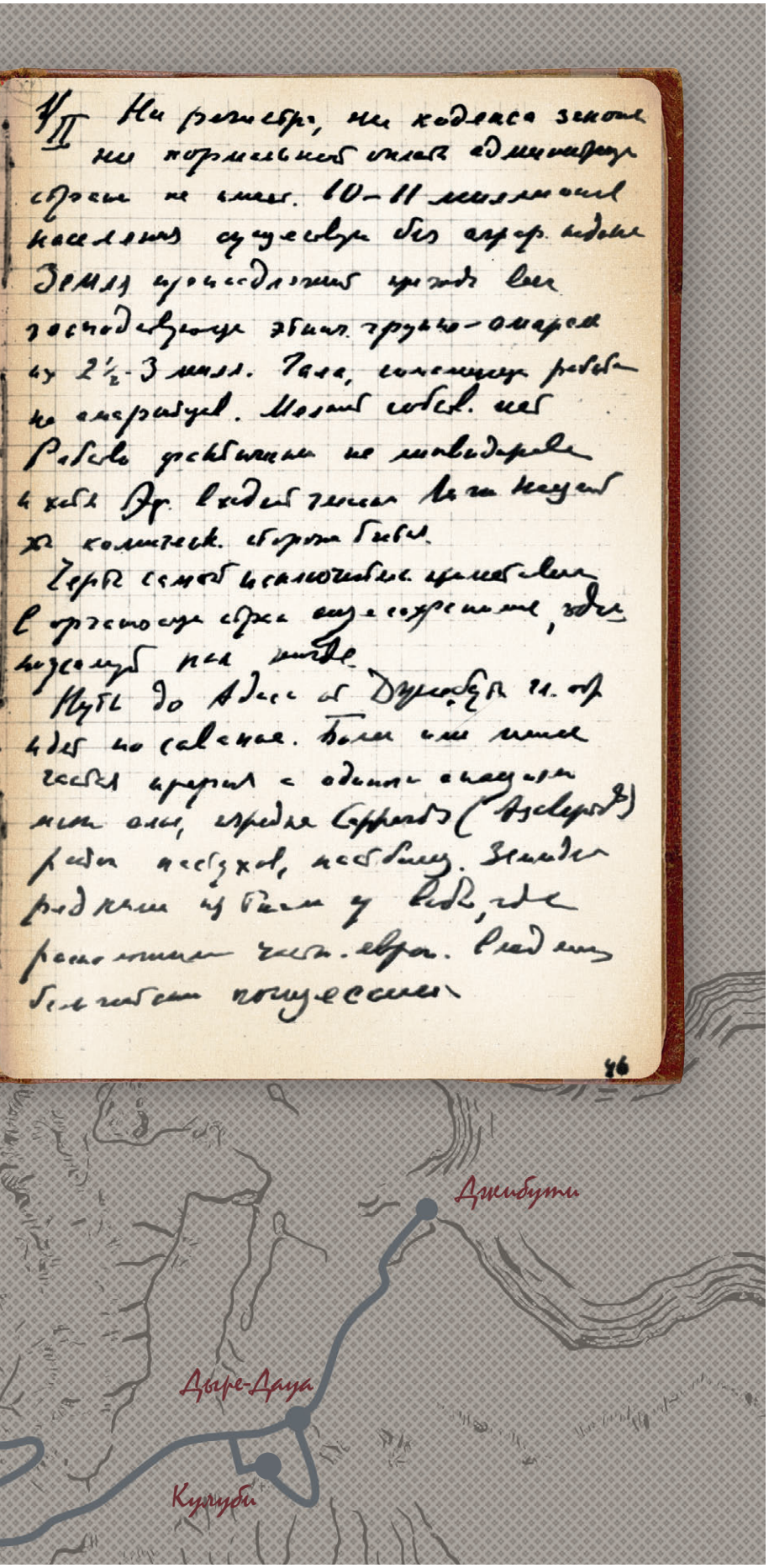
[131] Дикий предок арбуза.

[132] Рас Тафари Маконнен (1892–1975) – будущий император Эфиопии Хайле Селассие I. В 1916 г., после возведения на трон дочери Менелика II Заудиту (1876–1930), был провозглашен регентом и наследником престола с титулом «рас», с 1928 г. получил титул «негус» (*амх.* – царь). Последний 225-й император Эфиопии (2 ноября 1930 г. – 12 сентября 1974 г. С 1936 по 1941 г. в изгнании). Последний самодержавный монарх в новейшей истории. Свергнут. Убит. В 1930-х годах на Ямайке среди негритянского населения возникло религиозное движение, получившее название «растафарианство». Основано на культе Рас Тафари Маконнен. Его приверженцы считают Хайле Селассие воплощением Бога – Джа. Растафари развился из наследия атлантической работорговли и расовой сегрегации.

[133] Описка: д. б. данакильцы.

[134] Группа эфиосемитских народов. Населяют малоплодородную гористую местность в юго-западной Эфиопии, к югу от верховьев р. Аваш, примерно в 100 км к югу от Аддис-Абебы.

[135] Тигре – народ в северной Эритрее и приграничных районах Судана. Язык тигре принадлежит к эфиосемитской группе языков семитской языковой семьи. Тиграи – семитская этническая группа в северной Эфиопии (провинция Тыграй) и южной, центральной и северной Эритрее.



[*стр. 46б*]

1/II [вторник]. Ни регистра, ни кодекса законов, ни нормальной оплаты администрации страна не имеет. 10–11 миллионов населения существуют без аграр[ного] кодекса. Земля принадлежит прежде всего господствующей этнич[еской] группе – амарам[,] их 2½–3 милл[иона]. Гал[л]а, сомалийцы работают на амарийцев. Мелкой собств[енности] нет. Рабство фактически не ликвидирова[но,] и хотя Эф[иопия] входит членом [в] Лигу Наций[,] это комическ[ая] сторона бытия.

Черты самой исключитель[ной] примитивно-[сти] в организации страны ещё сохранились, здесь, пожалуй, как нигде.

Путь до Адисы от Джибути гл[авным] обр[азом] идёт по саванне. Более или менее частая прерия с одиноч[ными] акациями[,] мелк[ими] алое, изредка *Capparis* [L. – каперс] (*Asclepias*)[136] [–] район пастухов, пастбищ. Земледел[ие] редкими пятнами у воды, где расположены частн[ые] европ[ейские] владения бельгийской концессии.

[136] Не очень понятно, почему в скобках указан ваточник.

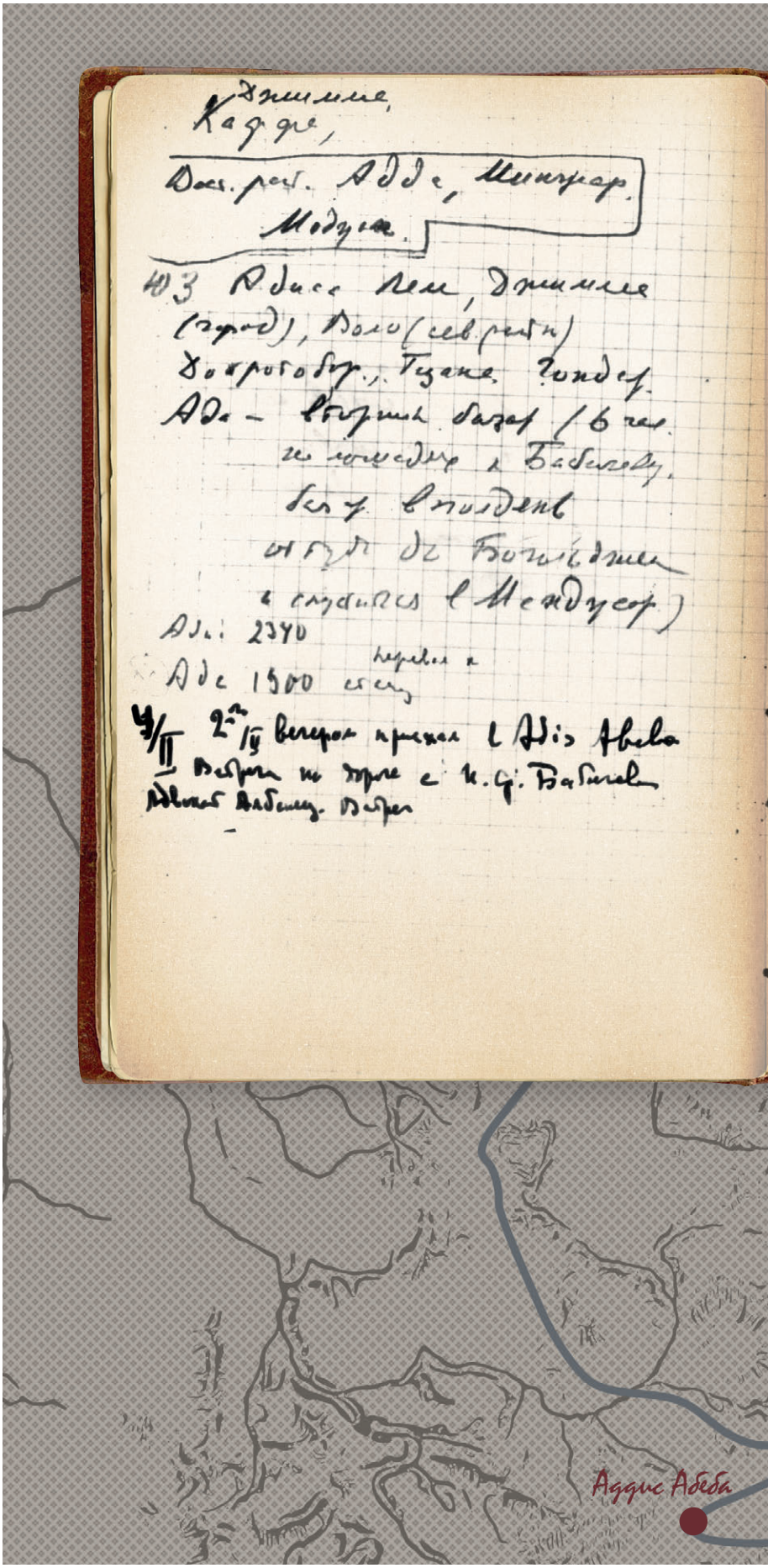
[*стр. 47а*]

Джимма[137],
Каффа

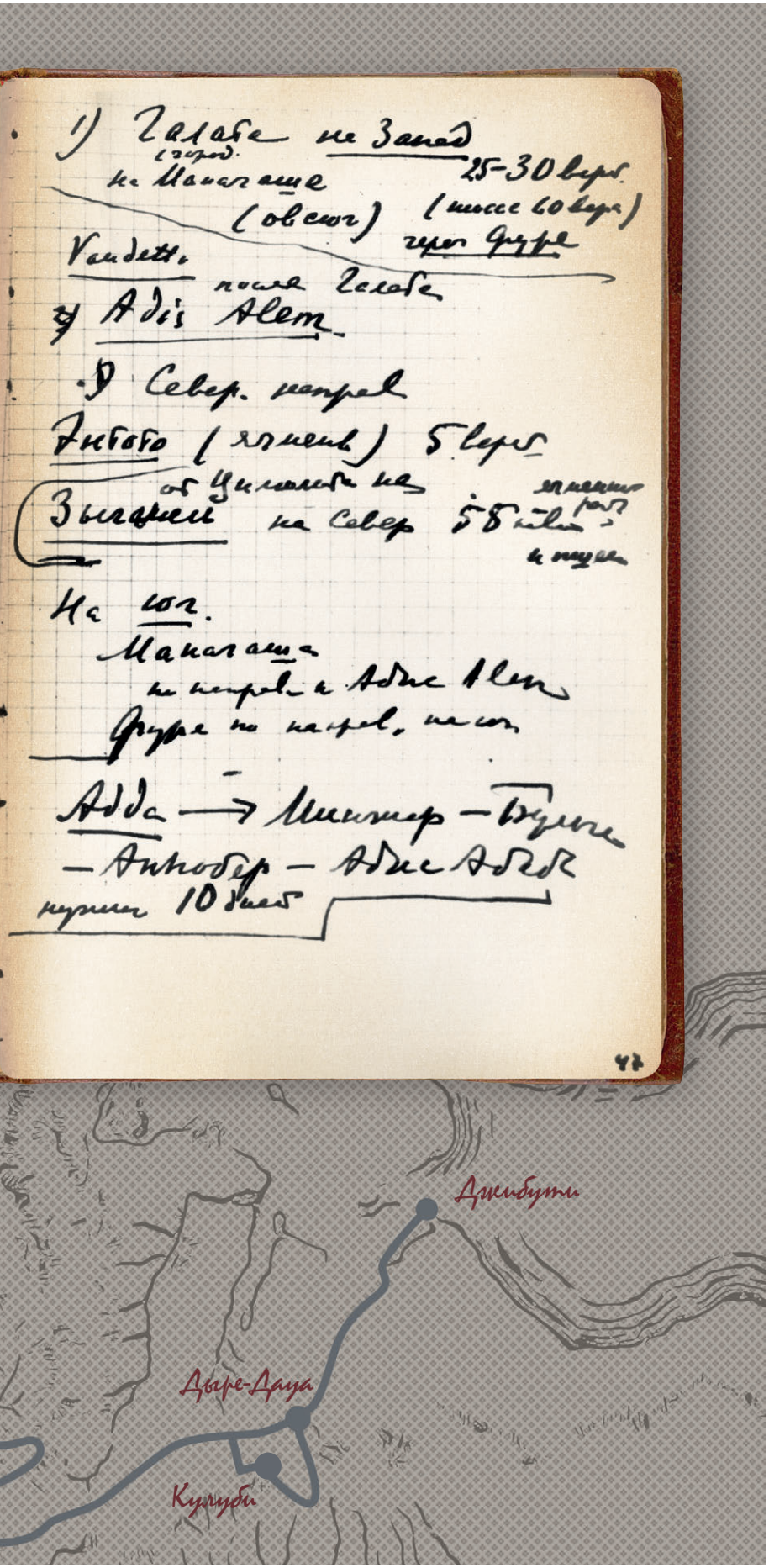
Вост[очный] рай[он] Адда, Минграф,
Модуна

Ю[го-]З[апад] Адисс Лем [Аддис Алем], Джимма (город), Воло (сев[ерный] район)
Дохротобор, Тезана, Гондор
Ада – вторник базар (6 чел[овек] на лошадях к
[И.Ф.] Бабичеву[])
базар в полдень
оттуда до Богальджи
и спуститься в Мендусор)
Ада: 2340 [м]
перевал к
Ада 1900 [м] станц[ия]

4/II [пятница]. 2-го/II вечером пришёл в Adis-Abeba [Addis-Ababa]
Встреча по дороге с И.Ф. Бабичевым
Адвокат Албанец. Встреч.



[137] Крупнейший город юго-западной части Эфиопии (бывшее королевство Каффа с 1390 по 1897 г.). В 1942–1995 гг. – столица провинции Каффа.



[*стр. 47б*]

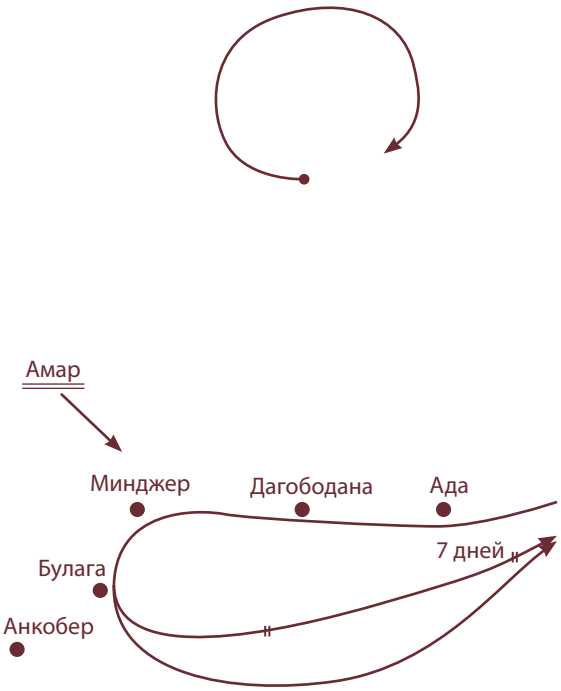
1) Галата (город на Манагеше) на Запад
25–30 вёрст
(шоссе 60 вёрст)
(овсюг)
через Фури[138]

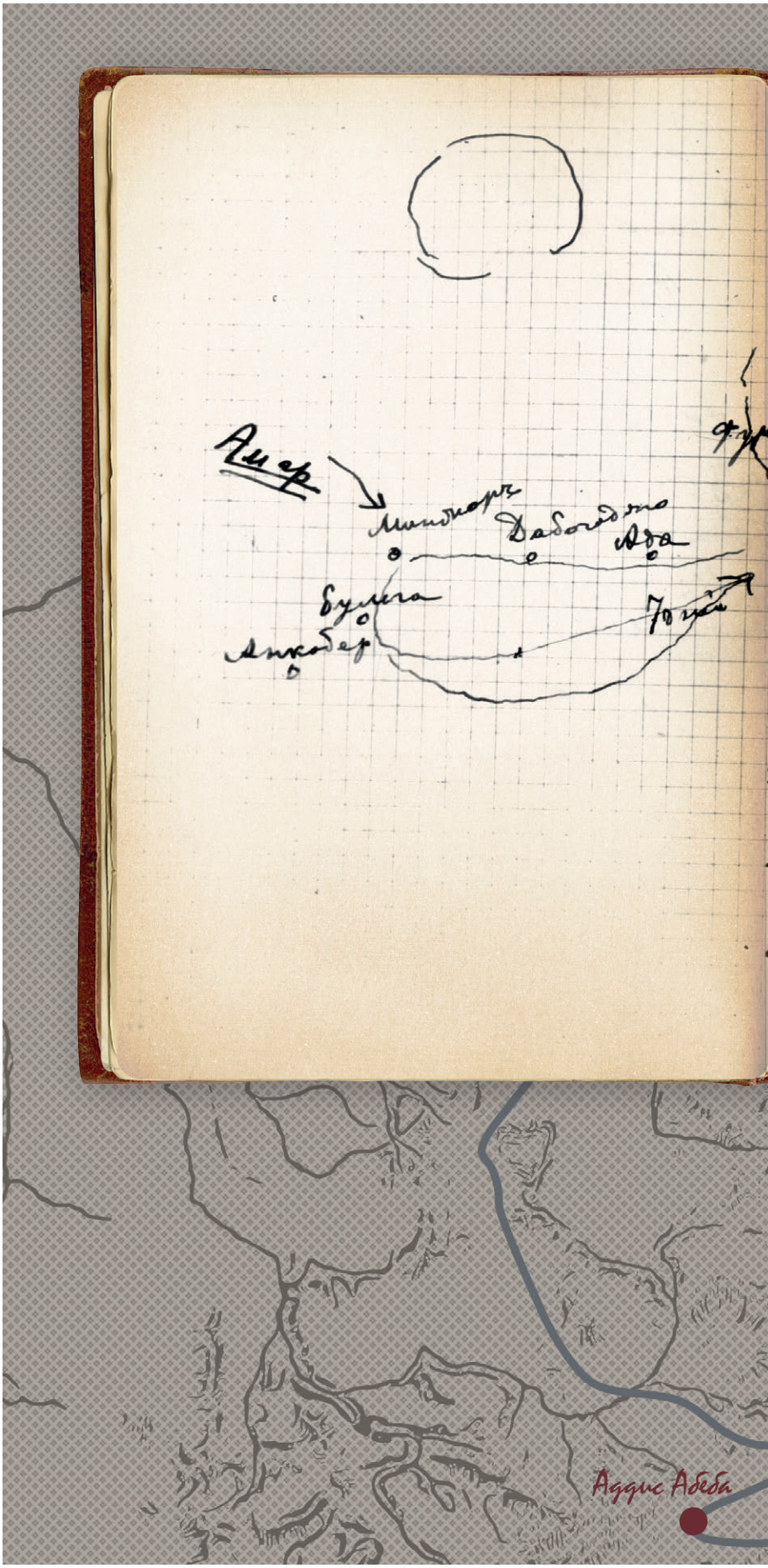
Vandetta (после Галата)
2) Adis Alem [Addis-Alem][139]
Э Север[ное] направ[ление]
Энтото[140] (ячмень)
Зыгамень 5 вёрст от Цимальты на Север
ячмен[ный] район[,] 58 kilom и пшеница
На юг.
Манагеша [Menagesha]
по напр[авлению] к Adis-Alem [Addis-Alem]
Фури по направ[лению] на юг

Адда → Мин[д]жер – Булага – Анкобер – Ад[д]ис-Абеба нужно 10 дней.

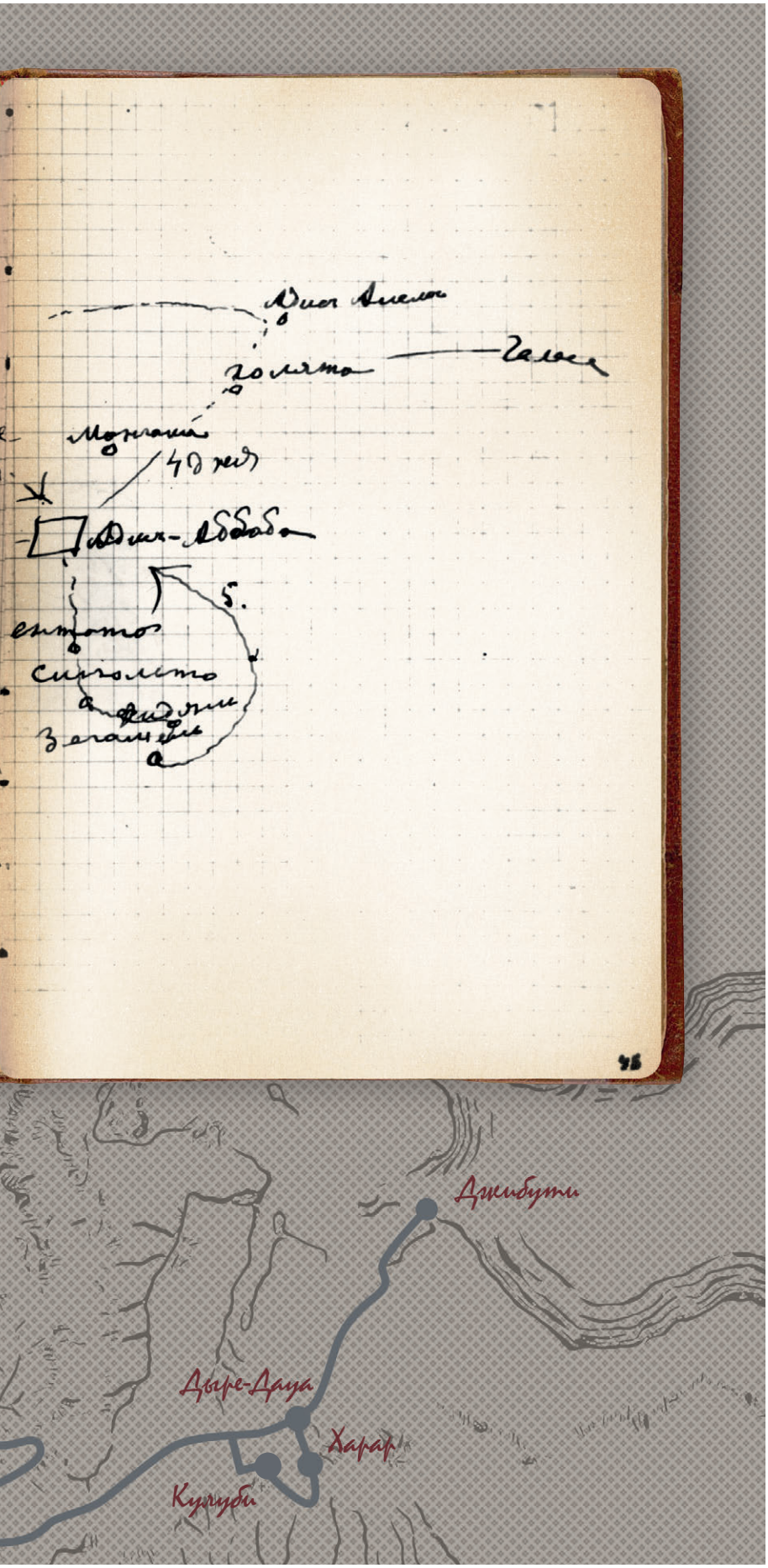
[138] Стратовулкан, расположенный на юго-восточной окраине г. Аддис-Абеба, недалеко от международного аэропорта Боле. Высота достигает 2839 м.
[139] Город основан Менеликом II в 1900 г. как новая столица Эфиопии. В городе расположена базилика Святой Марии.
[140] Энтото – горная вершина рядом с Аддис-Абебой. Высота 3200 м над уровнем моря. Историческое место, где Менелик II построил свой дворец, когда перенес столицу из города Анкобер. Здесь находится множество монастырей и ряд знаменитых церквей, в том числе церкви Святого Рагуэля и Святой Марии.

[*стр. 48а*]


Амар
Минджер
Дагободана
Ада
7 дней
Булага
Анкобер


Аддис Абеба

[*стр. 48б*]


Джибути
Дыре-Дауа
Харар
Кулуби

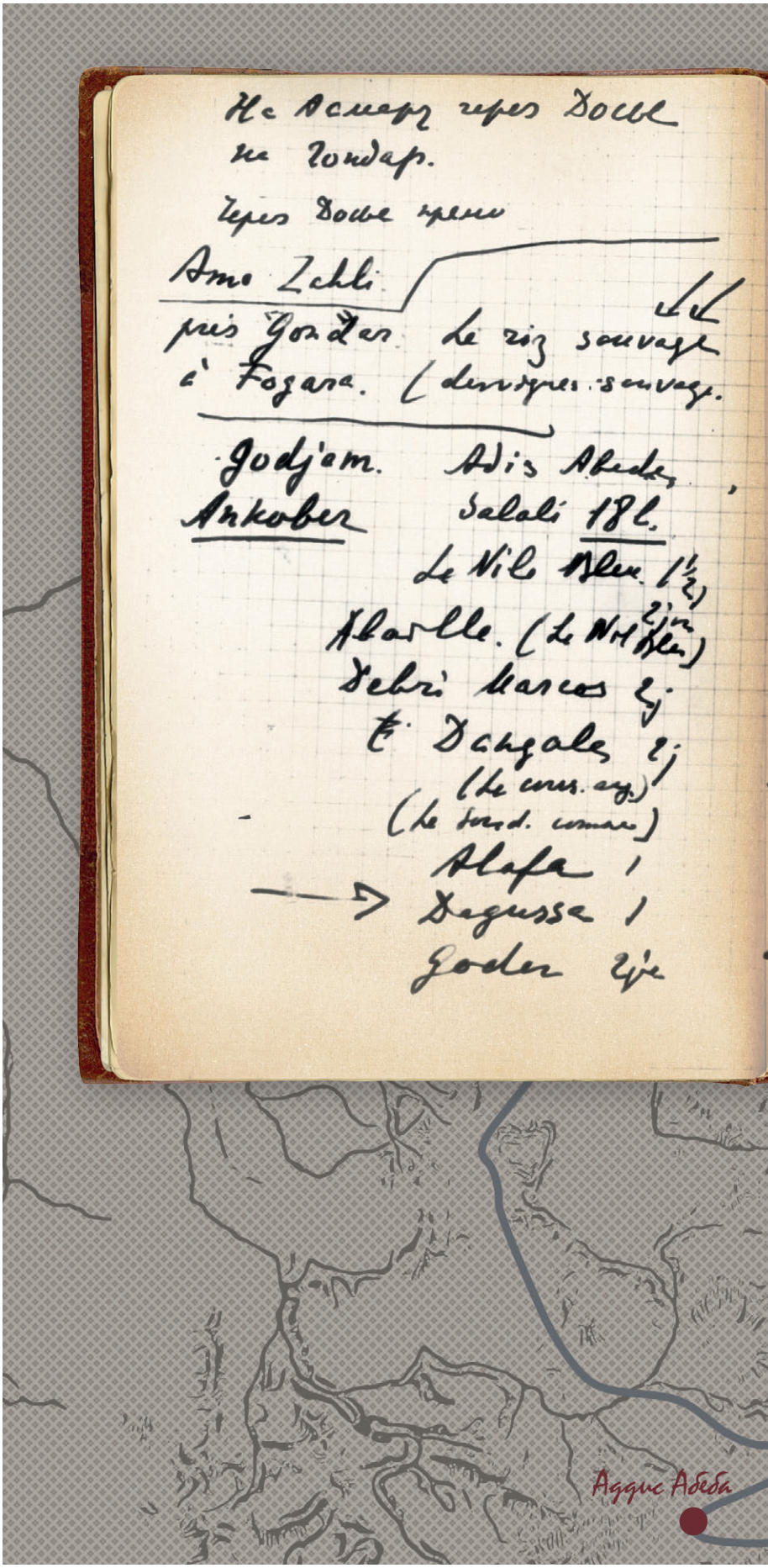
Аддис-Алем
Голаса
Галата
Фури
Ман[а]геша
4 дня
Аддис-Абеба
5 [дней]
Энтото
Синолето
<не читается>
Зигомань

[*стр. 49а*]

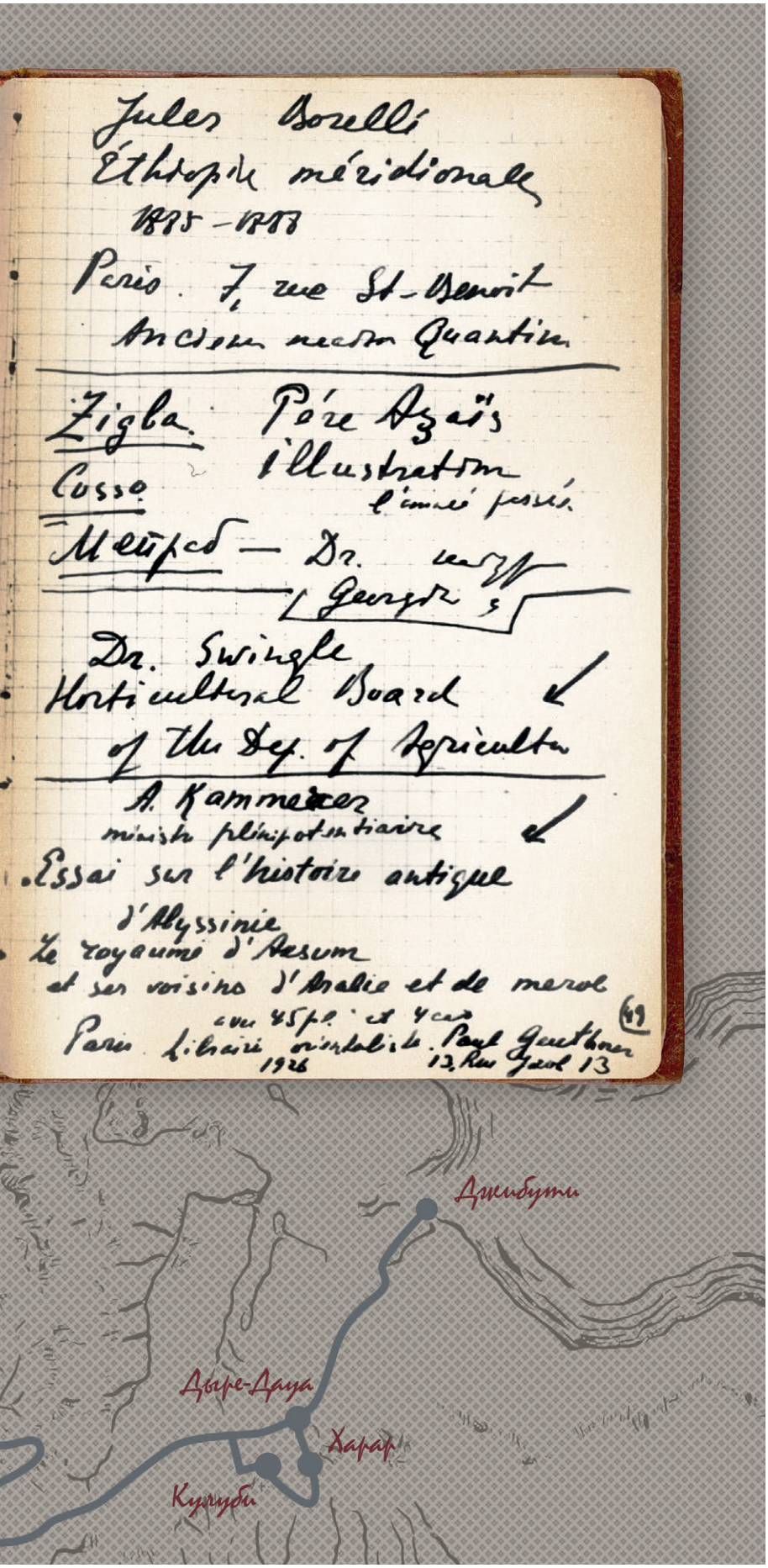
На Асмару через Досье
на Гондар[141]
Через Досье прямее
Amo Zahli

près Gondar. Le riz sauvage[142]
à Fogara (des vignes sauvages[143]

Godjam. Adis-Abeba [Addis-Ababa]
Ankober Saloli [Salole] 18 l.
Le Nil Bleu 1½ j[our][144]
Abarlle (Le Nil Bleu) 2 j[ours]
Debri Markos 2 j[ours]
Dangala 2 j[ours]
(le <слово неразборчиво>)
(le <слово неразборчиво>)
Alafa 1 [jour]
Degussa 1 [jour]
Goder 2 j[ours]



[141] Во времена Н.И. Абиссинское государство, глава которого носил титул «негус негести» (царь царей), было разделено на семь провинций: Эджу, Волло, Арусси, Каффа, Бегемдер и Гондар, Годжам, Джимма. Первые пять управлялись расами, две последние – негусами (царями). Нагаш – традиционный титул наместника Годжама. Для Н.И. наибольший интерес представляли последние три.
[142] Недалеко от Гондара. Дикий рис (*фр.*).
[143] В Фогаре (дикие виноградники) (*фр.*).
[144] Голубой Нил полтора дня (*фр.*).



[*стр. 49б*]

Jules Borelli
Éthiopie méridionale
1885–1888
Paris 7, rue St-Benoit
Ancienne <слово неразборчиво> quartier[145]

Zigba[146] Père Azaïs
Cosso illustration l'année passée[147]
Мейраб – Dr. <слово неразборчиво>
<слово неразборчиво>

Dr. Swingle
Horticultural Board
of the Dep. of Agriculture[148]

A. Kammerer
ministre plénipotentiaire
Essais sur l'histoire antique
d'Abyssinie
Le royaume d'Aesum
et ses voisins d'Aravie et de méroe
avec 45 pages et 4 cartes[149]
Paris Librairie orientaliste. Paul Geuthner
1926 13 Rue Jacob 13[150]

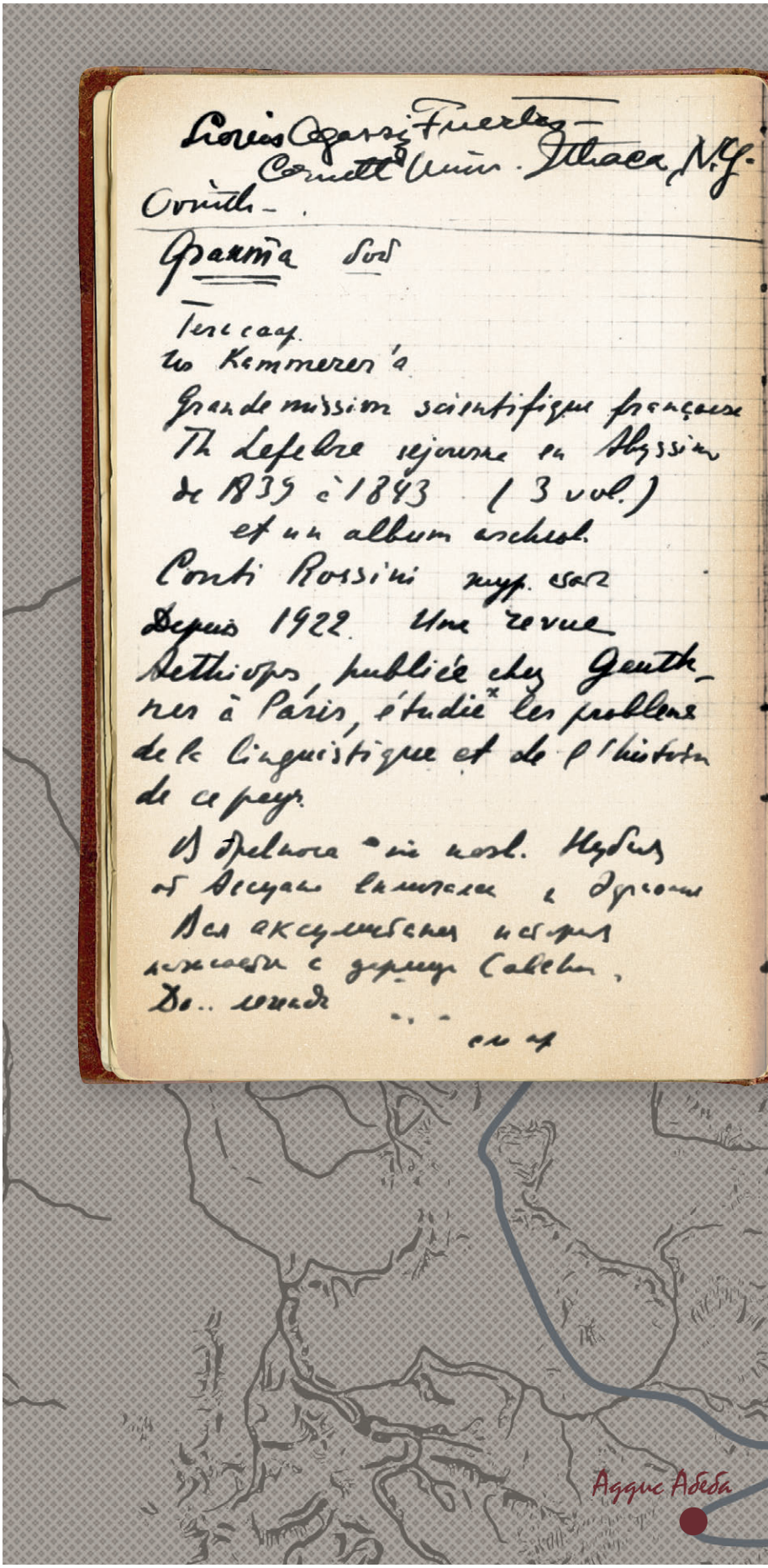
---

[145] Юлий Борелли
Южная Эфиопия
1885–1888
Париж 7, улица Святого Бенуа
Античный (<слово неразборчиво> квартал (*фр.*).
[146] Зыгбы (*амх.*) – желтое дерево, восточноафриканский подокарпус.
[147] Père Azaïs
иллюстрация прошлого года (*фр.*).
[148] Д-р Свингл.
Совет по садоводству
Департамента сельского хозяйства (*англ.*).
[149] А. Каммерер.
Полномочный посол
Очерки по древней истории Абиссинии
Королевство Эзум и его районы Аравия и Меро
с 45 страницами и 4 картами (*фр.*).
Д. б.: A. Kämmerer, Essai sur l'histoire antique d'Abyssinie: Le royaume d'Aksum et ses voisins d'Arabie et de Méroé. Paris, P. Geuthner, 1926 – *МД*.
[150] Восточная библиотека Парижа. Пол Гётнер
1926 13 ул. Жакоб

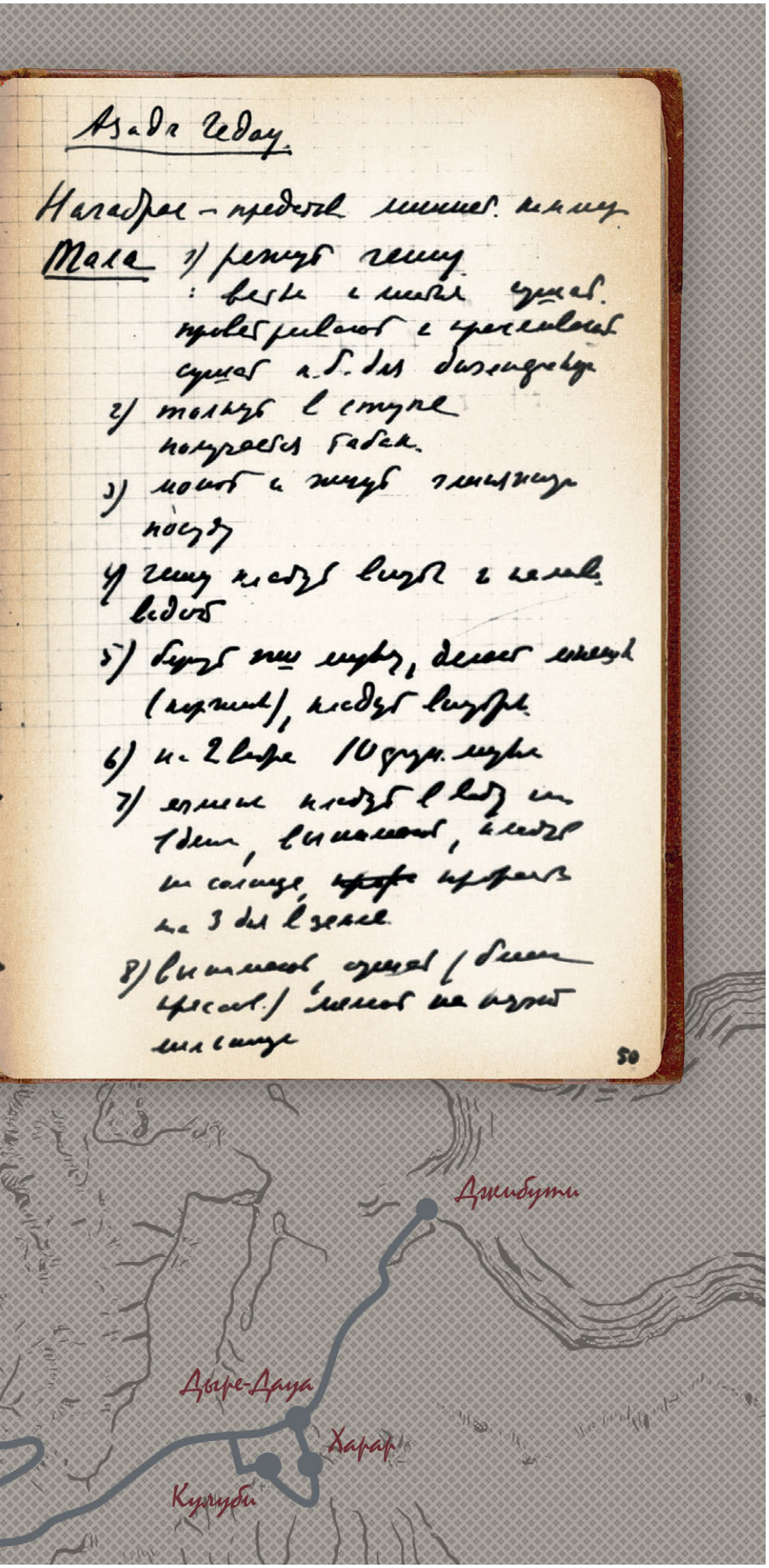
[*стр. 50а*]

Leorius Ogarsis Fuerles –
Cornell Univ. Ithaca, N.Y.[151]
Ornith –

Фанта боб
Течь <слово неразборчиво>
Из Kammerer'a
Grande mission scientifique française
Th Lefebvre séjourne en Abyssinie
de 1839 â 1843 (3 vol.)
et un album archeol[ogique][152].
Conti Rossini жур[нальная] стать[я]
Depuis 1922. Une revue
Aethiops, publiée chez Geuthner, à Paris étudie les problèmes de la linguistique et de l'histoire de ce pays[153].
В древности это [государство] назв. Нубия.
от Аксума включилась и Эфиопия.
Вся аксумитская история начинается с царицы Савской.
До … легенда - » -
см. пр.



[151] Леориус Огарсис Фуэрлес – Cornell Univ. Итака, штат Нью-Йорк.
[152] Великая французская научная миссия. Т. Лефевр жил в Абиссинии с 1839 по 1843 г. (3 тома) с альбомом Археология (*фр.*).
[153] В 1922 г. в журнале «Этиопс», опубликованном Гётнером в Париже, изложены проблемы лингвистики и истории этой страны (*фр.*).



[*стр. 50б*]

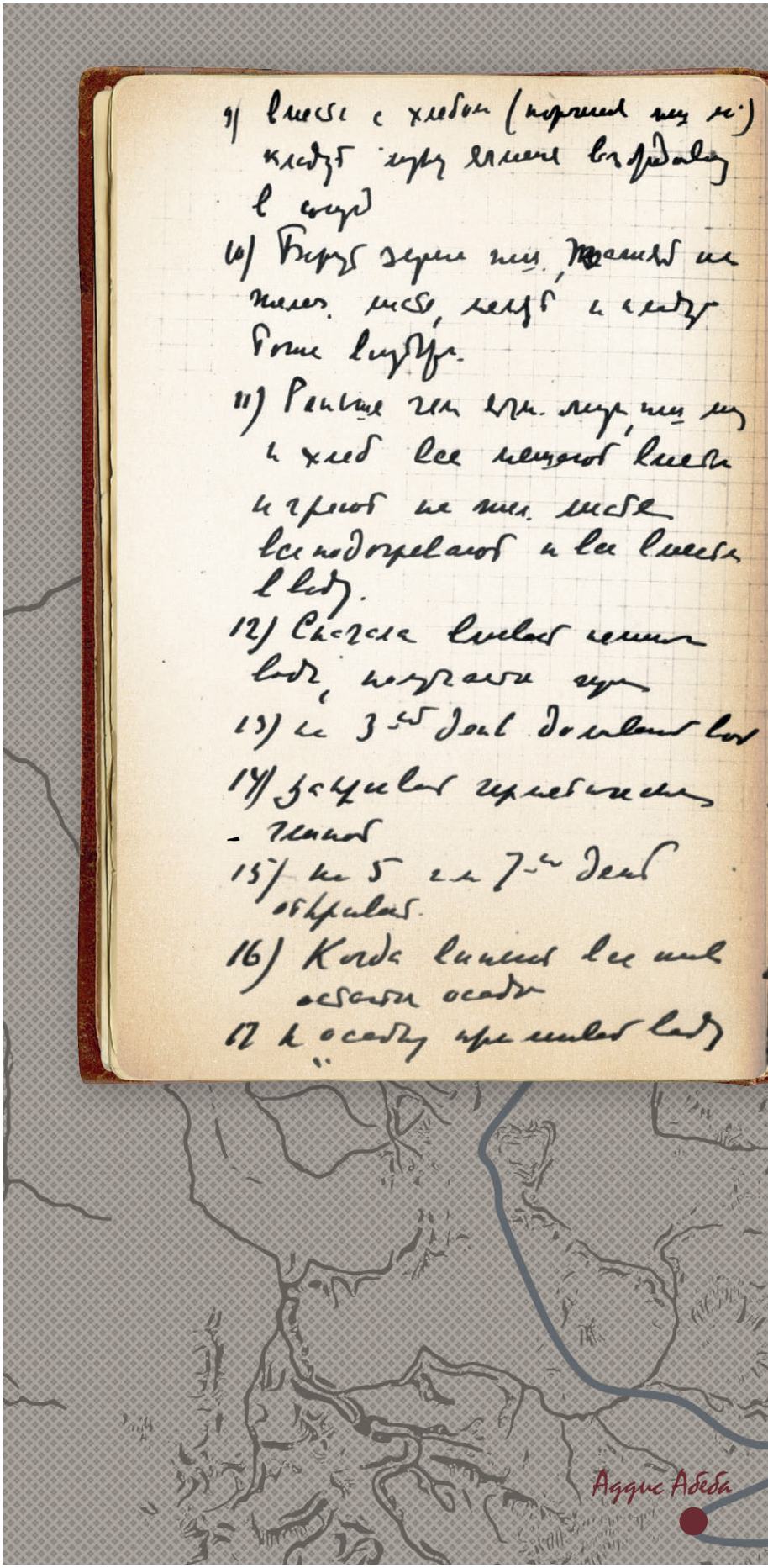
Азада [де] Гедин.

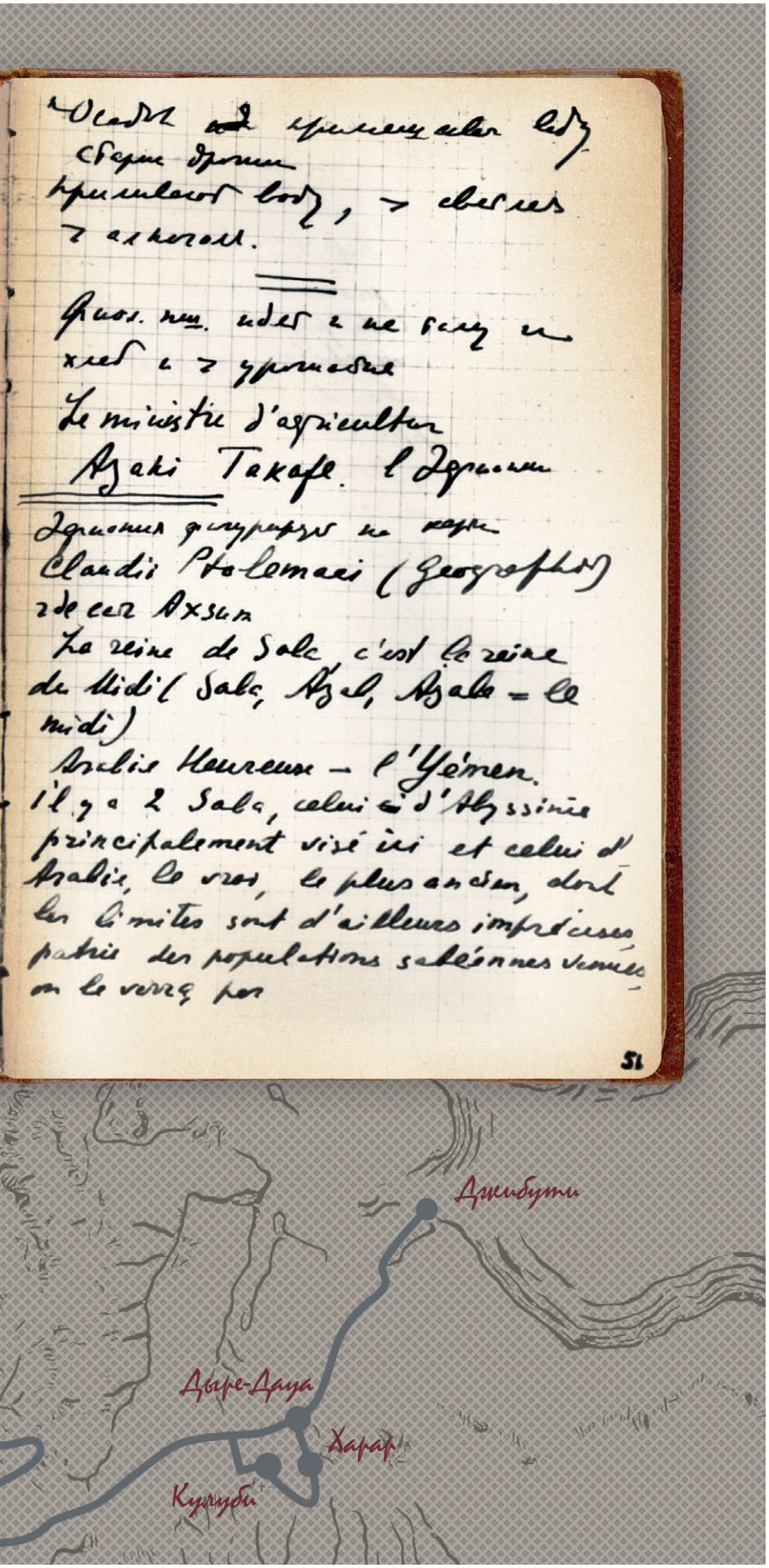
Нагадрас – представ. минист. коммерц.

Тала. 1) режут гешу
: ветки и листья сушат.
проветривают и просеивают
сушат к[ак] б[ы] для дезинфекции.
2) толкут в ступе
получается табак.
3) моют и жгут глиняную посуду
4) гешу кладут внутрь и налива[ют] водой
5) берут пш[еничную] муку, делают лепёшк[у] (поджар[ивают]), кладут внутрь
6) на 2 ведра 10 фун[тов] муки
7) ячмень кладут в воду на 1 день, вынимают, кладут на солнце, ~~прор~~ прорасти[ть] на 3 дня в земле.
8) вынимают, сушат (блин прессов[анный])[,] мелют на ручной мельнице

[*стр. 51а*]

9) вместе с хлебом (порошок пш[еничной] м[уки]) кладут муку ячменя <слово неразборчиво> в сосуд
10) Берут зёрна пш[еницы], калят на желез[ном] листе и кладут тоже внутрь.
11) Раньше[,] чем ячм[енная] мука, пш[еничная] мука и хлеб всё мешают вместе и греют на жел[езном] листе
всё подогревают и всё вместе в воду.
12) Сначала вливают немного воды, получается гуща
13) на 3-й день доливают вод[у]
14) закрывают герметически – глиной
15) на 5 или 7-й день открывают
16) Когда выпьют всё пиво[,] остается осадок
17[)] К осадку приливают воду





[*стр. 516*]

к осадку ~~под~~ примешивают воду,
старые дрожжи
приливают воду, > светлая > алкоголя

Фиол[етовозёрная] пш[еница] идёт и на талу[,] и хлеб и > урожайная.
Le ministre d'agriculture
Azaki Takafe[154] в Эфиопии

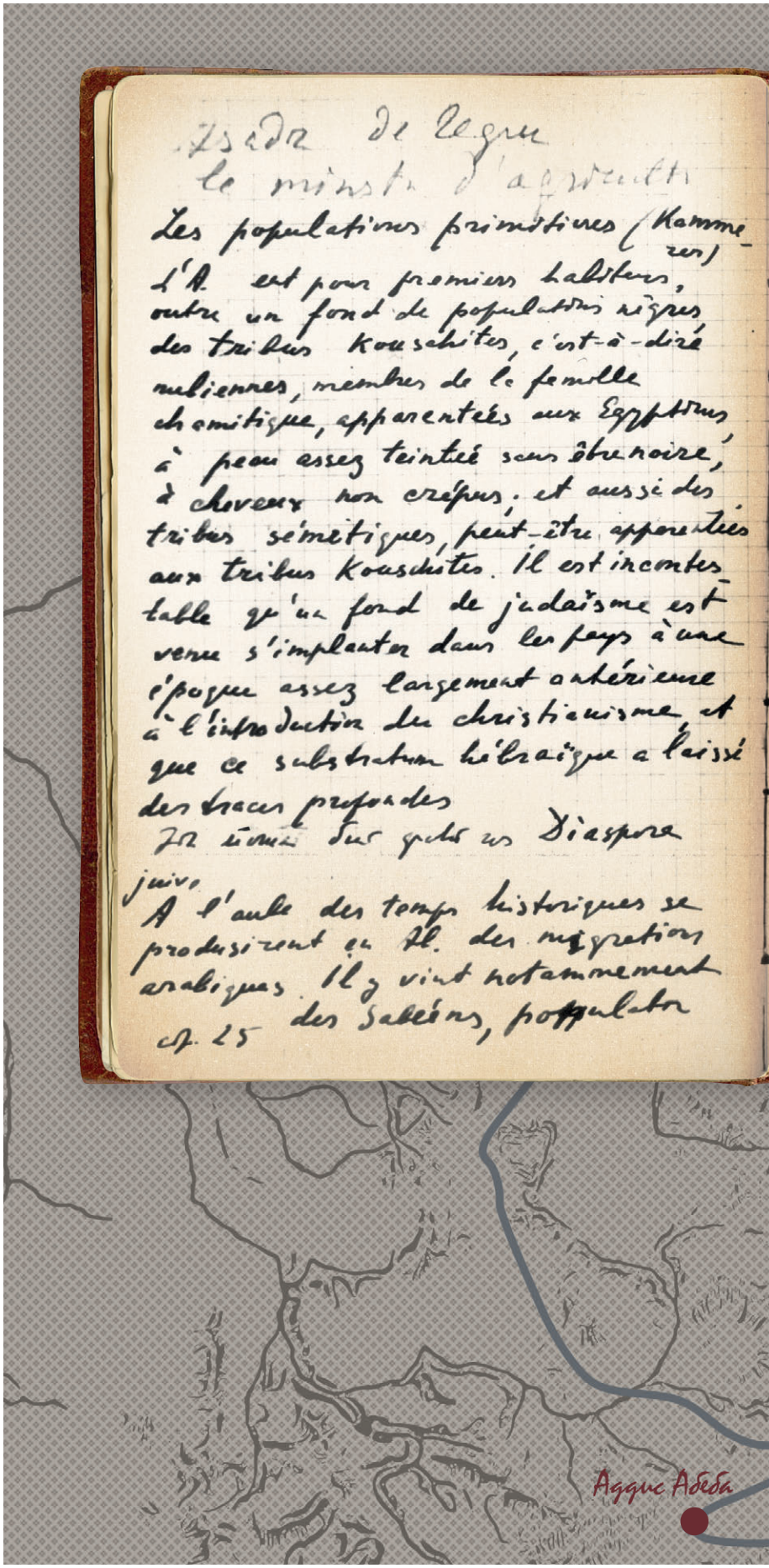
Эфиопия фигурирует на карте Claudii Ptolemaei (Geographia)[155][,] где есть Axsum.
La reine de Saba, c'est la reine de Midi (Saba, Azab, Azabe = le Midi)
Arabie Heureuse – l'Yémen
Il y a 2 Saba, celui de l'Abyssinie principialement visé ici et celui d'Arabie, le vrai, le plus ancien, dont les limites sont d'ailleurs imprécises, patrie des populations sabéennes venues, on le verra, par[156]

[154] Министр сельского хозяйства Азаки Такафе (*фр.*). Примечание: далее идет, скорее всего, рассказ министра, который Вавилов записал либо для точности, либо для экономии времени по-французски. – *МД*.
[155] Клавдия Птолемея («География»).
[156] Царица Савская – это южная королева (слова Saba, Azab, Azabe обозначают Юг).
Счастливая Аравия – это Йемен.
Есть две Сабы – Абиссинская Саба, о которой здесь пойдет речь, и Аравийская Саба, настоящая, наиболее древняя, с нечеткими границами и являющаяся родиной сабских племен, пришедших, как мы увидим, через <…> (*фр.*) [Фраза не закончена – *МД*].

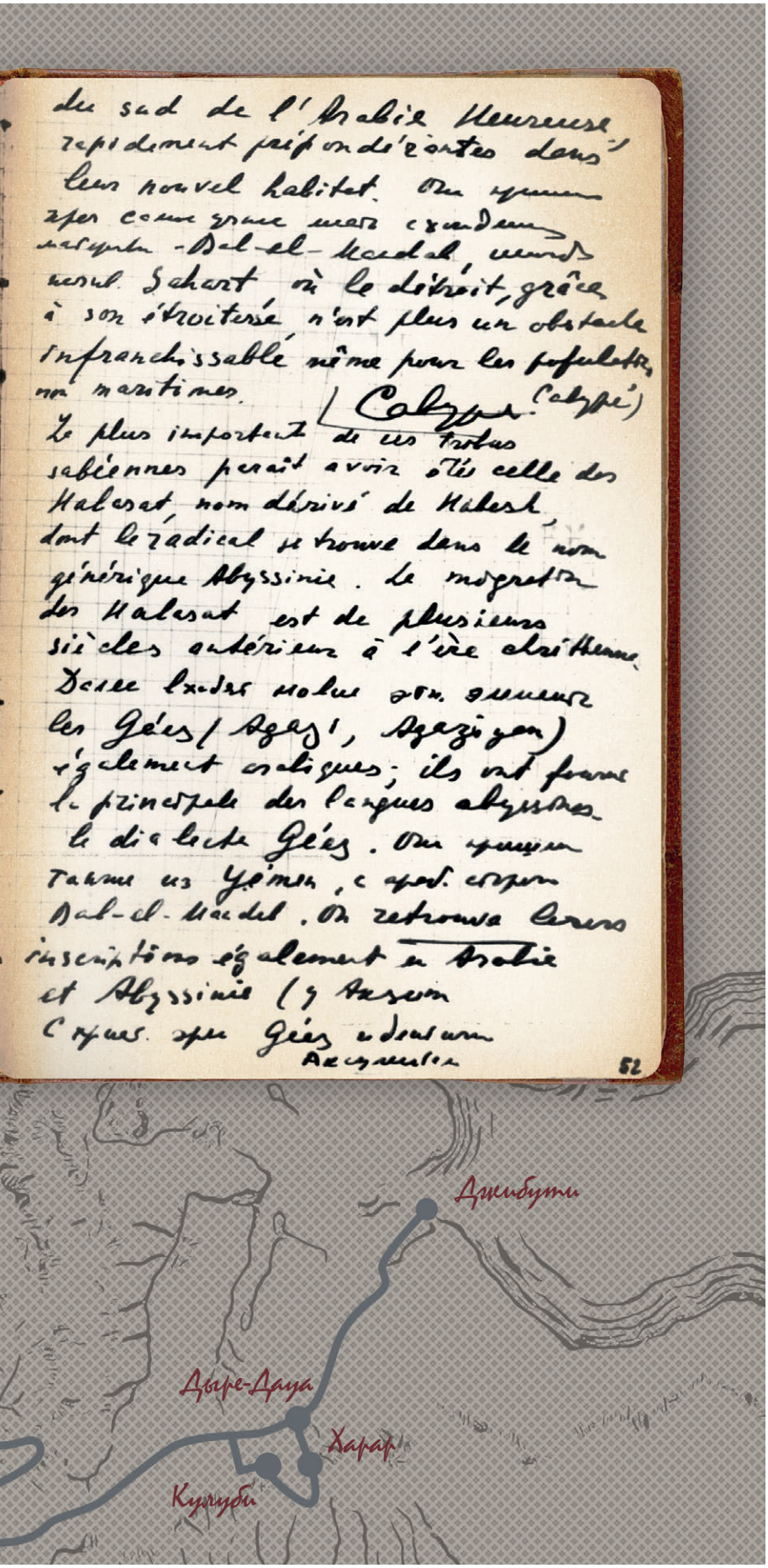
[*стр. 52а*]

Азада де Гедин
– le min[i]stre d'agriculture
Les populations primitives (Kammerer) d'A[byssinie] eut pour premier habitans outre un fond de populations nègres, des tribus kouschites, c'est-à-dire nubiennes, membres de la famille chamitique, apparentées aux Egyptiens, à peau assez teintée sans être noire, à cheveux non crépus; et aussi des tribus sémitiques, peut-être apparentés aux tribus kouschites. Il est incontestable qu'un fond de judaïsme est venu s'implanter dans les pays à une époque assez largement antérieure à l'introduction du christianisme et que ce substratum hébraïque a laissé des traces profondes[157]

Это может быть фалаши из Diaspora juive[158]
A l'aube des temps historiques se produisirent en Ab[yssinie] des migrations arabiques. Il y vint notamment[159]
стр. 25



[157] Азада де Гедин – министр сельского хозяйства. Примитивные народы (по Каммереру) из Эфиопии. Первыми жителями являются, помимо некоторого фонового количества негритянских племен, кушитские племена, т. е. нубийцы, члены хамитского семейства, родственники египтян. У них смуглая, но не черная кожа, их волосы гладки; а также семитские племена, возможно, родственные кушитским. Бесспорно, некая иудейская основа закрепилась в этих регионах намного раньше прихода сюда христианства, этот еврейский субстрат оставил глубокие следы (*фр.*).
[158] Еврейская диаспора (*фр.*).
[159] На заре исторического периода в Абиссинии произошли аравийские миграции. В том числе сюда пришли



[*стр. 526*]

des Sabéens, population du sud de l'Arabie Heureuse, rapidement prépondérantes dans leur nouvel habitat[160]. Они пришли через самое узкое место схождения материков Bab-el-Mandeb[161], иногда назыв[аемое] Sahart, où le détroit, grâce à son étroitesse, n'est plus un obstacle infranchissable même pour les populations non maritimes (~~Calypé~~ Calypé).

La plus importante de ces tribus sabéennes paraît avoir étés celles des Habasat, nom dérivé de Habesh, dont le radical se trouve dans le nom générique Abyssinie. La migration des Halasat est de plusieurs siècles antérieur à l'ère chrétienne[162].

Далее входят новые этн[ические] элементы les Gées (Agaz', Agaziyen) également arabiques; ils ont fourni la principale des langues abyssines, le dialecte Gées[163]. Они пришли также из Yemen[164], с араб[ской] стороны Bab-el-Mandeb. On retrouva leurs inscriptions également en Arabie et Abyssinie (у Aksum[])[165]

С христ[ианской] эры Gées[166] идентичен аксумитам

[160] сабийцы, народ с юга Счастливой Аравии, и вскоре они стали преобладать на новом месте (*фр.*).

[161] Баб-эль-Мандебский пролив (*араб.* باب المندب Баб-эль-Мандеб – ворота слёз (скорби)) расположен между юго-западной оконечностью Аравийского полуострова (территория Йемена) и Африкой (Джибути и Эритрея). Соединяет Красное море с Аденским заливом Аравийского моря.

[162] Сахарт там, где пролив, благодаря своей узости перестает быть препятствием даже для народов, не привыкших к морю (Calypé).

По-видимому, самое крупное из этих сабийских племен было племя Хабашат. Название племени восходит к слову Хабеш (Habesh), корень которого присутствует также в общем названии – Абиссиния. Миграция племени Хабашат произошла за несколько веков до христианской эры (*фр.*).

[163] Геэз (в других транскрипциях Agaz', Agaziyen) тоже аравийского происхождения. Эти племена принесли основной абиссинский диалект – язык геэз (*фр.*).

[164] Йемен (*фр.*).

[165] Баб-эль-Мандебского пролива. Надписи на этом языке были также найдены в Аравии и в Абиссинии (у Аксума) (*фр.*).

[166] Геэз (*фр.*).

[*стр. 53а*]

Истор[ические] данные показывают, что были связи Аравии и Абиссинии: politique, commerciaux, maritimes et surtout militaires[167].

Сведения геогр[афические] имеются на времена Claude Ptolémée[168]

Le massif montagneux d'Ab[yssinie] peuplé sans doute par des tribus nègres primitives ne pouvait se développer que par la colonisation.

Masson = Adules

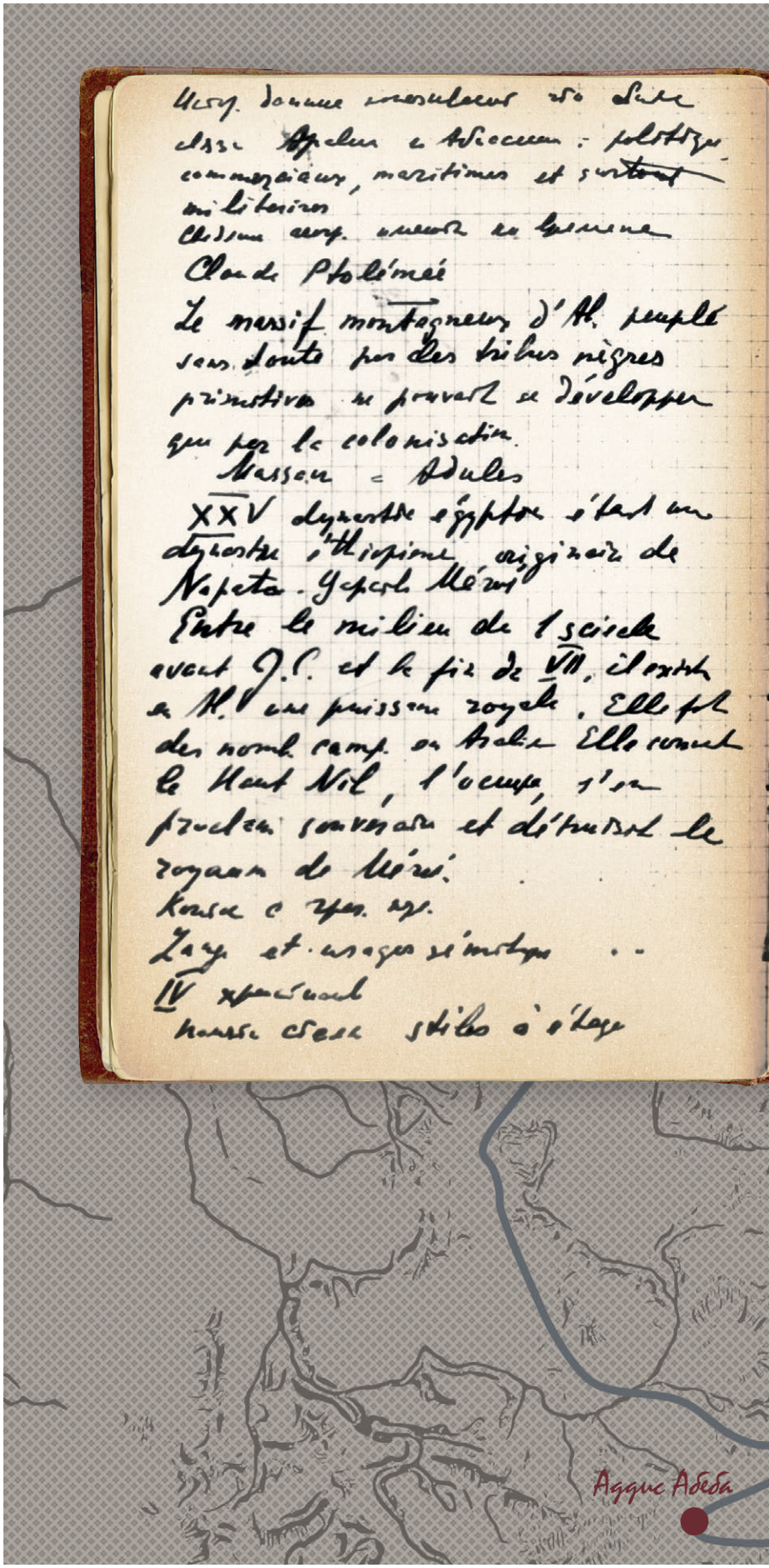
XXV dynastie égyptienne était une dynastie éthiopienne, originaire de Napetes царство Méroé Entre le milieu de 1 siècle av. J.C. et le fin de VII il existe en Ab une puissance royale. Elle fait des nomb. camp. en Arabie Elle conquiert le Haut Nil, l'occupe, s'en proclame souverain et détruisit le royaume de Méroé[169].

Копты с греч[еским] язы[ком]

Lange et usages sémitique…[170]

[C] IV [века] христианств[о]

Памят[ная] стела [–] stèle à étage[171]



[167] Политические, торговые, морские и главным образом военные (*фр.*).

[168] Клавдия Птолемея (*фр.*).

[169] Горный массив Абиссинии был, вероятнее всего, населен примитивными негритянскими племенами. Его развитие могло реализоваться только путем колонизации.

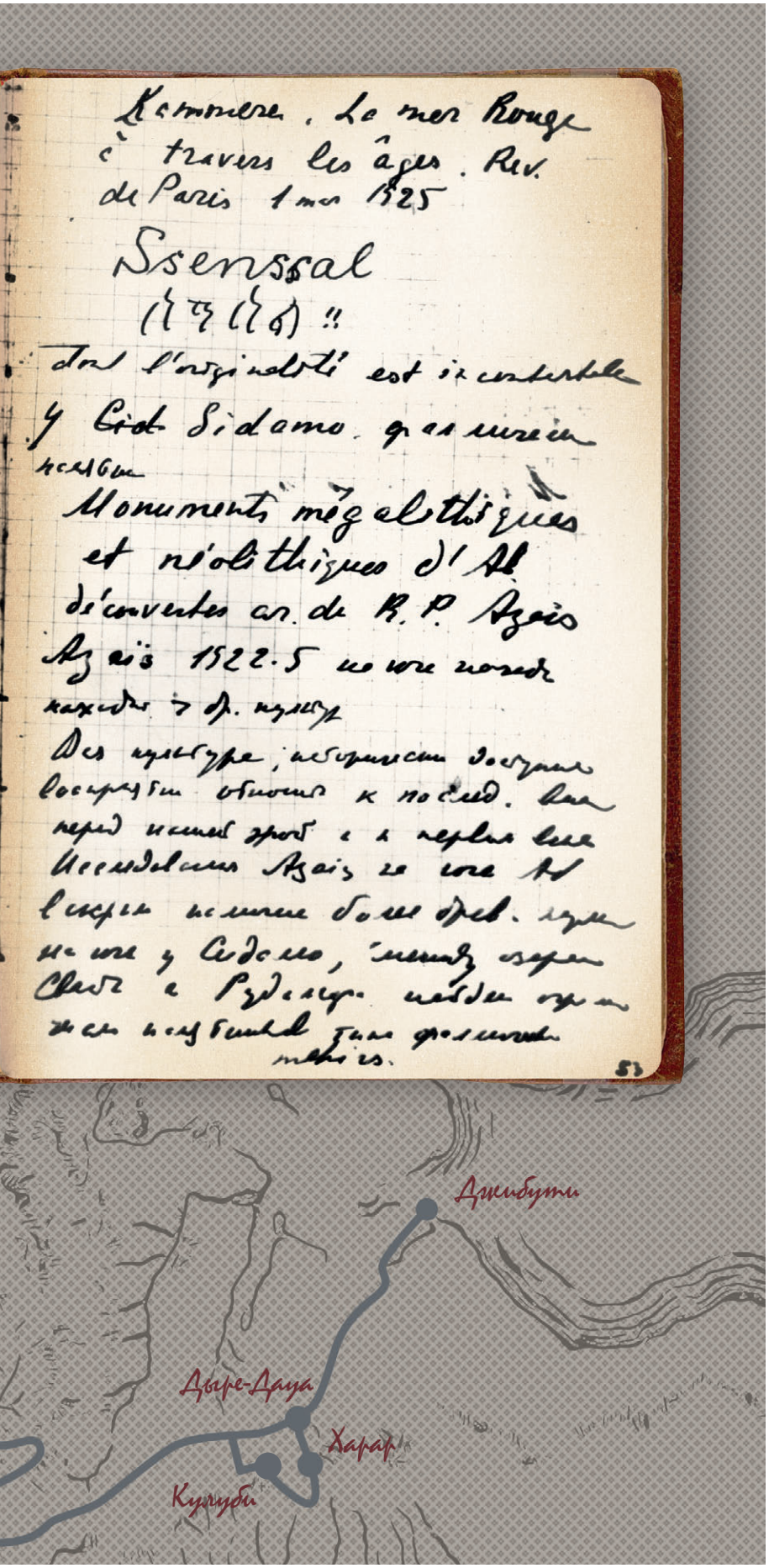
Masson = Adules

XXV-я египетская династия была эфиопской династией, из города Напате в Меройском царстве.

Между серединой первого века до Рождества Христова и концом VII-го существовала в Аб. королевская власть. Она устраивала набеги в Аравию, завоевала верхний Нил, объявила себя владельцем этих земель и уничтожило царство Мероэ (*фр.*).

[170] Язык и семитские обычаи… (*фр.*).

[171] Ступенчатая стела (*фр.*).



[*стр. 536*]

[Albert] Kammerer, la mer Rouge à travers les âges, Rev. De Paris 1 mai 1925[172]

Ssenscal

<заголовок амхарскими буквами>[173]

dont l'originalité est incontestable[174]

У ~~Cid~~ Sidamo фаллические памятни[ки].

Monuments mégalithiques et néolithiques d'Ab[yssinie] découvertes ar. de R.P. Azaïs[175]

Azaïs [в] 1922-5 на юго[-]западе находит > др[евних] культур

Вся культура, исторически доступная восприятию[,] относитс[я] к последни[м] векам перед нашей эрой и к первым векам [н. э.]. Исследования Azaïs на юг[е] Аб[иссинии] вскрыл[и] наличие более древ[них] куль[тур] на юге у Сидамо[176], между озёрам[и] Света[177] и Рудольфа[178] найдено огромное число памятников типа фаллических mahirs[179].

[172] Д. б.: Albert Kammerer, La Mer Rouge, l'Abyssinie et l'Arabie depuis l'Antiquité : Essai d'histoire et de géographie historique, vol. 2, t. Ier: Les pays de la Mer Érythrée jusqu'à la fin du Moyen Âge, Le Caire, Société Royale de Géographie d'Égypte, 1929, LXII+451 p., 2 vol.

[173] Не читается.

[174] Оригинальность которой неоспорима (*фр.*).

[175] Мегалиты и неолиты Абиссинии, археологические раскопки преподобного отца Азаиса (*фр.*).

[176] Район на юго-западе Эфиопии.

[177] Вероятно, дословный перевод названия оз. Альберта в Уганде.

[178] Озеро было открыто в 1888 г. Названо в честь кронпринца Австрии. В 1970-х годах возвращено местное название – оз. Туркана.

[179] Описка: д. б. manhirs – менгиры (простейшие мегалиты) (*фр.*).

[*стр. 54а*]

Azaïs нашёл у Harrar'а дольмены бронз[ового] периода.

У Аксума тоже найдены остатки неолита (pierres dressées menhirs[180]).

У ю[жных] озёр найдены орнаменты типа de glaives romaines ([*фр.* –] поздние римские).

A toutes époques le glaive a été le symbole du guerrier[181].

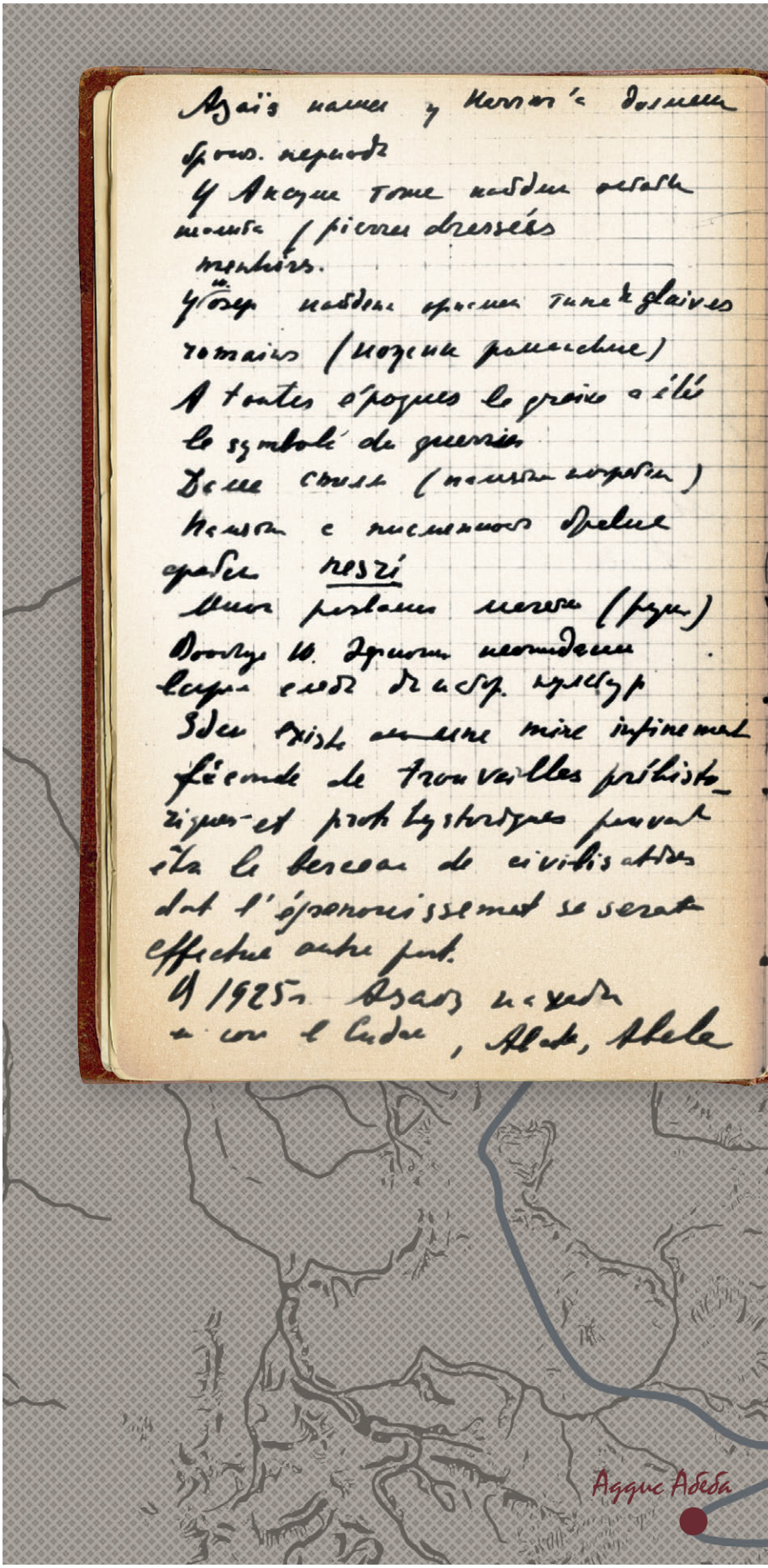
Далее стелы (памятники погребения) [–] памятни[ки] с письменностью древнеарабск[их] nesri[182].

Много развалин мечетей (руин).

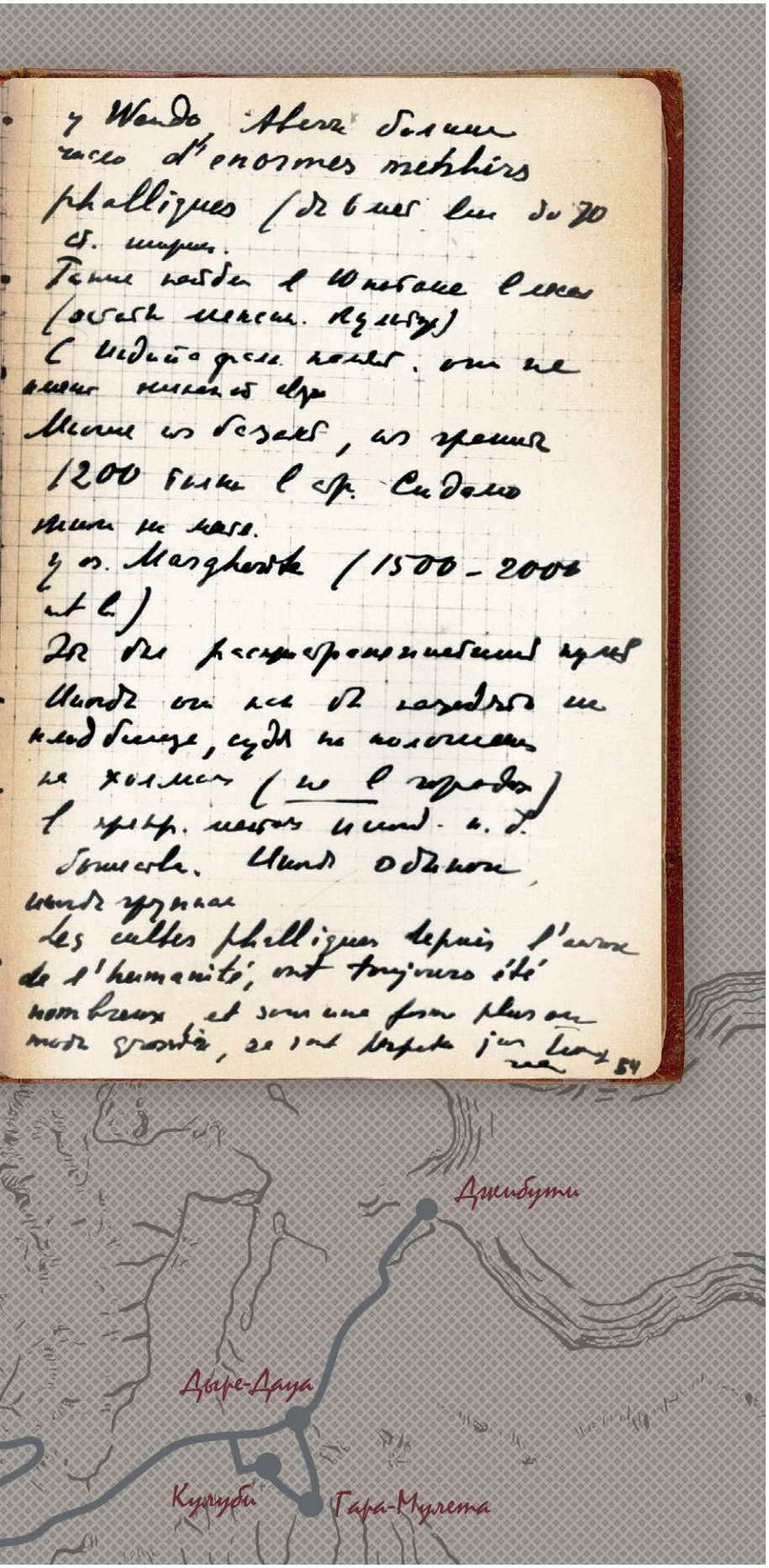
Вообще Ю[жная] Эфиопия неожиданно вскрыл[а] следы доистор[ических] культур.

Здес[ь] existe une mine infiniment féconde de trouvailles préhistoriques et protohistoriques pouvant être le berceau de civilisations dont l'épanouissement se serait effectué autre part[183].

В 1925 г. Azaïs находит и сох[ранившееся] в Сида[ма], Abash [Awash], Abele



[180] Стоячие камни – менгиры (*фр.*).
[181] Во все времена меч был символом воинов (*фр.*).
[182] Neşri (ум. ок. 1520) – историк Оттоманской империи. Попытался объективно установить события и хронологию.
[183] Здесь также найден богатейший кладезь доисторических и протоисторических находок, характеризующих зарождающиеся цивилизации, рассвет которых осуществился в других местах (*фр.*).



[*стр. 546*]

у Wando, Aberra большое число d'énormes menhirs phalliques[184] (до 6 мет[ров] выс[ота], до 60 ст[м][185] ширина).

Такие найдены в Юкатане в лесах (остатки мексик[анских] культур).

С индийск[ими] фалл[ическими] памятн[иками] они не имеют никакой связи.

Многие из базальт[а], из гранита

[числом] 1200 только в стр[ане] Сидамо [Сидама][186] нашли на месте.

У оз[ера] Margherita[187] (1500–2000 mt [de] l[ongueur])[188]

Это был распространённый культ. Иногда они как бы находятся на кладбище, судя по положению на холмах (не в городах) в прекр[асных] местах и инд. м[ожет] б[ыть] божества. Иногда одиноч[ные], иногда группами.

Les cultes phalliques depuis l'aurore de l'humanité ont toujours été nombreux et sous une forme plus ou moins grossière se sont perpétu[és] jus[qu'à][189] <два слова неразборчиво>.

[184] Огромные фаллические менгиры (*фр.*).
[185] Устаревшее сокращение от сантиметра.
[186] Ныне провинция Эфиопии.
[187] Озеро было названо в честь жены короля Италии Умберто I, Маргариты Савойской. Ныне оз. Абая.
[188] Метров длины (*фр.*).
[189] Фаллические культы со времен рассвета человечества всегда были многочисленными. В более или менее грубой форме сохранились до <два слова неразборчиво> (*фр.*).

[*стр. 55а*]

В стране Кафа [Каффа] tous les chefs portent sur la tête un phallus en bois[190].

Ato Brahau Markos

Berhana Markos

на почте

1) дурго [*амх.*] – казённое питание

2) сопровожд[ающий] человек – вотодар ([*амх.*] солдат)

(5) 4. груз. сухари белые

2 ашке[ра][191] выпивку

10 мул[ов]

Нагади[192] Cascarine le prince[193]

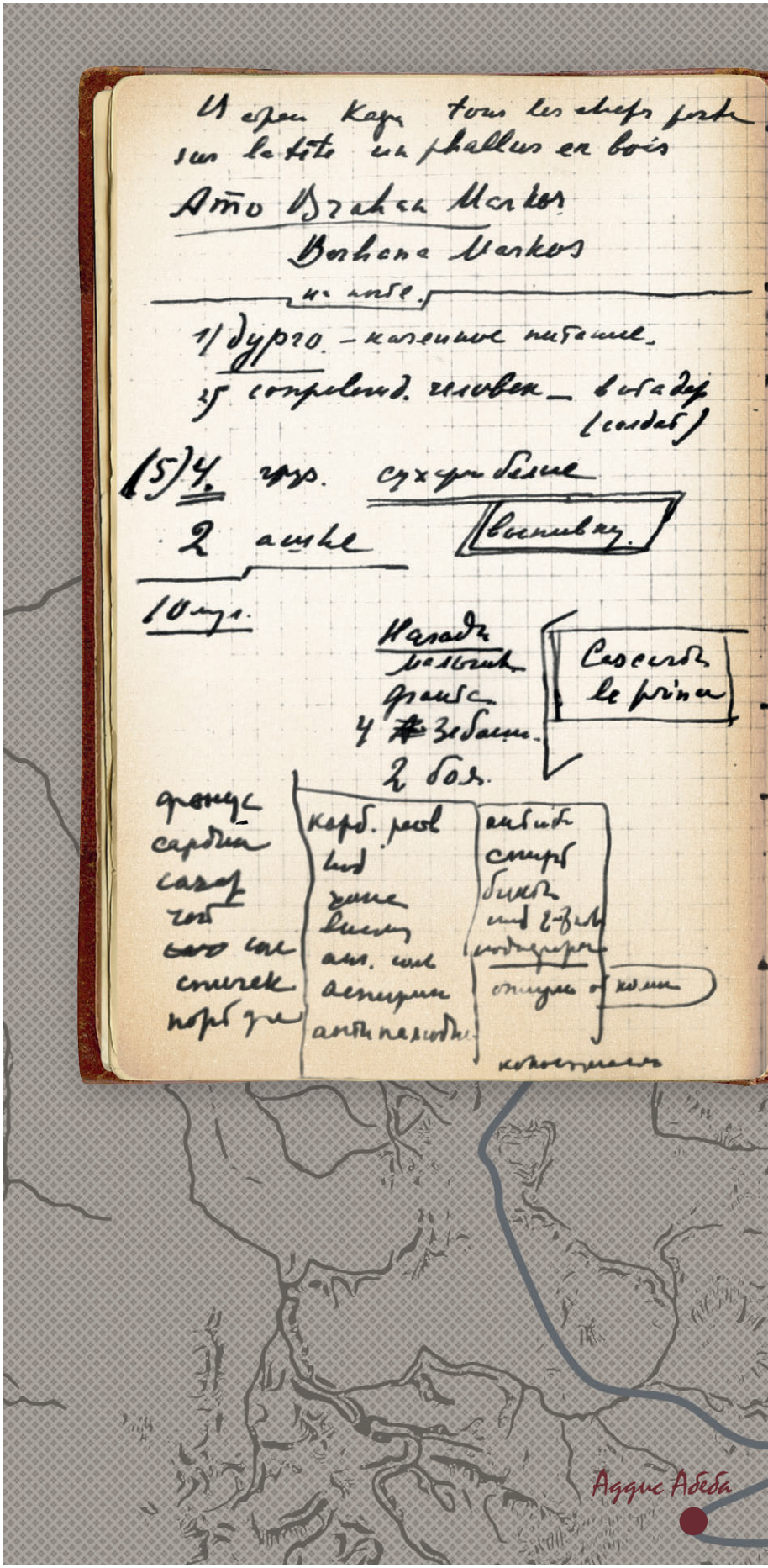
Мальчик

Фанта

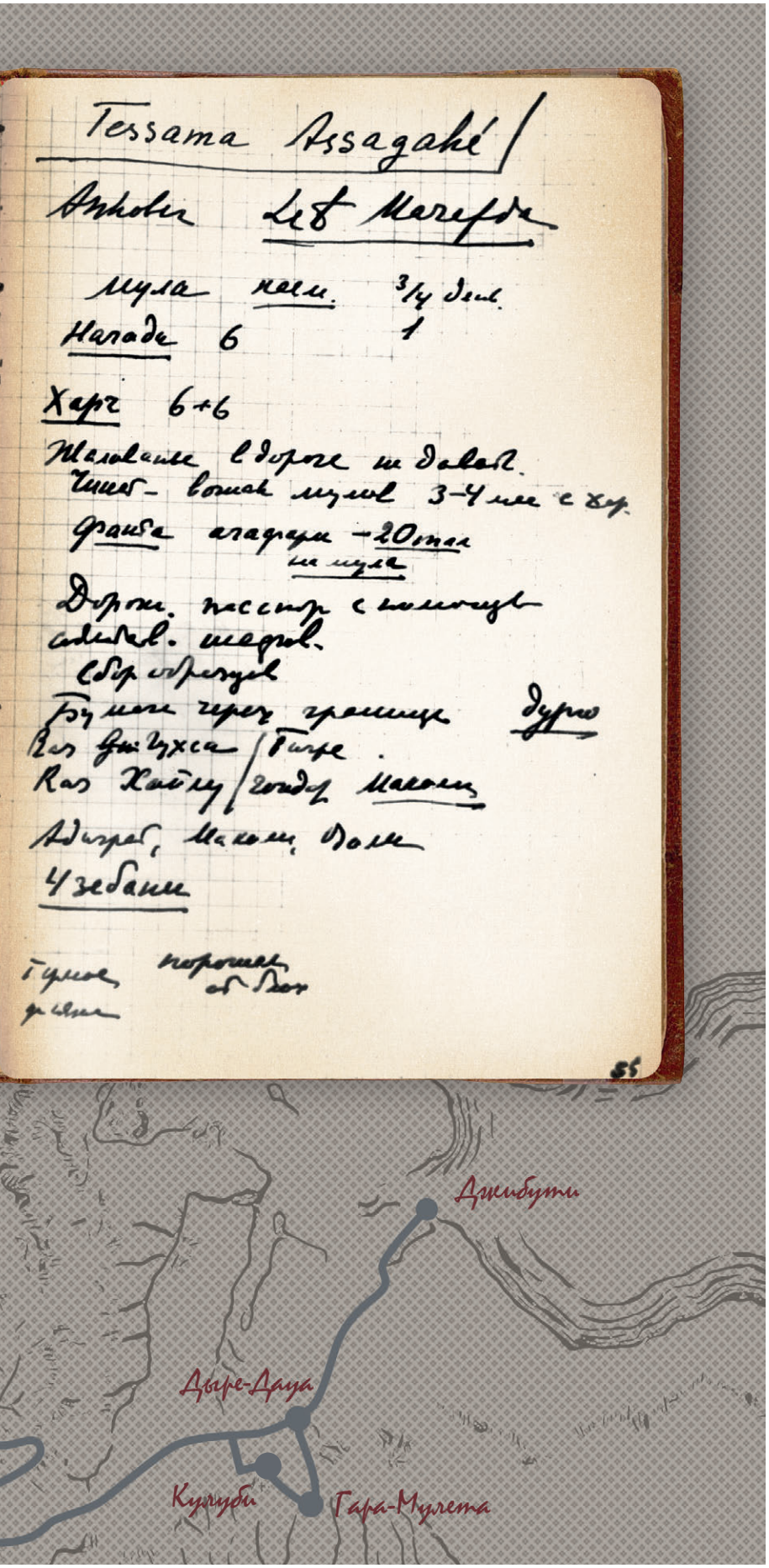
4 ~~А~~ зебани[194]

2 боя[195]

<слово неразборчиво>	карб[оловый] раств[ор]	антидо[т]
сардин[ы]	йод	спирт
сахар	<слово неразборчиво>	бинты
чай	<слово неразборчиво>	инд. 2–8 <слово неразборчиво>
соль	анг[лийская] соль	йодоформ
спичек	аспирин	опиум от кашля
<слово неразборчиво>	анти…<слово неразборчиво>	<слово неразборчиво>



[190] Все вожди носят на голове деревянный фаллос (*фр.*).
[191] 2 солдата (*амх.*).
[192] Погонщик мулов (*амх.*).
[193] Пилюли “Cascarine Leprince” – слабительное, изготавливалось из коры крушины американской (*Frangula purshiana* Cooper).
[194] Джебана – горшок для варки кофе (*амх.*).
[195] От *англ.* boy – мальчик.



[*стр. 556*]

Tessamo Asagahé /
Ankober Let Marepda
Мулы наём ¾ день.
Нагади 6 1
Харч 6+6
Жалованье в дороге не давать.
Чиист – вожак мулов 3–4 мес[яца] с хар[чем].
Фанта агафари – 20 тал[.]
на мула.
Дорож[ный] паспор[т] с помощью содейств[ия]
шефов.
Сбор образцов
Бумага через границу дурго[196]
Ras ~~Gu~~ Гухса / Тигре
Ras Хайлу / Гондер Маколи [Мэкэле][197]
Адиграт[198], Маколи [Мэкэле], Волло
4 зебани
термос порошок от блох
фляжка

[196] Казенное питание (*амх.*).
[197] Ныне столица провинции Тыгрей.
[198] Последний значительный город Эфиопии перед границей с Эритреей.

[*стр. 56а*]

Касторовое масло от вшей.

Hall

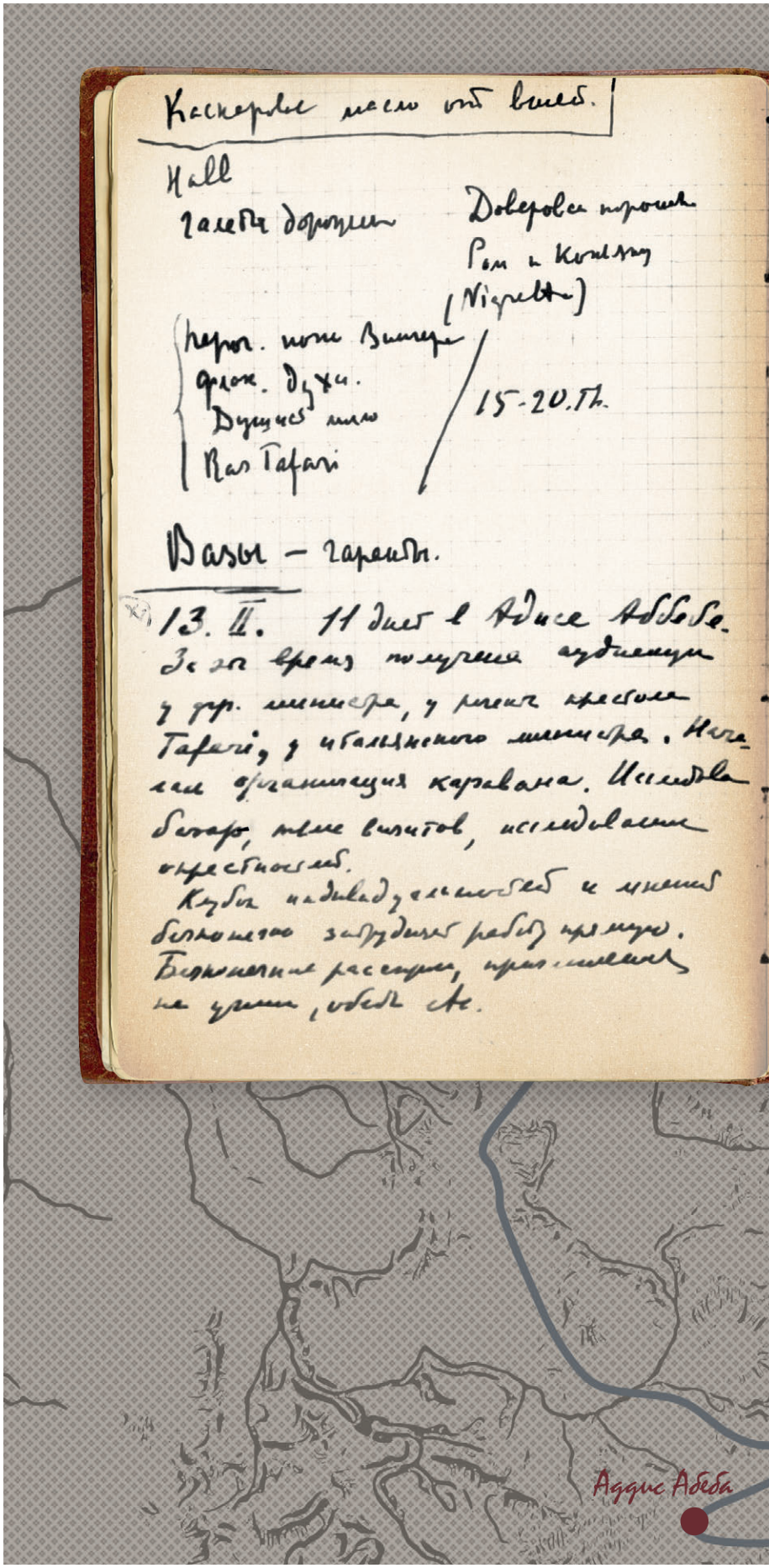
Галеты дорожные

Доверовск[ий] порошок[199]
Ром и коньяку
(Nigretta)[200]

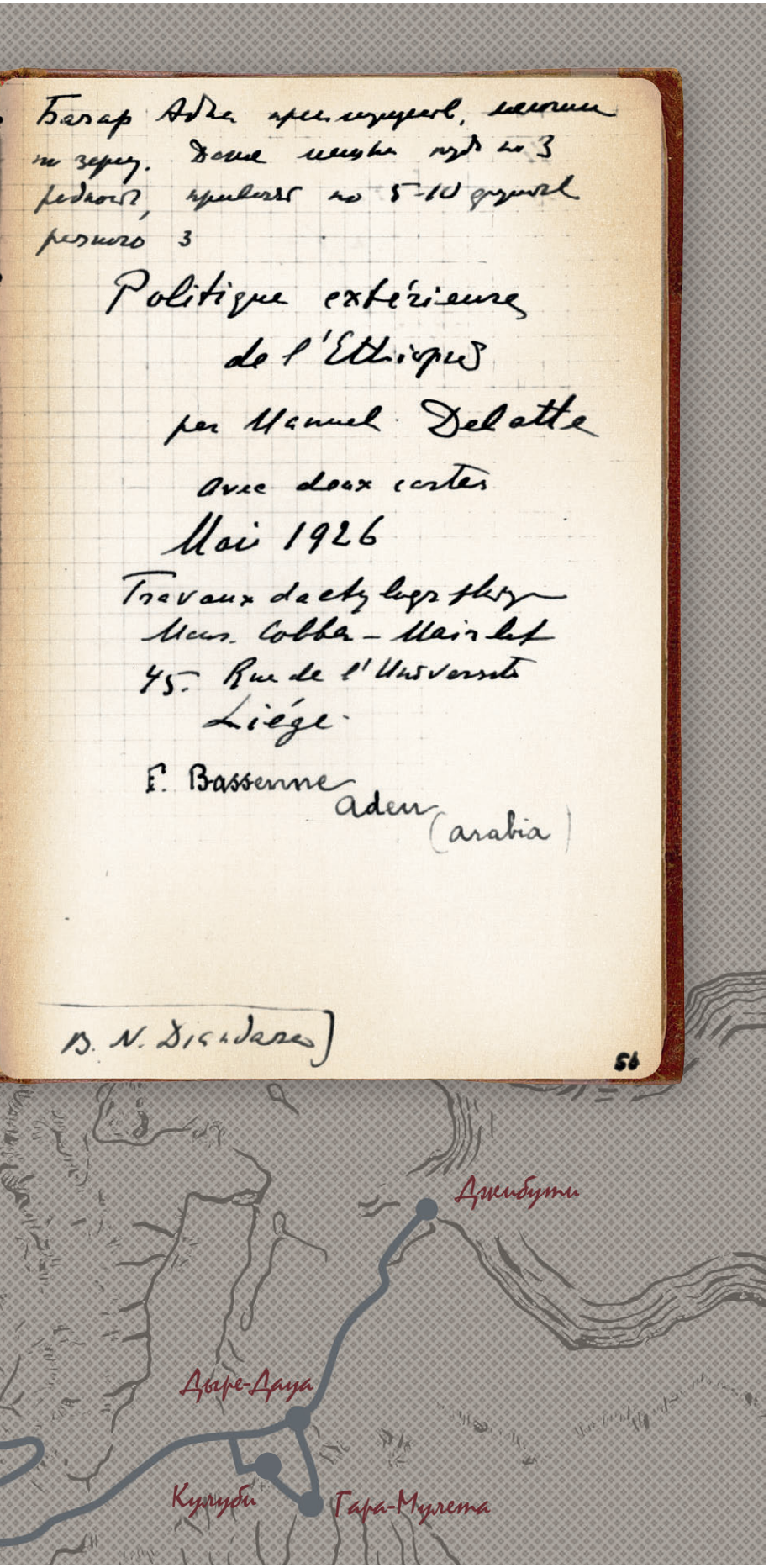
Пероч[инный] нож Венгера[201]
Флак[он] духи
Душист[ое] мыло
Ras Tafari
/ 15–20 Th[aler]

Вазы[202] – гаранты

13.II [воскресенье]. 11 дней в Адисе Аббебе. За это время получена аудиенци[я] у фр[анцузского] министра, у регента престола Tafari, у итальянского министра. Началась организация каравана. Исследован базар, тьма визитов, исследование окрестностей.
Клубок индивидуальностей и мнений бесконечно затрудняет работу прямую.
Бесконечные расспросы, приглашения на ужины, обеды etc.



[199] Сложный порошок опия и ипекакуаны.
[200] Negrita – марка французского рома.
[201] Wenger – швейцарская компания, производящая армейские перочинные ножи.
[202] Ваза (*амх.*) – поручитель.



[*стр. 56б*]

Базар Адисы преимуществ[енно] мелочен по зерну. Даже мешки пуда по 3 редкость, привозят по 5–10 фунтов разного з[ерна].

Politique extérieure
de l'Ethiopie
par Manuel Delatte
Avec deux cartes[203]
Май 1926
Travaux dactylographiés
<слово неразборчиво> Cobba Mairlet
45 Rue de l'Université
Liège
F. Bassenne
Aden
(Arabia)[204]

B.N. Diandaris

[203] «Внешняя политика Эфиопии» Мануэля Деблатте. С двумя картами (*фр.*).

[204] Машинописные работы
<слово неразборчиво> Кобба Майрлет
Университетская улица, 45
Льеж
Ф. Бассенн
Аден
(Аравия)

[Следующая запись в «Дневнике» появится только через девять дней, 13 февраля 1927 г., поэтому позволим себе привести ряд сохранившихся писем Н.И. Вавилова, написанных им в эти дни, во время ожидания в Аддис-Абебе разрешения на путешествие по стране и выхода каравана на север Эфиопии, и два письма В.Е. Писареву, помеченных 17 и 18 февраля:]

Л.С. БЕРГУ[205]

Ad[d]is Ababa

11 февраля 1927 г.

Дорогой Лев Семёнович[206],

Что бы там ни было, а добрался до Эфиопии. Центр ген здесь любопытнейший. По пшеницам даже виды ещё не дифференцировались.

Видел на днях зоологов из Fields Museum (Chicago)[207]. Говорят [нашли] 2/3 новых родов по птицам. Нашли ряд новых видов и родов грызунов, обезьян.

Параллелизмы тут поразительные. Что ни тронь – полный ряд. Сижу как на иголках, жду не дождусь разрешения моему каравану двинуться вглубь страны по направлению к Эритрее. Сегодня назначена аудиенция у регента престола. Представляет француз[ский] посол. Что-то будет?

Всем привет. Не сердись, что так долго пребываем тут. Надо! Другой раз этого не сделаешь.

Ваш [Н.И. Вавилов]

В.Е. ПИСАРЕВУ[208]

Ad[d]is Ababa

11/II [1927 г.]

Дорогой В.Е.[209]

Судьба моя решается на этих днях. Пустят мой караван вглубь страны или нет.

Прошу Вас резервировать мне на Европу 1000 руб. Расходы здесь очень большие, т[ак] к[ак] караван с солдатами доходит до 15 человек. По пшеницам находки здесь исключит[ельной] важности. Вся группа [Triticum] durum (даже [T.] persicum длин[ные] ост[евидные] придат[ки]) центрируется здесь.

Ваш Н. Вав[илов]

<На лицевой стороне открытки:>

Никогда ещё не попадал в такой дипломатический круговорот, как здесь.

Никто не верит, что от нас может приехать ботаник собирать пшеницу. И все ищут причин более глубоких. А так как здесь клубок, то Вы поймёте моё положение. Принимаю визиты, трачу тьму денег на содо-виски, коньяк, почти спился, ибо не только на Руси есть веселие пити, но ещё более в Абиссинии. Пиво и мёд они изобрели до нас. Боги великие и малые, когда же я выберусь из Ад[д]ис-Абебы. Переживаю положение почётного плена.

Отправил 51 посылку по 5 kilo.

---

[205] Цит. по: (Научное наследство. Т. 10. Николай Иванович Вавилов. Из эпистолярного наследия 1929–1940 гг. М.: Наука, 1987. С. 294).

[206] Лев Семёнович (Симонович) Берг (1876–1950) – зоолог, географ. Окончил Императорский Московский университет (1898). Смотритель рыбных промыслов на Аральском море и в низовьях Сырдарьи (1899–1902) и среднего течения Волги (1903–1904). Зав. отделом рыб Зоологического музея Императорской Санкт-Петербургской АН (1904–1913), и.о. профессора МСХИ (1913–1914), профессор Петроградского (Ленинградского) университета (1917–1950), зав. отделом прикладной ихтиологии Государственного института опытной агрономии (1922–1930), зав. лабораторией ископаемых рыб Зоологического института АН СССР (1934–1950). президент Географического общества СССР (1940–1950). Академик АН СССР (1946). Лауреат Сталинской премии (1951, посмертно). Создатель теории номогенеза (1922).

[207] Музей естественной истории им. Филда (Чикаго, США). Организован в 1893 г.

[208] Цит. по: Научное наследство…, 1987. С. 294.

[209] Виктор Евграфович Писарев (1882–1972) – агроном, селекционер. Окончил Императорский Казанский университет (1906) и Московский СХИ (1908). В 1909–1912 гг. – агроном Переселенческого управления Иркутского района Иркутской губернии, в 1913–1918 – зав. Тулунским опытным полем (Иркутская губерния), в 1918–1920 – организатор агрономической службы в Иркутской губернии. С 1921 г. – в ОПБиС, в 1921–1923 гг. откомандирован в Восточную Сибирь и Монголию для поисков родины восточносибирских хлебов. С 1924 г. – зам. директора ВИПБиНК/ВИР. В марте 1933 г. арестован, выслан в Ухтпечлаг, в феврале 1934 г. переведен в Сиблаг и в этом же году досрочно освобожден. Вернулся на работу в Ленинградский СХИ, затем уехал в пос. Немчиновка Московской области, где в 1935–1972 гг. возглавлял лабораторию селекции яровых зерновых культур Московской областной опытной станции/НИИ сельского хозяйства центральных районов Нечерноземья.

Письмо Н.И. Вавилова Д.Н. Прянишникову.
11 февраля 1927 г.
Аддис-Абеба
АРАН. Ф. 632, оп. 4, д. 121, л. 3. Автограф

Д.Н. ПРЯНИШНИКОВУ[210]

Ad[d]is Abbeba
11 II 27 [г.]

Дорогой Дмитрий Николаевич[211]*!*

Пишу Вам из Эфиопии, куда добрался наконец после долгих мытарств.

Здесь, как и предполагал, особый, оригинальный центр ген. По группе тв[ёрдых] пшениц максимум разнообразия здесь. Даже виды не дифференцированы. То же по ячменям.

<На лицевой стороне открытки:>

Овёс связан с полбой.
Нет сомнения, что европ[ейский] горох взят отсюда.
Ряд новых хлебных культур.
Пытаюсь проникнуть вглубь страны, а оттуда в Эритрею.
Всем привет.
Ваш Н. Вавилов

АРАН. Ф. 632, оп. 4, д. 121, л. 2. Автограф

[210] Н.И. Вавилов: Документы. Фотографии. СПб.: Наука, 1995. С. 67.
[211] Дмитрий Николаевич Прянишников (1865–1948) – агрохимик, физиолог растений. Окончил Императорский Московский университет (1887) и Петровскую земледельческую и лесную академию (1889). С 1895 г. – зав. кафедрой агрохимии, в 1916–1917 гг. – директор МСХИ. Основатель и директор Научного института по удобрениям. Член Госплана СССР (1920–1925) и Комитета по химизации народного хозяйства (1925–1929). С начала Великой Отечественной войны в эвакуации в Средней Азии, где руководил обследованием земель для расширения сельскохозяйственных угодий. Было выявлено и использовано под посевы зерновых и технических культур свыше 13 млн га ранее не обрабатывавшихся или выведенных из возделывания земель, что сыграло значительную роль в обеспечении Красной армии продовольствием и фуражом. Академик АН СССР (1929) и ВАСХНИЛ (1935). Герой Социалистического Труда (1945).

П.П. ПОДЪЯПОЛЬСКОМУ[212]

Саратов *Ad[d]is Ababa, Éthiopie.*
11 февраля 1927 г.

Дорогой Пётр Павлович[213].

Как ни чудно самому, но до страны львов добрался.

«Открылась бездна звёзд полна,
Звездам нет счёта, бездне дна»[214].

Здесь даже более чем предполагал пеклотворения. Виды ещё даже не дифференцированные. Пытаюсь войти вглубь страны. Но много козней дипломатических.

Всем Вашим привет.

Ваш Н. Вавилов

В.Е. ПИСАРЕВУ[215]

17/II [1927 г.]

Правитель Эфиопии Ras Tafari, портрет коего прилагаю, разрешил вход вглубь страны. Меня признали по ходатайству франц[узского] посла «гостем» страны. Сегодня караван (11 мулов, 12 человек и 7 ружей, 2 копья, 2 револьв[ера]) выступает в глубь страны к верховьям Нила, путь Анкобер–Гондар–Асмара (Эритрея). Надеюсь, если не съедят крокодилы при переправе через Нил, быть в начале апреля в Асмаре.

Адрес: Asmara Eritrea Africa. Poste restale.

<На лицевой стороне открытки над портретом Ras Tafari:>

Имел 2 аудиенции в 2 ½ часа. И обещал послать его Величеству книги на франц[узском] языке с программой большевиков, коей его Величество весьма заинтересовано.

В.Е. ПИСАРЕВУ[216]

18/II [1927 г.]

Идёт заканчивание организации каравана. Уже опаздываю на 2 дня. Не имея за собой никакой в сущности поддержки, кроме разрешения двигаться, переживаю все удовольствия быть предоставленным самому себе. Попомнишь полпреда в Афганистане и даже консулов.

Но всё равно. Двинемся. Страна эта во всяком случае заслуживает исключ[ительного] исследования. Я сделаю только часть.

Ваш Н. В.

---

[212] Цит. по: Научное наследство…, 1987. С. 294.
[213] Пётр Павлович Подъяпольский (1862–1930) – врач-гипнотерапевт. Окончил естественное отделение физико-математического факультета (1898) и медицинский факультет (1911) Императорского Московского университета. Организатор и руководитель Волжской биостанции (1898–1903). Работал в Саратовском земстве (1903–1907). Занимался частной врачебной практикой. Работал в военных лазаретах (1914–1917). Профессор Астраханского (1919–1920) и доцент Саратовского (1920–1930) университетов.
[214] Цитирует М.В. Ломоносова «Вечернее размышление».
[215] Цит. по: Научное наследство…, 1987. С. 294.
[216] Цит. по: Научное наследство…, 1987. С. 294.

Письмо Н.И. Вавилова Г.К. Сухановой.
18 февраля 1927 г.
Аддис-Абеба
Архив М. Горького. ИМЛИ РАН. КГ-РЗн 116/13.
Автограф

Г.К. СУХАНОВОЙ[217]

Аддис-Абеба
18 февраля 1927 г.

Дорогая Галина Константиновна[218]*!*

Получил Ваши письма, газеты. Бесконечное спасибо за всё. Газеты, да ещё «Экономическая жизнь» произвели здесь среди россиян большое впечатление, и Вы сделали хорошее дело.

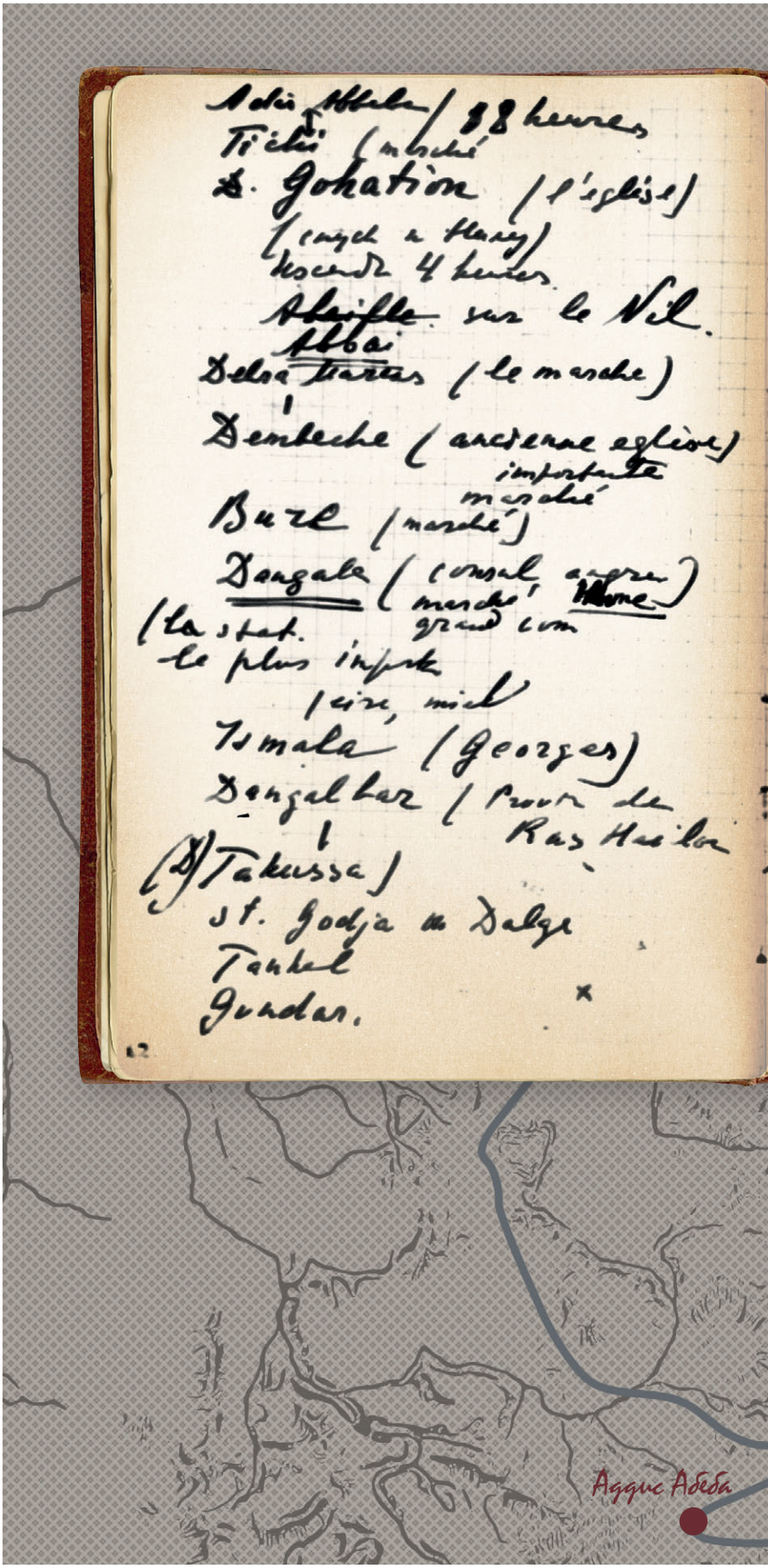
Письма министра […] не получил. Но всё вышло пока и без того. Стихии на этот раз не препятствовали, и меня взяла под покровительство французская миссия. Получил две аудиенции у его Величества и признан «гостем страны». Завтра в путь вглубь страны на два месяца. Караван из 14 человек, 7 ружей, 2 копий, 2 револьверов и 10 мулов.*

Ваш Н. Вавилов

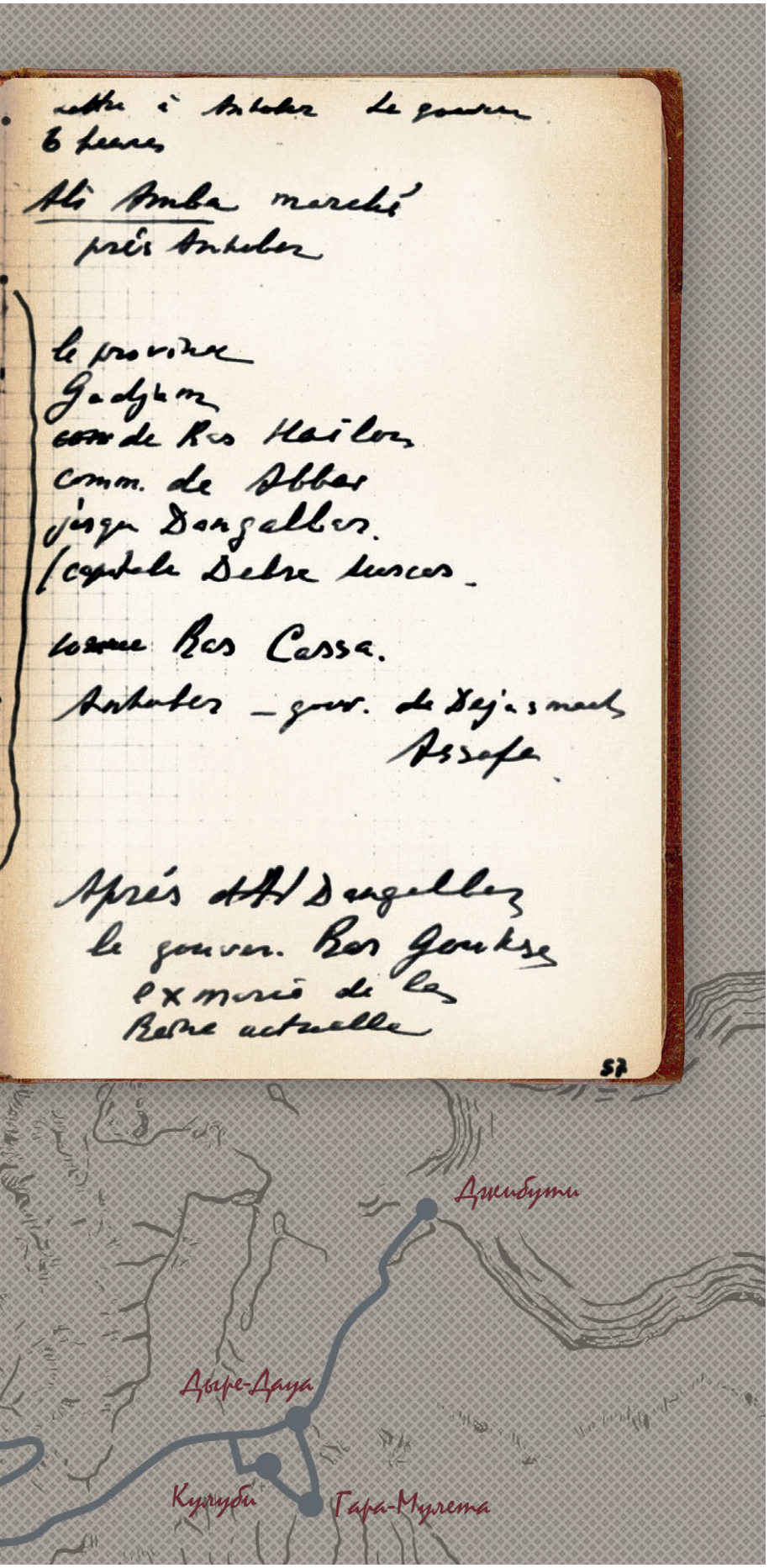
[217] Н.И. Вавилов: Документы. Фотографии. СПб.: Наука, 1995. С. 67.
[218] Галина Константиновна Суханова (Лия Абрамовна Флаксерман, 1888–1958) – советский политический деятель, участница революционного движения. Училась на Высших женских курсах в Москве, одновременно вольнослушательница Императорского Московского университета. В 1925–1928 гг. работала в Торговом представительстве СССР в Германии и Италии.

[*стр. 57а*]

Adis-Ababa [Addis-Ababa] / 8,8 heures[219]
Fichi (marché[220])
D. Gohation (l'église)[221]
(спуск к Нилу)
носить 4 heures[222]
~~Abaille~~ Abbai sur le Nil[223]
Debre Markos (le marché[224])
Demberche (ancienne église importante marché)[225]
Bure (le marché[226])
Dangala (consul, aigri)[227]
(marché <слово неразборчиво>) grand come[228]
(la stat la plus import[229].
1 <слово неразборчиво>, miel[230]
Ismala (Ge[y]orges)[231]
Dangallar (prov[ince] de Ras Hailor)[232]
(D) Takussa [Takusa])[233]
St. Godja Dolge [Delgi]
Tankel
Gondar.



[219] 8,8 часа (*фр.*).
[220] Рынок Фичи (*фр.*).
[221] (церковь) (*фр.*).
[222] 4 часа (*фр.*).
[223] Аббай [превращается] в Нил (*фр.*).
[224] Дебре-Маркос (рынок) (*фр.*).
[225] Демберш (древняя церковь, значимый рынок) (*фр.*).
[226] Буре (рынок) (*фр.*).
[227] Дангала (консул, обиженный) (*фр.*).
[228] Рынок <слово неразборчиво> большой торг (*фр.*).
[229] Самая важная статистика (*фр.*).
[230] Мед (*фр.*).
[231] Yismala Geyorgis – населенный пункт, расположенный на высоте 1971 м.
[232] Дангала (провинция Раса Хейлора) (*фр.*).
[233] Такусса – вареда в Амхаре (в северо-западной Эфиопии).



[*стр. 576*]

<слово неразборчиво> à Ankober le <слово неразборчиво> 6 heures[234]
Ali[yu] Amba marché pres Ankober[235]
la province
Gadjam
~~com~~. de Ras Hailor[236]
comm. de Abbas
jusque Dangallar
(capitale Debre Marcos[237]

южнее Ras Cassa[238]

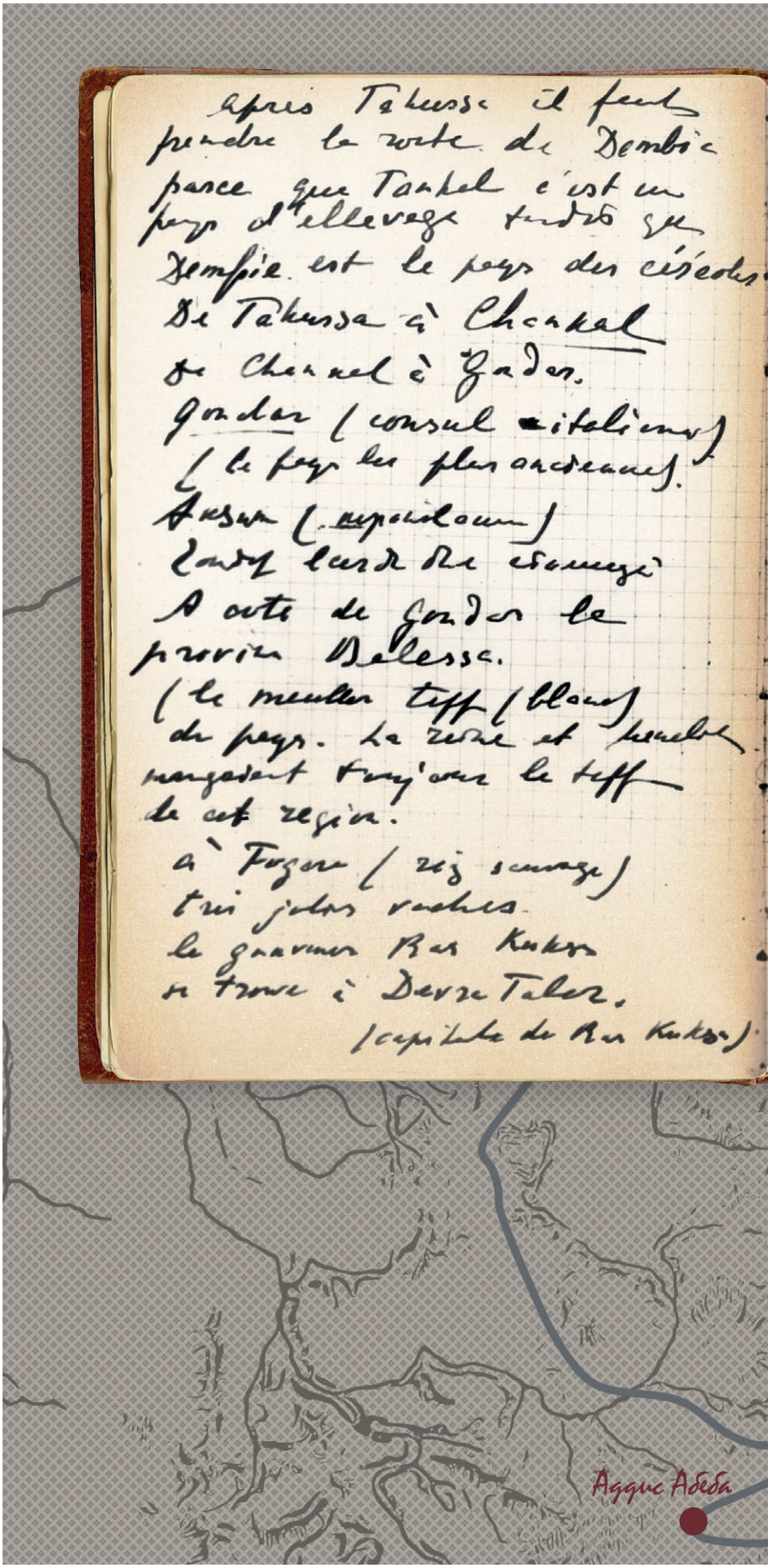
Ankober – gouv[ernement] <два слова неразборчиво>[239]
Assafa

Après Dangallez
le gouver[nement] Ras Gonkse
ex mari de la
Reine actuelle[240]

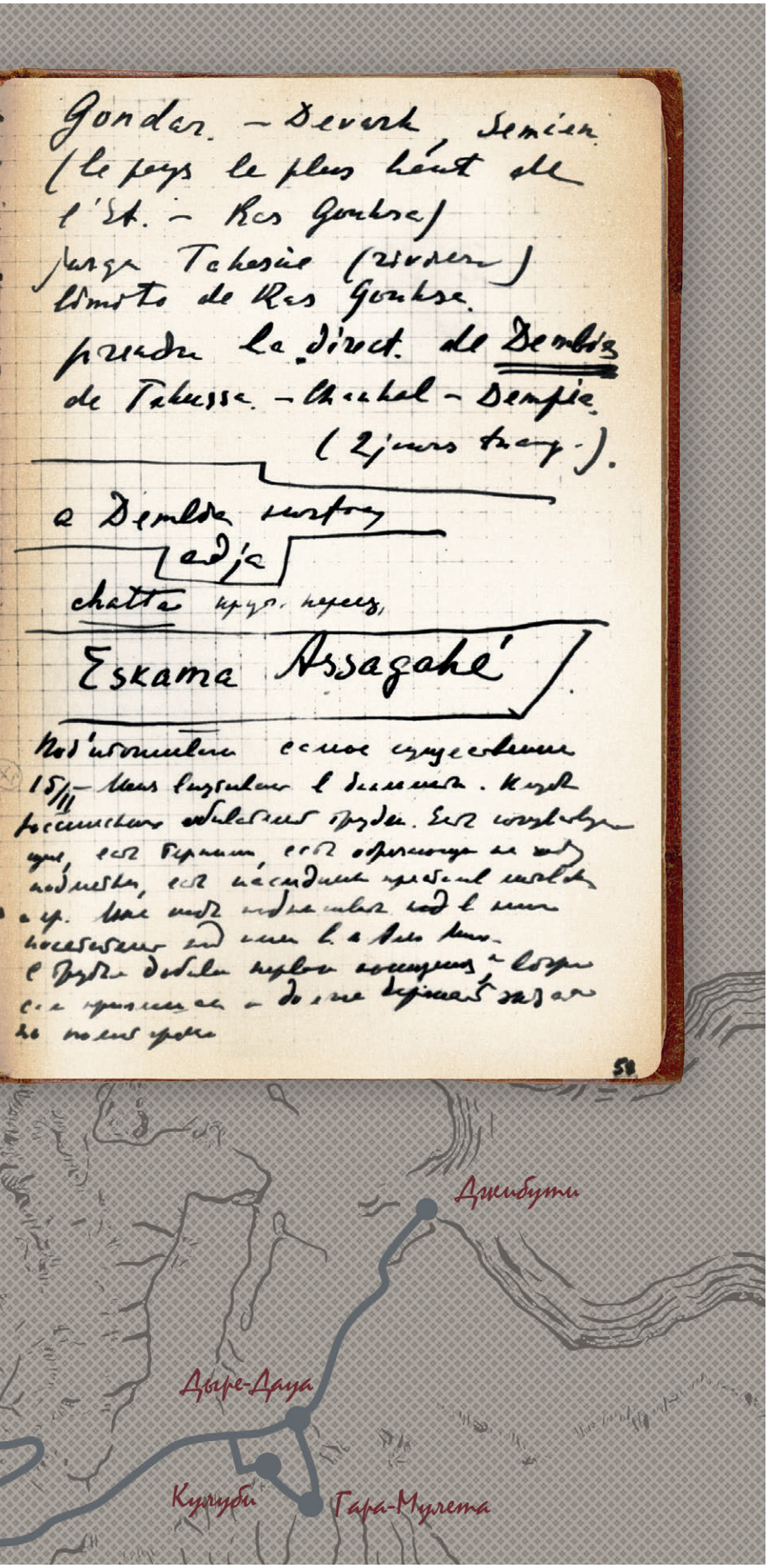
[234] <слово неразборчиво> за Ankober <слово неразборчиво> 6 часов (*фр.*).
[235] Рынок Алию Амба неподалеку от Анкобера (*фр.*).
[236] Провинция Гонжам Рас Хайла (*фр.*).
[237] До Данглара (столица Дебре Маркос) (*фр.*).
[238] Описка: д. б. Kassa (1881–1956) – двоюродный брат раса Тафари.
[239] Анкобер – наместничество <два слова неразборчиво> (*фр.*).
[240] После Дангаллеза наместничество раса Gonkse, бывшего мужа нынешней королевы (*фр.*).

[*стр. 58а*]

Après Takussa [Takusa] il faut prendre la route de Dembia parce que Tankel c'est un pays d'élevage tandis que Dembia est le pays des céréales[241]
De Takussa [Takusa] à Chankal ou Chenmal à Gondar
Gondar (consul italien)[242]
(le pays les plus anciennes)[243]
Aksum (nepoioloum)
Гондар всегда был столицей
A côté de Gondar la province Balessa[244].
(le meilleur teff (blanc) du pays la reine [Saba] et <слово неразборчиво> mangeaient toujours le teff de cet région[245].
A Fergon (rég[ion] sauvage)[246]
très jolies roches[247]
La gravure Ras Kukss
se trouve à Devre Taler (capitale de Ras Kukss)[248]



[241] После Такусы вам нужно отправиться в Дембия, потому что Танкель – это страна скотоводства, а Дембия – страна зерна (*фр.*).
[242] От Такусы до Чанкаля или Ченмаля до Гондара. Гондар (итальянский консул) (*фр.*).
[243] Древнейшая страна (*фр.*).
[244] Рядом с Гондаром находится провинция Балесса (*фр.*).
[245] Лучший тефф (белый) из страны королевы [Савской], и <слово неразборчиво> всегда ели тефф из этого региона (*фр.*).
[246] В Фергоне (дикая местность) (*фр.*).
[247] Очень красивые скалы (*фр.*).
[248] Гравюра раса Куксса находится в Девре Талер (столица раса Куксса) (*фр.*).



[*стр. 586*]

Gondar – De[b]ark. Simen (le pays le plus haut de l'Est – Ras Gonhza)[249]

Jusqu'à Tekesiae [Tekese] (rivière) limite de Ras Gonhza)[250].

Prendre la direct. de Dembis de Takussa – Chanhal – Dempia (2 jours traje)[251].

A Dembia surtout

adja[252]

chatte [–] круг[лый] перец

Eskama Assagahé

Подытоживаю самое существенное.

15/II [вторник]. Меня впутывают в дипломаты. Клубок российских обывателей труден. Есть сочувствующие, есть терпимы[е], есть обрезающие на ходу подмётки, есть наследники престолов литовского и пр. Мне надо <слово неразборчиво>. ~~под~~ в много посетителей под имен[ем] в <два слова неразборчиво>. С трудом добивал[ся] первого посещения [раса Тафари – *ЮВ*][,] а второй сам приглашён и должен держать экзам[ен] по политграм[оте].

[249] Гондар-Дебарк. Сымен (самая высокая страна на востоке – рас-Гонба) (*фр.*).
[250] До Тэкэзе (река) граница раса Гондара (*фр.*).
[251] Взять прямо. От Дембия до Такуса – Чанхал – Демпи (поездка на 2 дня) (*фр.*).
[252] В Дембисе особенно аджа (*фр.*).

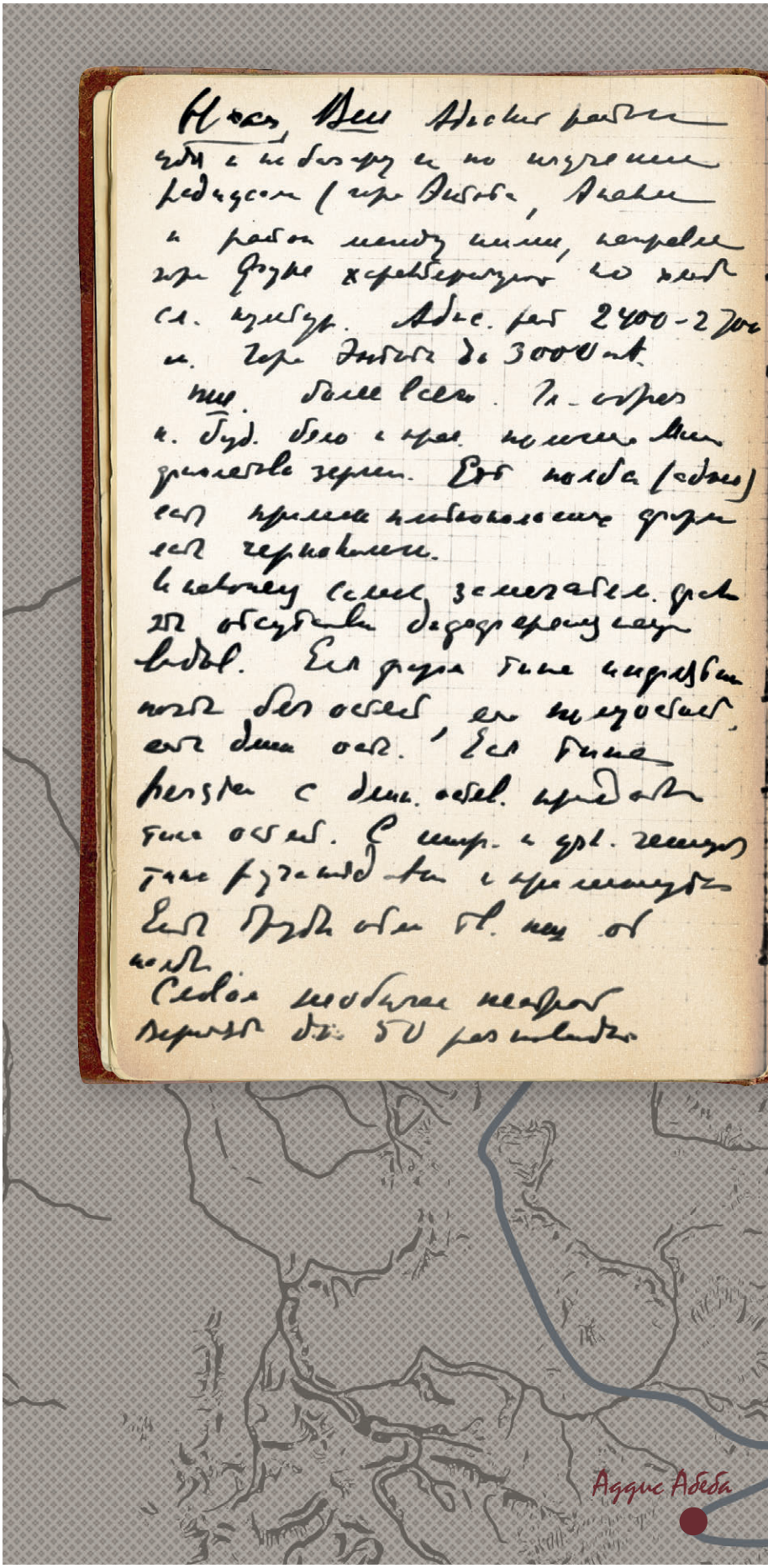
[*стр. 59а*]

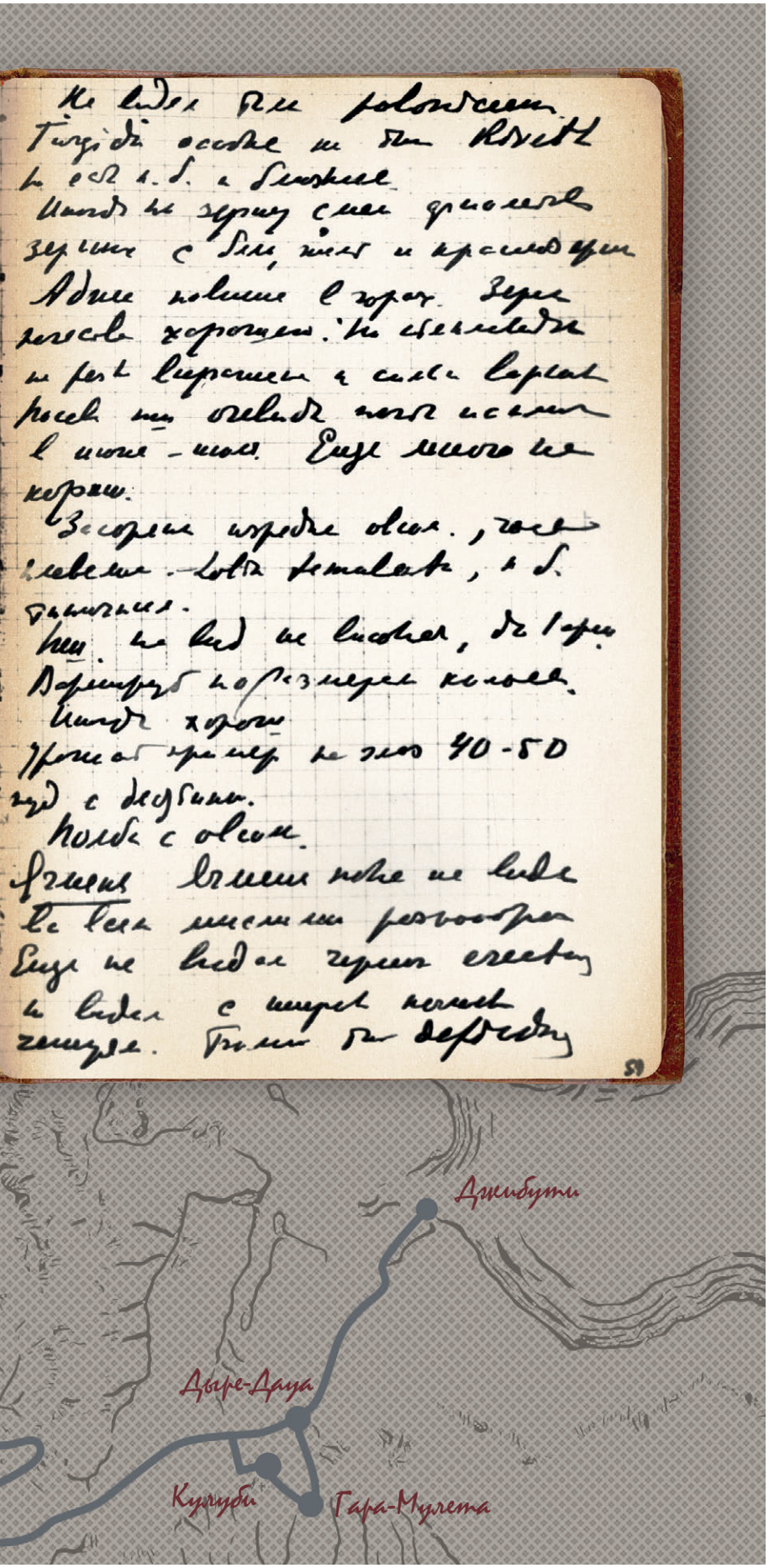
<слово неразборчиво>. Весь Ад[д]ис[с]кий район куда < по базару и по изученны[м] радиусам (гора Энтото, Акаки и район между ними, направле[ние] горы Фури, характеризуют[ся] по хлеб[ам] сл[едующими] культур[ами]. Ад[д]ис[ский] рай[он] 2400–2700 и гора Энтото до 3000 mt пш[еницы] больше всего. Гл[авным] образ[ом] к[ак] буд[то] бело[-] и крас[но]колосые. Много фиолетовозёрн[ой]. Ест[ь] полба ([*амх.*] аджа)[,] есть примесь плотноколосых форм, есть черноколосы[е].

И наконец[,] самы[й] замечател[ьный] фак[т] [–] это отсутствие дифференциации видов. Есть формы типа инфлятны[х] почти без остей, есть полуостист[ые], есть длин[ная] ость. Есть типа [*T.*] *persicu*[*m*] с длин[ными] остев[идными] придатка[ми] [на цветковых чешуях] типа остей. С шир[окими] и узк[ими] чешуя[ми] типа [*T.*] *pyramidale* и промежуточ[ные]. Есть трудн[о] отли[чимая] тв[ёрдая] пш[еница] от полбы.

Словом[,] необычай[ная] пестрот[а].

Вероятно[,] до 50 разновиднос[тей].





[*стр. 596*]

Не видел там [*T.*] *polonicum*. [*T.*] *turgidum* особ[ые] не тип[ичные] Rivett[253], но есть к[ак] б[ы] и близкие.

Иногда по зерну смесь фиолетовозёрных с бело[-], жёлт[о-] и краснозёрн[ыми]. Аджа повыше в горах. Зерно качества хорошего. Но стекловидн[ость] не резк[о] выражена и сильн[о] варьирует. Посев пш[еницы,] очевидн[о,] почти исключит[ельно] в июне–июле. Ещё много не хорош[его]:

Засорено изрядно овсом, част[о] плевелом – *Lolium temulentum*, к[ак] б[ы] типичная.

Пш[еница] на вид не высокая, до 1 арш[ина]. Варьирует по размерам колоса.

Иногда хорош[ий] урожай[,] примерно около 40–50 пуд[ов] с десятины.

Полба с овсом.

Ячмень. Ячменя пока не виде[л] во всём мыслимом разнообраз[ии]. Ещё не видел чёрных *erectum*[254], но видел с широк[ими] колоск[овыми] чешуями. Более было *deficiens*[,]

[253] Англ. назв. *T. turgidum*.
[254] Двурядный пленчатый плотноколосый.

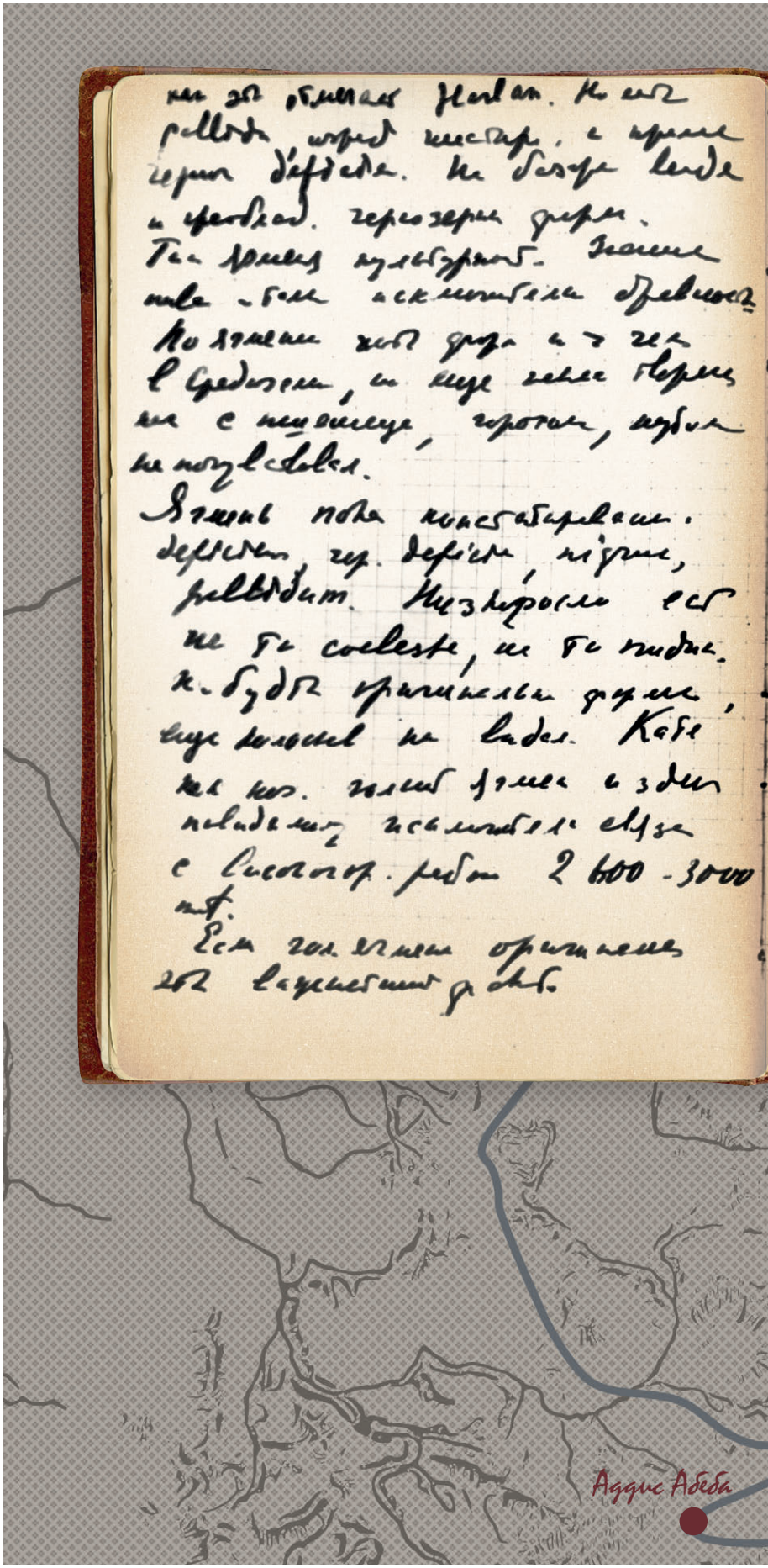
[*стр. 60а*]

как это отмечает [Harry V.] Harlan[255]. Но есть *pallidu*[*m*], изред[ка] шестиряд[ный], с примес[ью] чёрных *deficiens*. На базаре видел и преоблад[ание] чернозёрны[х] форм.

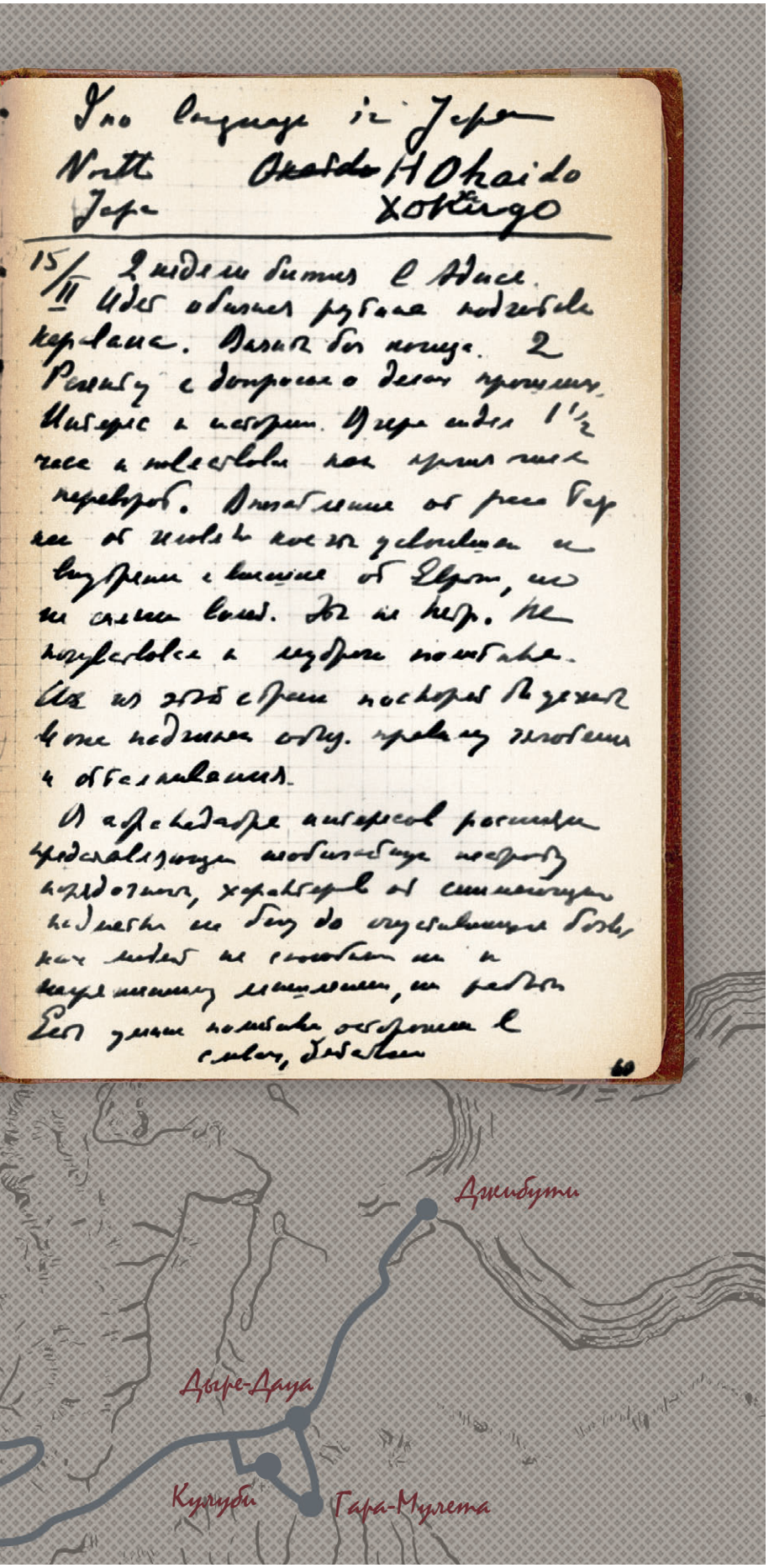
Тип ячменя культурный. Нашел пиво – тала[,] исключительн[ая] древность. По ячменям часть форм и > чем в Средиземн[оморье], но ещё пекла творен[ия,] как с пшенице[й], горохом, нутом[,] не почувствовал.

Ячмень пока констатировал *deficiens*, чёр[ный] *deficiens*, *nigrum*, *pallidum*. Низкорослы[й] ест[ь] не то *coeleste*[256], не то *nudum*[257]. К[ак] будто оригинальны[е] формы, ещё колосьев не видел. Кате [–] так наз[ывается] [*по-амх.*] голый[258] ячмень [–] и здесь[,] по-видимому[,] исключитель[но] связа[н] с высокогор[ным] район[ом] 2600–3000 mt.

Если гол[озёрный] ячмень оригинальн[ый,] это важнейший факт.



[255] Четырьмя годами ранее (в 1923) американский растениевод Гарри Харлан уже побывал в Эфиопии, см. (Harlan H.V. A caravan journey through Abyssinia. *National Geographic*. 1925;47(6):613-663).
[256] Многорядный голозерный.
[257] Двурядный голозерный.
[258] Жаргон, д. б. голозерный.



[*стр. 60б*]

Ino language in Japan[259].
North ~~Okaido~~ Hokkaido
Japan Хоккайдо

15/II [вторник][260]. 2 недели бытия в Адисе. Идёт обычная рутина подготовки каравана. Визиты без конца. 2 [визита – *ЮВ*] Регенту с допросом о делах прошлых. Интерес к истории. Вчера сидел 1 ½ часа и повествовал[,] как произошёл переворот. Впечатление от раса Таф[ари] как от человека[,] кое[-]что усвоившего и внутренне[,] и внешне от Европы, но не сильно[го] волей. Это не Пётр [I]. Не почувствовал и мудрого политика. Мне из этой страны поскорей бы уехать. И она подчинена общ[ему] правилу тяготения и отталкивания.

В абракадабре интересов россиян[,] представляющих необычайную пестроту порядочности, характеров[:] от снимающих подмётки на бегу до опустившихся безво[ль]ных людей[,] не способных ни к напряжённому мышлению, ни [к] работе.

Есть умные политики, осторожные в словах, действиях.

[259] Ино – язык [айнов] в Японии (*англ.*).
[260] Дата указана во второй раз. Первый раз на с. 58б. Возможно, описка: д. б. 16/II [среда].

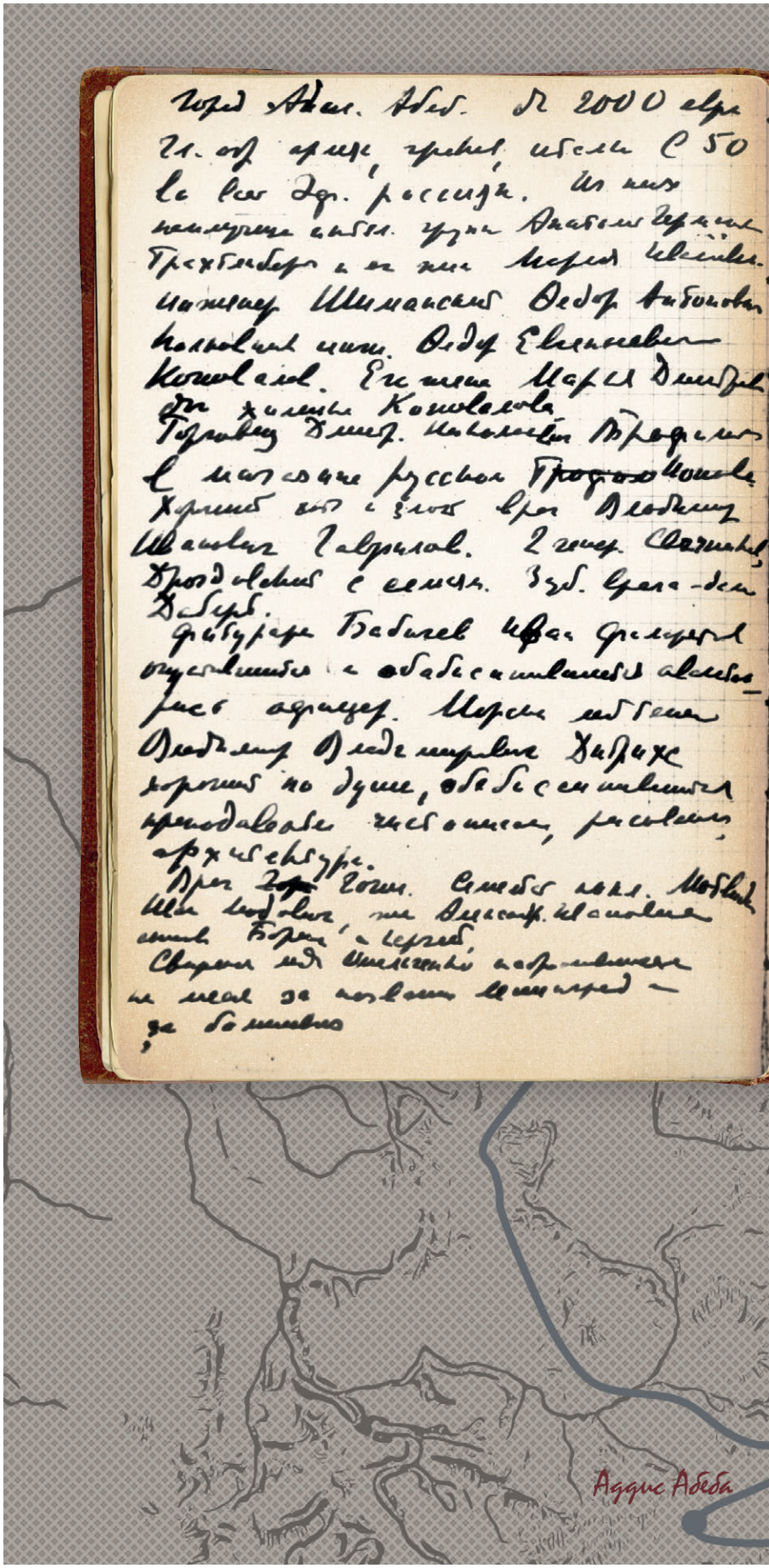
[*стр. 61а*]

Город Ад[д]ис-Абеб[а], до 2000 евро[пейцев]. Гл[авным] обр[азом] армян, греков, италья[нцев]. С 50 во всей Эф[иопии] россиян[ами]. Из них наилучшая интел[лигентная] групп[а:] Анатолий Германов[ич] Трахтенберг[261] и его жена Мария Ивановна, инженер Шиманский Фёдор Антонович, полковник инж[енер] Фёдор Евгеньевич Коновалов[262]. Его жена Мария Дмитриев[на] [–] дочь химика Коновалова. Торговец Дмитр[ий] Николаевич Трофимов в магазине русском ~~Трофим~~ Ионова. Хороший, хоть и злой, врач Владимир Иванович Гаврилов[263]. 2 генер[ала] – [Н.Л.?] Свешников[264] и [Л.А.] Дроздовский[265] с семьями. Зуб[ной] врач-дант[ист] Даберт.

Фит[а]урари[266] Бабичев Иван Филаретов[ич], опустившийся и обабиссинившийся авантюрист[,] офицер[267]. Морско[й] лейтенант Владимир Владимирович Дитрихс[268][,] хороший по душе, обабис[с]инившийся преподаватель чистописания, рисования, архитектуры.

Врач ~~Гор~~ <фамилия неразборчиво>. Семейст[во] полк[овника] Монтвида Иван[а] Люд[виг]ович[а], же[на] Александр[а] Ивановна, сынов[ья] Борис и Сергей.

Свирепый М.Я. Омельченко, набросившийся на меня за название Ленинград и за большевиз[м].



[261] Инженер путей сообщения, бывший помощник инспектора Санкт-Петербургского политехнического института (1909 г.).

[262] Фёдор Евгеньевич Коновалов (1888–1970). Окончил Тифлисский кадетский корпус (1905), Николаевское инженерное училище (1908), офицерский класс Учебного воздухоплавательного парка, Теоретические курсы авиации им. В.В. Захарова при Санкт-Петербургском политехническом институте (1910), Офицерскую школу авиации Отдела воздушного флота (1912). Летчик, герой Первой мировой войны, полковник, участник Белого движения. В эмиграции служил инженером в Турции и Египте, затем – военным советником императора Эфиопии Хайле Селассие I.

[263] Доктор В.И. Гаврилов с 1922 по 1929 г. был личным врачом императрицы Заудиту. URL: https://labas.livejournal.com/962793.html (дата обращения 15.12.2021).

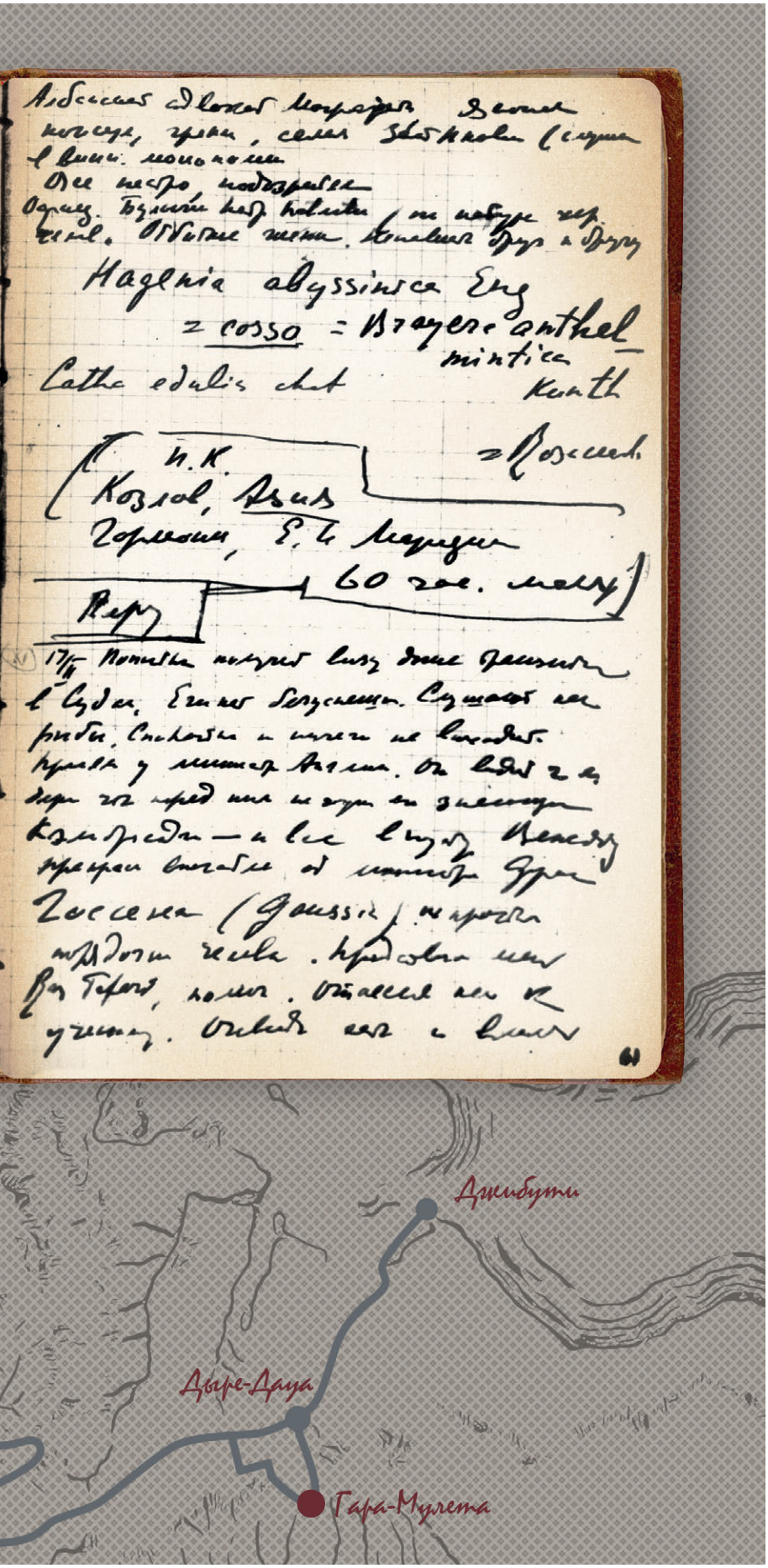
[264] Николай Львович Свешников (1864–1934). Окончил Морское училище и Николаевскую академию Генерального штаба. Генерал-лейтенант, участник Русско-Японской и Первой мировой войн, служил в Вооруженных силах Юга России. В эмиграции с января 1920 г. В конце жизни жил в Польше.

[265] Лев Антонович Дроздовский (1869–1951). Окончил Новороссийский университет (1892) и курс Киевского пехотного юнкерского училища (1894). Участник Русско-Японской и Первой мировой войн. В армии Украинской Державы (1918), военный атташе при посольстве Швейцарии (с 25.10.1918). С 1918 г. в эмиграции в Германии, с конца 1920-х годов – в Эфиопии, с 1948 г. – в Перу. Топограф.

[266] «Атакующий во главе» (*амх.*) – генеральский армейский чин в Абиссинии.

[267] Иван Филаретович Бабичев (умер в 1955). Прибыл в Абиссинию в 1898 г. в составе российской дипмиссии. С Н.С. Леонтьевым участвовал в экспедиции к оз. Рудольфа. Состоял на службе негуса Эфиопии Менелика II. С 1904 г. губернатор провинции Валлега. Породнился с монархом, женившись на его свояченице. Его сын М.И. Бабичев (1908–1964) – создатель ВВС Эфиопии.

[268] В.В. Дитрихс (1891–1951). Окончил Высшую химическую школу (193?, Париж). Служил в армии Юденича. В 1923 г. с женой через Королевство сербов, хорватов и словенцев выехал в Абиссинию. Служил военным советником. В 1930 г. переехал в Париж. Талантливый художник. Известен трудами в области бактериологии.



[*стр. 61б*]

Албанский адвокат <фамилия неразборчиво>, японск[ий] консул, греки, семья Зайнкова (служа[щего] в винн[ой] монополии).

Все пёстро, подозрител[ьно].

Офиц[ер] Булыгин Пётр Павлович[269] по натуре хор[оший] челов[ек]. Отбитые жёны. Ненависть друг к другу.

Hagenia abyssinica Eng[270]
= cosso = *Brayera anthelmintica* Kunth. = Rosaceae[271]

Catha edulis [(Vahl) Forssk. ex Endl. –] chat[272]

П.К. Козлов, Asus
Гормоин, Е.И. Мореди[н]
60 чел. <слово неразборчиво>
Перу

17/II [четверг]. Попытка получить визу, даже транзитную, в Судан, Египет безуспешна. Слушают как рыбы. Спокойны, и ничего не выходит. Приём у министра Англии. Он видит[,] ч[ёрт] м[еня] дери[,] что перед ним не хуже его знающий Кэмбридж, – и всё впустую. Воистину прекрасн[ое] впечатле[ние] от министра Фран[ции] Госсена (Goussin), он просто порядочн[ый] челове[к]. Представил меня Ras Tafari, помог. Отнёсся как к учёному. Очевидно, есть и власть

[269] Описка: д. б. Павел Петрович Булыгин (1896–1936) – поэт, писатель. Учился в Александровском военном училище. Участник Первой мировой войны, служил в Добровольческой армии. Участвовал в Ледяном походе. В 1921–1922 гг. жил в Берлине. Участвовал в Рейхенгалльском монархическом съезде (1921). Жил в Риге и Каунасе, с 1924 по 1934 г. – в Аддис-Абебе. Работал военным инструктором в армии Эфиопии и управляющим государственной кофейной плантацией. В январе 1934 г. переехал в Прибалтику, где получил приглашение от старообрядческой общины Литвы образовать поселение в Парагвае у слияния рек Парана и Парагвай, что и осуществил.

[270] *Hagenia abyssinica* Willd. – хагения абиссинская. Используется как глистогонное средство.

[271] Семейство Розовые, или Шиповниковые.

[272] Кат, или чад, – вечнозеленый кустарник. Запрещен к культивированию и обороту на территории РФ, попадая под «Список наркотических средств и психотропных веществ, оборот которых в Российской Федерации запрещен в соответствии с законодательством РФ и международными договорами».

[*стр. 62а*]

M-me Vilmorin[273]. Впускают вглубь страны. Идёт снаряжение каравана медленно. Полиция слаб[а] и <слово неразборчиво>. Вооружение. Идёт рутинный сбор каравана. Всё надо предусмотреть на 50 дней [вперёд]. М[ожет] б[ыть][,] сегодня и не выедем.

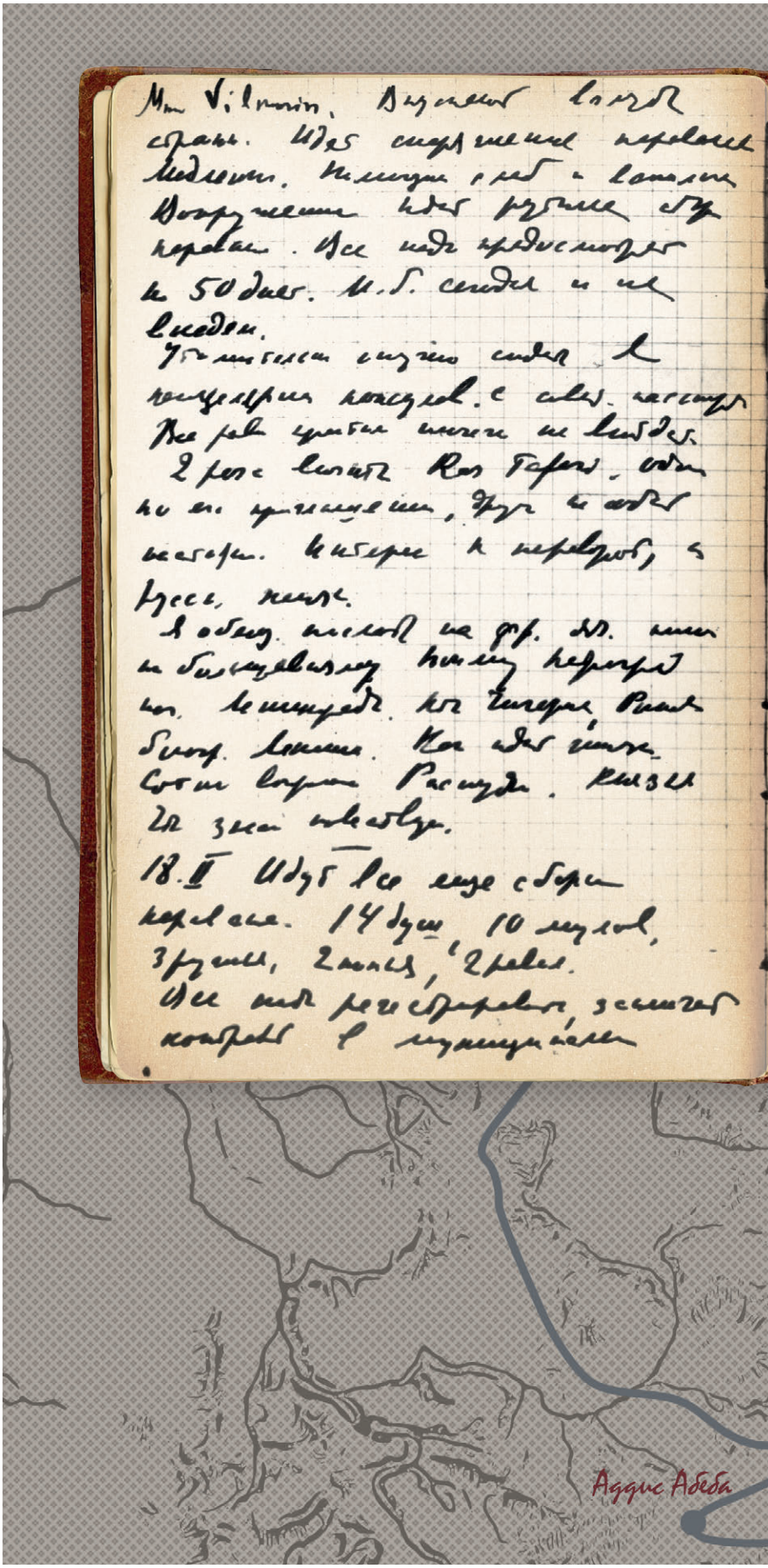
Утомительно скучно сидеть в канцелярии консулов с советс[ким] паспорто[м]. Всё равн[о] притом ничего не выйдет.

2 раза визиты [к] Ras Tafari. Один [–] по его приглашению, друг[ой] [–] на обед настоящ[ий]. Интерес к переворот[у], к русск[ой] жизни.

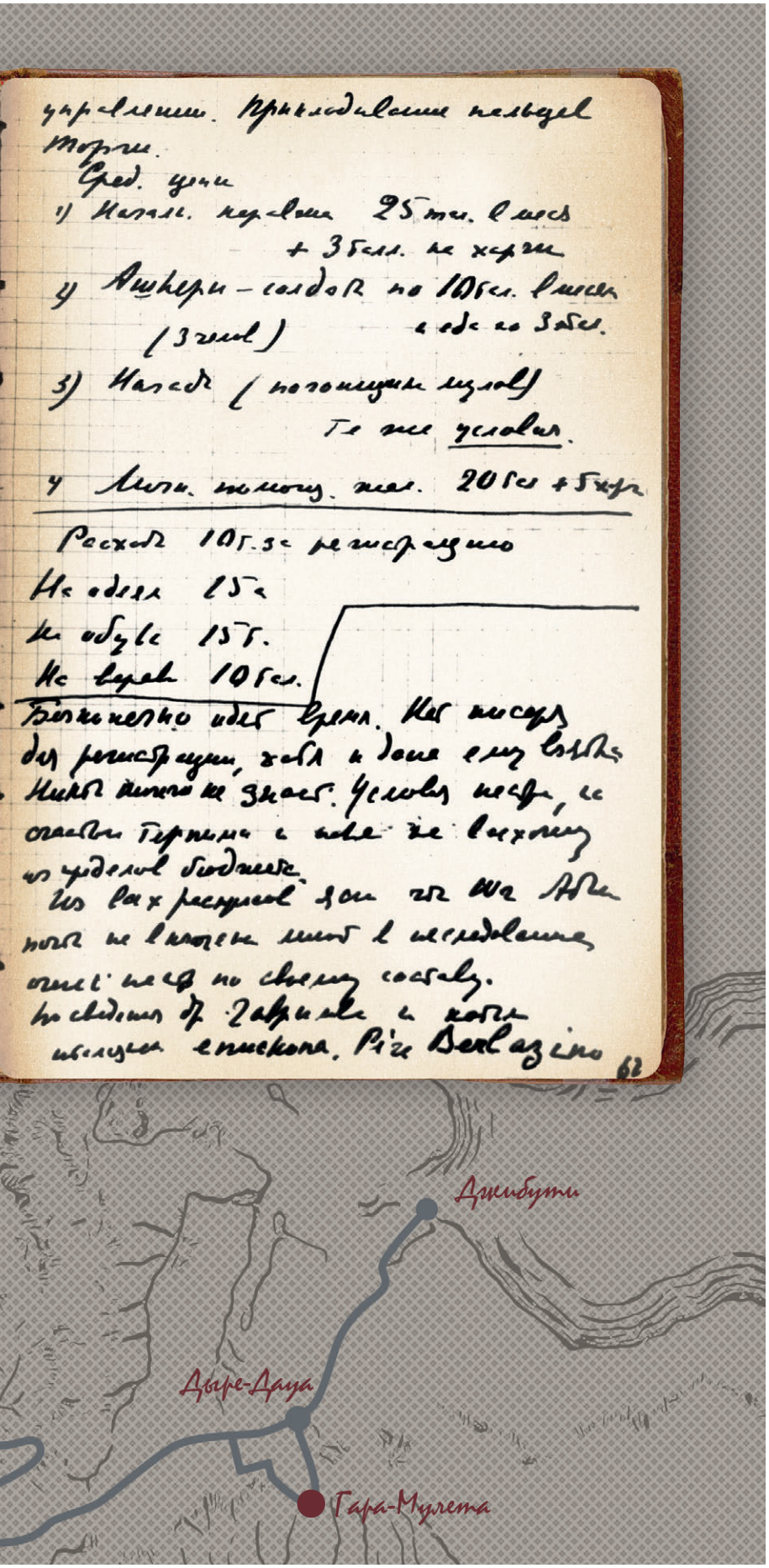
Я обещ[ал] послать на фр[анцузском] яз[ыке] книги по большевизму. Почему Петроград наз[вали] Ленинградо[м]. Кто [Г.В.] Чичерин, [А.И.] Рыков, биогр[афия] Ленина. Как идёт жизнь. Сотни вопросов. [Григорий] Распутин. Князья. Что знае[шь], повествуй.

18/II [пятница]. Идут всё ещё сборы каравана. 14 душ, 10 мулов, 3 ружья, 2 копья, 2 револ[ьвера].

Всё надо регистрировать, заключать контракт в муниципаль[ном]



[273] Жаклин де Вильморен (Jacqueline de Vilmorin) – вдова руководителя фирмы "Vilmorin-Andrieux & Cie" Филиппа де Вильморена (1872–1917).



[*стр. 62б*]

управлении. Прикладывание пальцев.
Торги.

Средн[ие] цены.

1) Началь[ник] каравана 25 тал. в месяц
+ 3 талл. на харчи

2) Ашкери-солдаты по 10 тал. в месяц и еда
(3 челов[ека]) по 3 тал.

3) Нагад[и] ([*амх.* –] погонщики мулов)
те же условия

4[)] Личн[ый] помощ[ник][274] жал[ование] 20 тал[.]
[в месяц] + 5 [тал.] харчи

Расходы 10 т. за регистрацию
На одеял[а] 15 т.
На обувь 15 т.
На верёв[ки] 10 тал.

Бесконечно идёт время. Нет писаря для регистрации, хотя и дана ему взятка. Никто ничего не знает. Условия пестры, на счастье терпимы[,] и пока не выхожу из пределов бюджета.

Из всех расспросов ясно, что Юг Абисс[инии], почти не включён[ный] мною в исследование, очень пёстр по своему составу.

По сведениям др.[275] [В.И.] Гаврилова и катол[ического] итальянского епископа Pèri Berlazino

[274] Итальянское посольство прикомандировало к Н.И. своего служащего амхарца Хакима, уже ездившего в Асмару (Вавилов Н.И. Пять континентов. М., 1987. С. 138).

[275] В данном случае «врача».

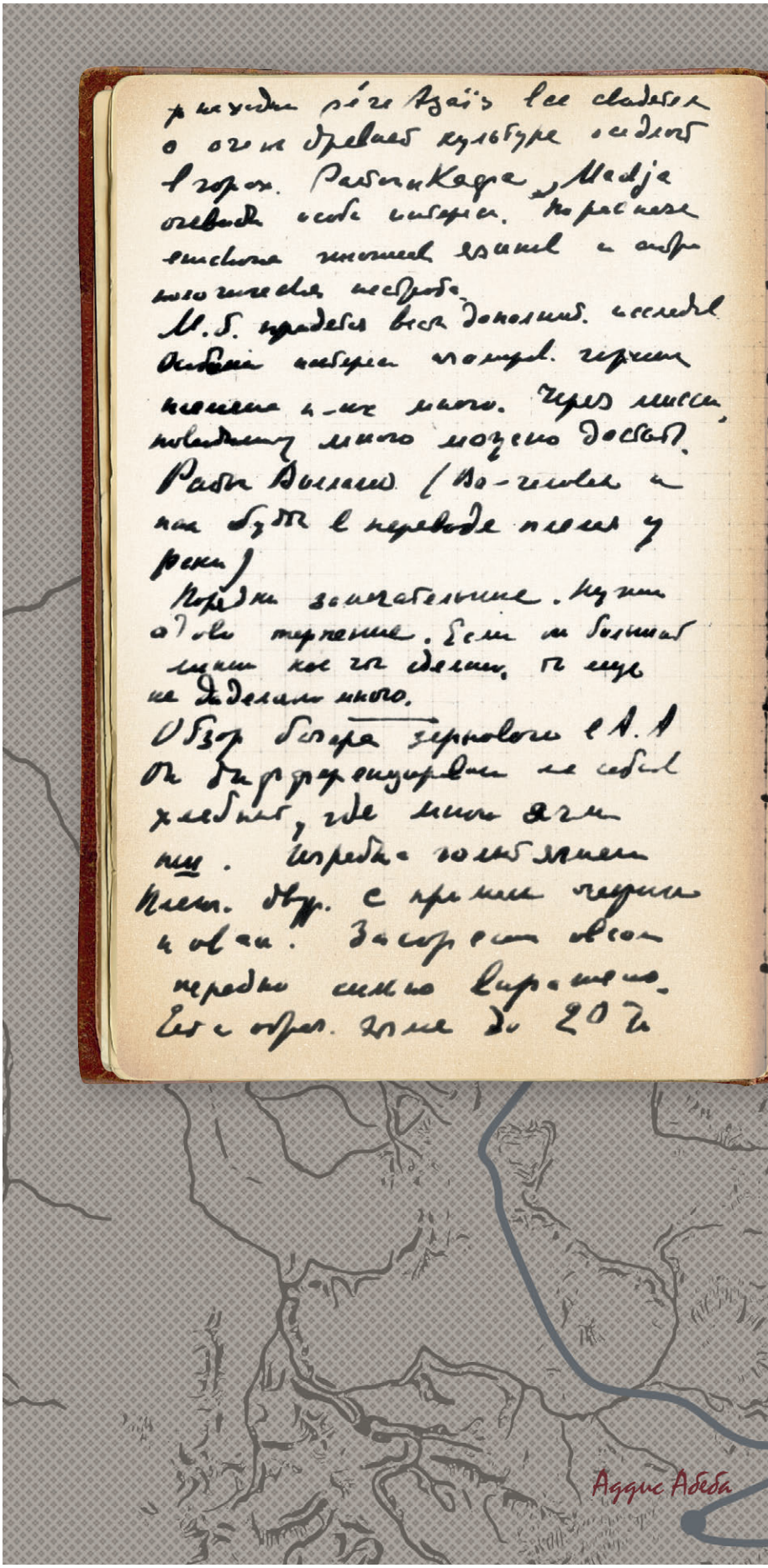
[*стр. 63а*]

р находим [у] pére Azaïs все свидетел[ьства] о[б] очень древней культуре оседлой в горах. Районы Кафа [Каффа], Madja [Маджи – *ЮН*], очевидно, особо интересн[ы]. По рассказам епископа, множество языков и антропологическая пестрота.

М[ожет] б[ыть], придётся вести дополнит[ельные] исследов[ания]. Особенно интересн[ы] изолиров[анные] горные племена, к[отор]ых много. Через миссии, по[-]видимому, много можно достать[276]. Район Воллаид[277] (Во – человек и как будто в переводе – племя у реки)[278].

Порядки замечательные. Нужно адово терпение. Если по большой линии кое[-]что сделано, то ещё не доделано много.

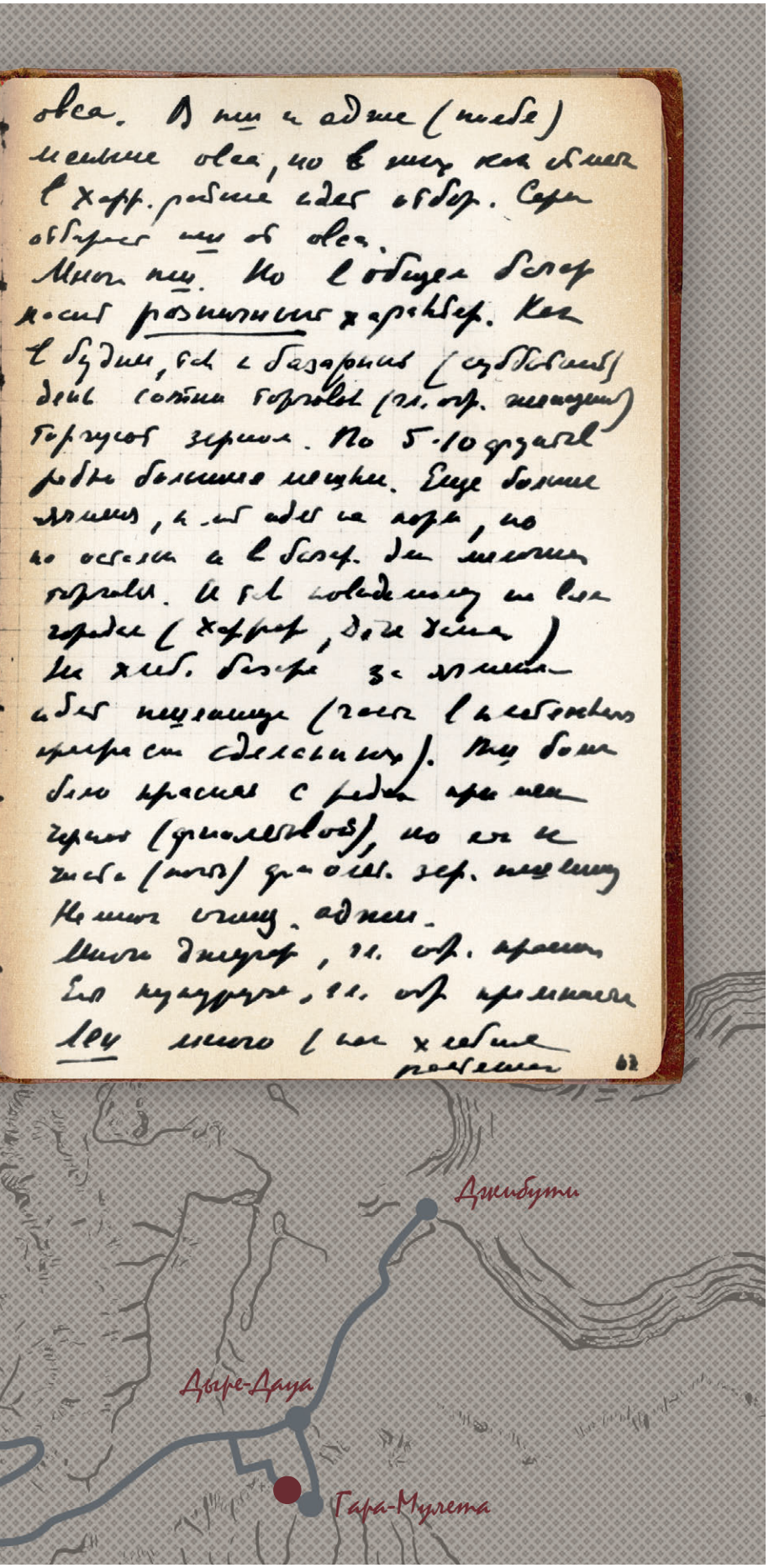
Обзор базара зернового в А[ддис]-А[бебе]. Он дифференцирован на собств[енно] хлебный, где много ячм[еня] [и] пш[еницы]. Изредка голый ячмень. Плёнч[атый] двур[ядный] с примесью чёрного и овса. Засорение овсом нередко сильно выражено. Есть образ[цы] ячме[ня] до 20 %



[276] Д.Н. Трофимов писал Н.И. Вавилову 20 марта 1927 г.: «*Из пяти* [миссионеров – *НГ*], *с которыми я познакомился, только один согласился (и то с большим нежеланием) прислать семена из глубины страны…*» (Николай Иванович Вавилов: научное наследие в письмах (международная переписка): В 6 т. Т. 2: 1927–1930. М.: Наука, 1997. С. 140).

[277] Описка: д. б. Волло. Велкаит – это вореда и регион на северо-западе в провинции Тиграй.

[278] Велайта (Wolayta) имели собственное королевство Волайтта, которое в XIX веке вошло в состав Абиссинской империи.



[*стр. 63б*]

овса. В пш[енице] и адже (полба) меньше овса, но в них[,] как отмети[л] в Харр[арском] районе[,] идёт отбор. Серп отбирает пш[еницу] от овса.

Много пш[еницы]. Но в общем базар носит розничный характер. Как в будни, так и [в] базарный (субботний) день сотни торговок (гл[авным] обр[азом] женщин) торгуют зерном. По 5–10 фунтов[,] редко большие мешки. Ещё больше ячменя, к[ото]рый идёт на корм, но по остальн[ым] и [в] базар[ные] дни мелочная торговля. И так[,] по[-]видимому[,] по всем городам (Харрар, Dire Dawa). На хлеб[ном] базаре за ячменем идёт пшеница (часть в плетёнках[,] прекрасно сделанных). Пш[еница] более была красная с редк[ой] примесь[ю] чёрной (фиолетовой), но есть и чисто (почти) фиолет[ово-] зёрн[ая] пшениц[а].

Немног[о] очищ[енной] аджи.

Много джугар[ы], гл[авным] обр[азом] красн[ой].

Есть кукуруза, гл[авным] обр[азом] кремниста[я][279].

Лён много (как хлебное растение[).]

[279] Кремнистая кукуруза – разновидность, отличающаяся твердым зерном в початке: отсюда название.

[*стр. 64а*]

Больше красног[о], но много смешанного с белым и даже чисто белого.

Тефф красны[й], реже белый, чем пёстрый. Daguss'ы в этом районе не видел.

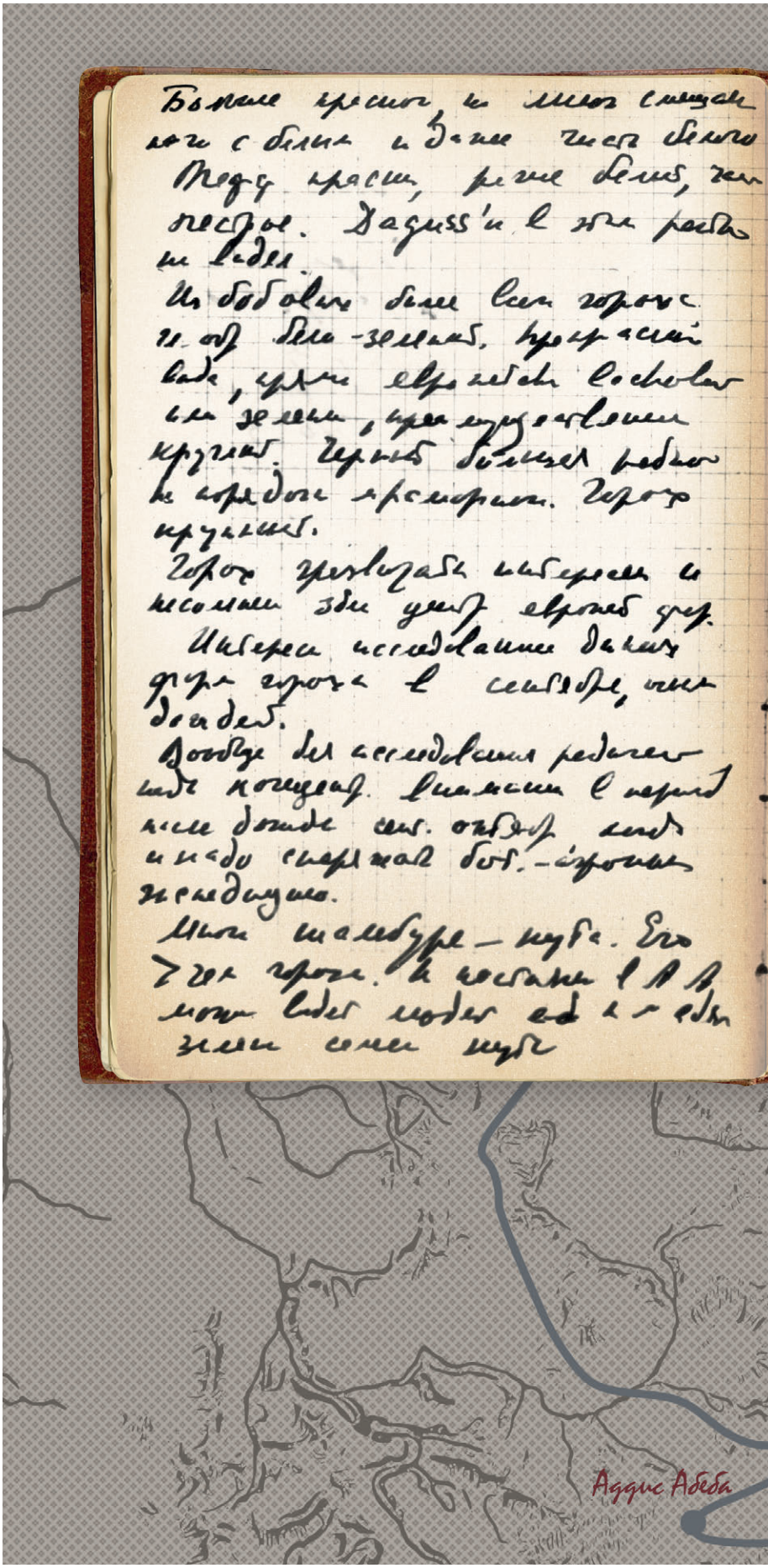
Из бобовых более всего гороха[,] гл[авным] обр[азом] бело-зелёный, прекрасного вида, прямо европейск[ий] восковой или зелёны[й], преимущественно круглый. Чёрный большая редкос[ть] и порядочн[о] мраморного. Горох крупный.

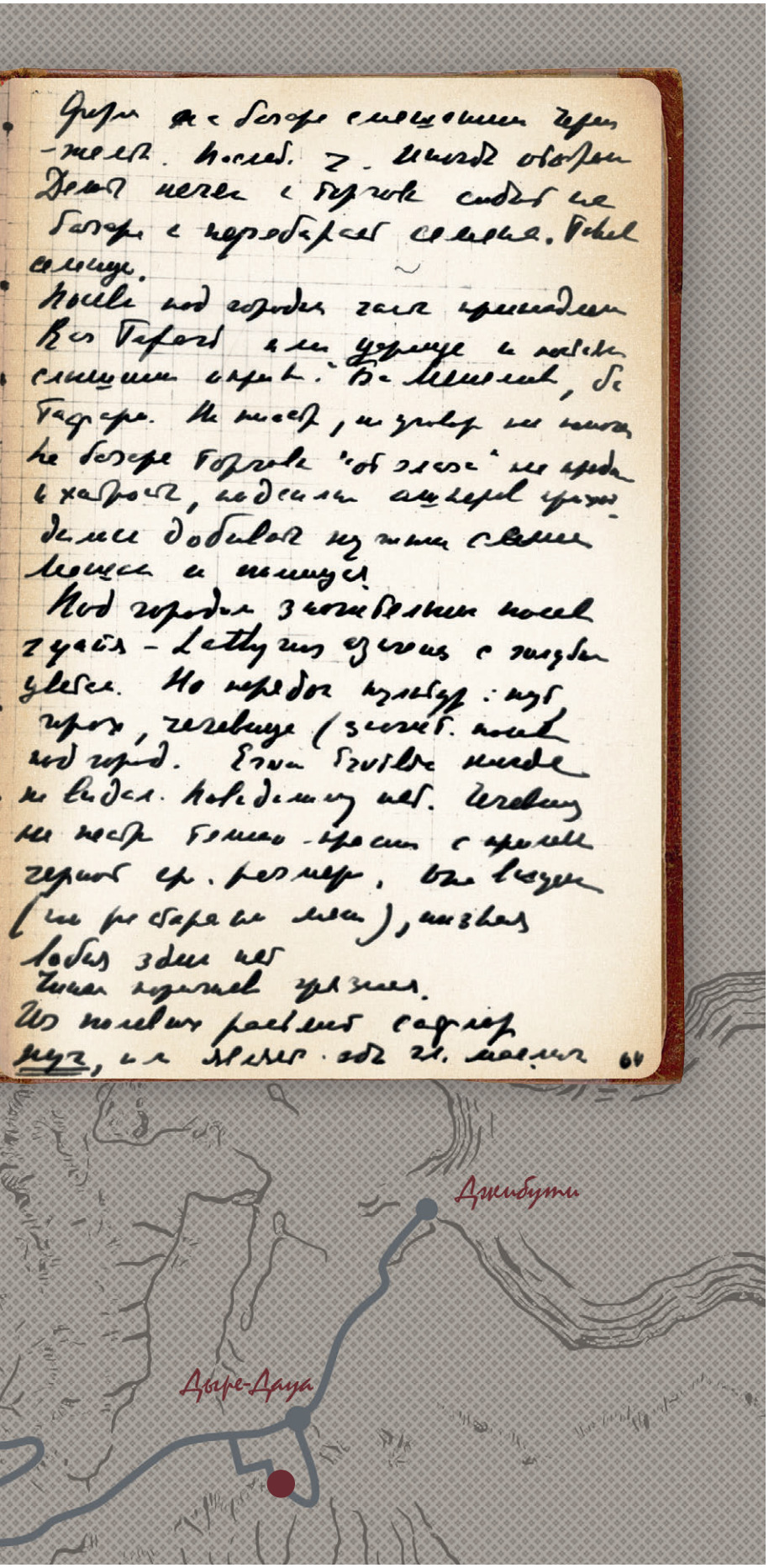
Горох чрезвычайно интересен, и[,] несомненно[,] здесь центр европей[ских] фор[м].

Интересн[о] исследование диких форм гороха в сентябре, после дождей.

Вообще для исследования родичей надо концентр[ировать] внимание в период после дожде[й], сент[ябрь–]октябрь, когда и надо снаряжать бот[анико]-агроном[ическую] экспедицию.

Много шамбуре [*амх.*] – нута. Его >, чем гороха. И местами в А[ддис]-А[бебе] можно видет[ь] людей ~~ед~~ [,] к[оторы]е едят зелён[ые] семен[а] нута.





[*стр. 64б*]

Форм[ы] же с базара смешанные чёрн[о]-жёлты[е]. Послед[них] >. Иногда отобраны[280]. Делать нечего[,] и торгове[ц] сидит на базаре и перебирает семена. Таков[а] селекция.

Посевы под городом часто принадлеж[ат] Ras Tafari или царице [Заудиту,] и постоян[но] слышишь окрики: Бе Менелик, бе Тафари. Ни пиастр, ни уговор не помога[ют]. На базаре торговля «от глаза», не предп[риимчивость] и хитрость, подсылаю ашкеров[281][,] приходилось добывать нужные самим мешки и <слово неразборчиво>.

Под городом значительные посев[ы] гуайя – *Lathyrus azureus*[282] с голубым[и] цветам[и]. Но порядок культур: нут, горох, чечевица (значит[ельные] посевы под город[ом)]. *Ervum elvilore* [(L.) Willd. – вика чечевидная][283] нигде не видел. По[-]видимому[,] нет. Чечевица не пёстр[ая,] тёмно-красна[я] с примес[ью] чёрной ср[еднего] размер[а]. Она <слово неразборчиво> (по ресторана[м] мало), низкая[.]

Лобия здесь нет[.]

Чина коричнев[о-]грязная.

Из полевых растений сафлор

нуг, <слово неразборчиво> являет[.] оба гл[авными] маслич[ными]

[280] Отобраны, т. е. отселектированы.
[281] Ашкер – солдат, слуга (*амх.*).
[282] Описка: д. б. *Lathyrus sativus* L.
[283] Одно из первых доместицированных растений.

[*стр. 65а*]

растениям[и]. Хлопок, волокна короткие, по-видимому[,] низкого качества.

За сим идёт ряд огородных и лекарств[енных] растений. Деятель[ная] торговля даже в обычные дни.

Nigella [*sativa* L. – чёрный тмин][284] (чёр[ный] азмут; азмут тукур[285], белый азмут ([*амх.*] нечь).

Сезам – кунжут корич[невый] и белый (немного).

Много лука, длинны[е] мелкие крас[ные луковицы].

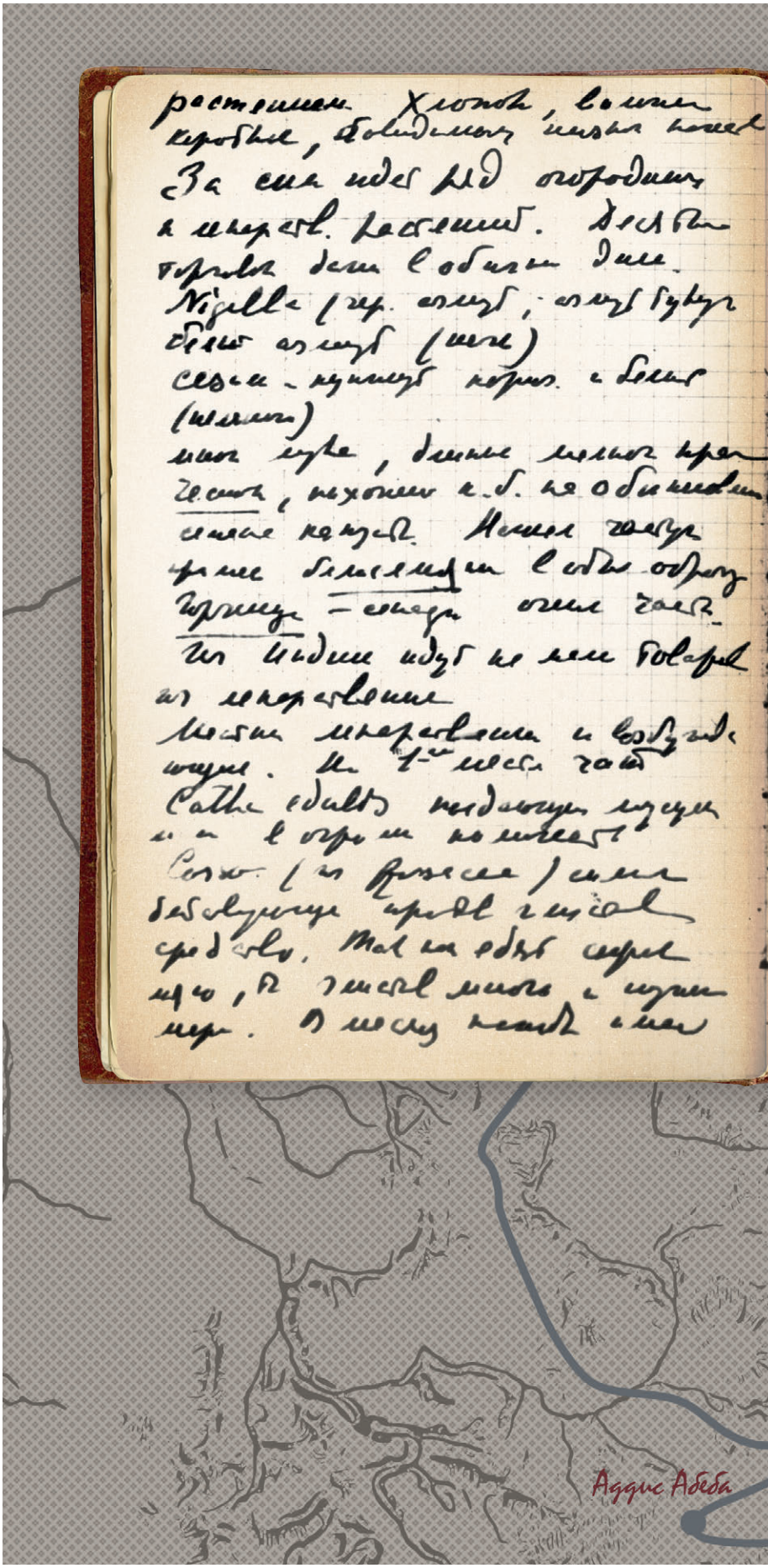
Чеснок, похожий к[ак] б[ы] на обыкновенные семен[ные] капусты. Нашёл частую примесь белосемянн[ую] в обыч[ном] образце.

Горчица – [*по-амх.*] синафак очень часто.

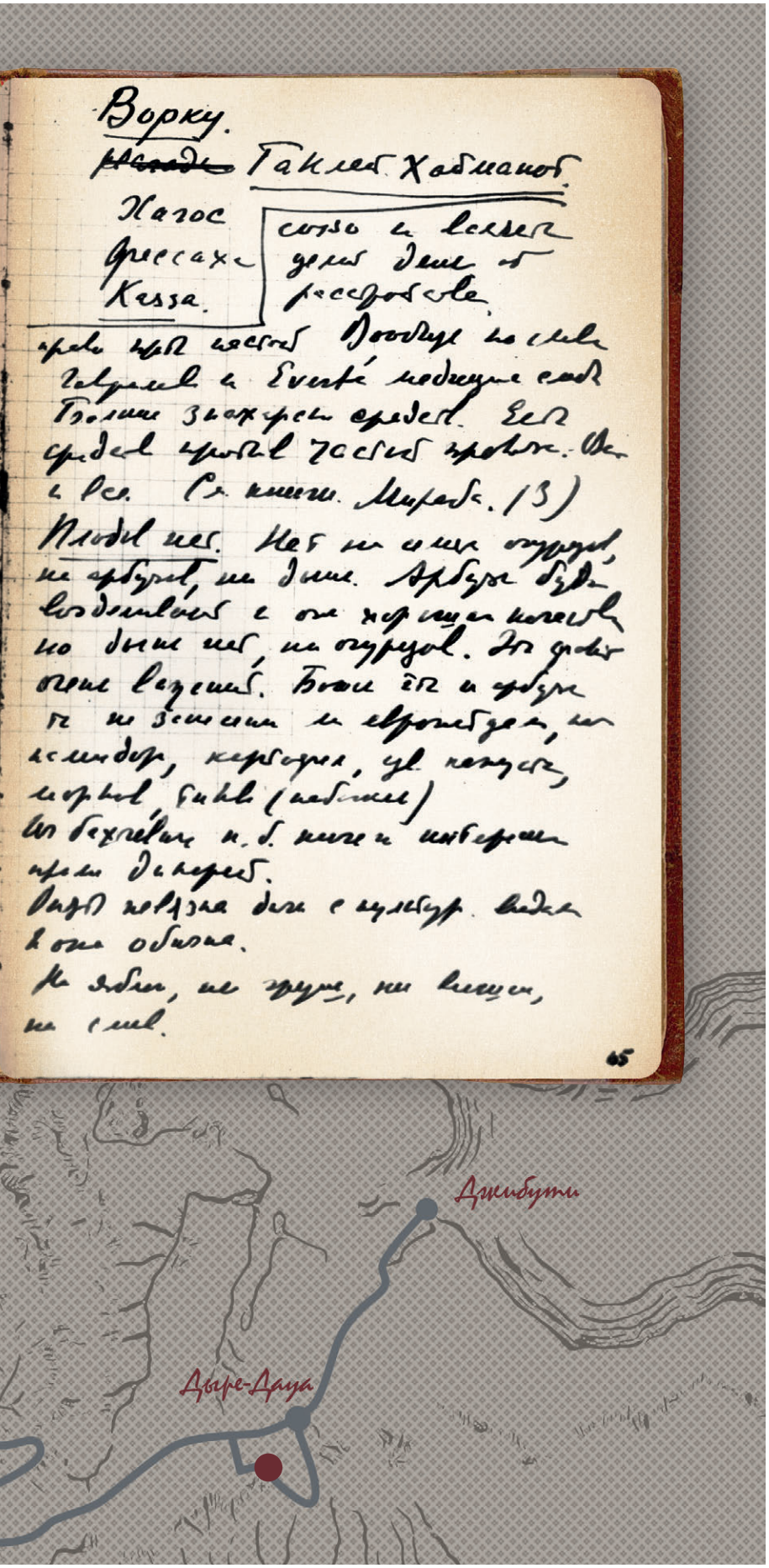
Из Индии идут не мало товаров из лекарственных.

Местные лекарственны[е] и возбуждающие. На 1-ом месте чат *Catha edalus*, поедающий[ся] мусульманами в огром[ном] количеств[е].

Cosso (из Rosaceae) самое действующе[е] против глистов средство. Так как едят сырое мясо, то глистов много и нужн[ы] меры. В месяц каждый имеет



[284] Природный антисептик.
[285] Тукур (*амх.*) – черный.



[*стр. 65б*]

Ворку.
~~Нагади~~ Таклест. Хабманот

Хагос Фессаха Kassa	Cosso и <слово неразборчиво> целит даже от расстройства.

право пить настой. Вообще[,] по словам [В.И.] Гаврилова и Everté[,] медицина слаба. Больше знахарских средств. Есть средства против частой проказы. Вот и всё. См. книги Мираба. (3).

Плодов нет. Нет ни семян огурцов, ни арбузов, ни дынь. Арбузы будто возделываются и они хорошего качества, но дынь нет, ни огурцов. Это факт очень важный. Боюсь[,] что и арбузы тоже занесены <слово неразборчиво> европейца[ми], ни помидор, картофеля, цв[етной] капусты, морков[и], тыквы (кабачков)[.]

Из бахчевых к[ак] б[ы] ничего интересного[,] кроме дикарей.

Опять невязка дичи с культур[ными] видами. И она обычна.

Ни яблон[ь], ни груш, ни вишен, ни слив.

[*стр. 66а*]

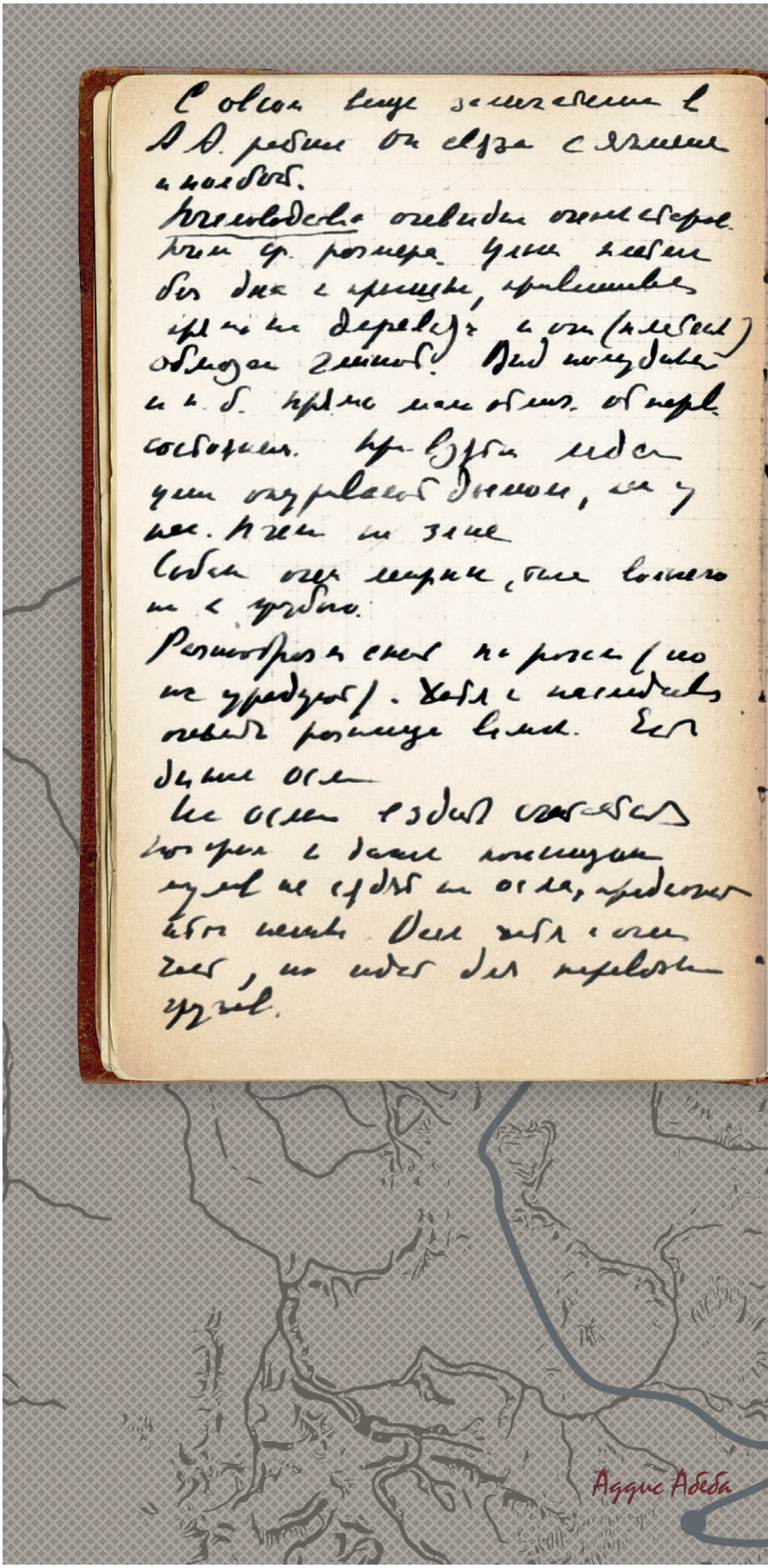
С овсом вещь замечательна[я:] в А[ддис-]А[бебском] районе он связан с ячменём и полбой.

Пчеловодство[,] очевидно[,] очень старое. Пчёлы ср[еднего] размера. Ульи плетён[ые] без дна и крышки, привешива[ются] прямо на деревья, и они (плетень) обмазан[ы] глиной. Вид полудикий и к[ак] б[ы] прямо мало отлич[ен] от перв[обытного] состояния. При взятии мёда ульи окуривают дымом, как у нас. Пчёлы не злые.

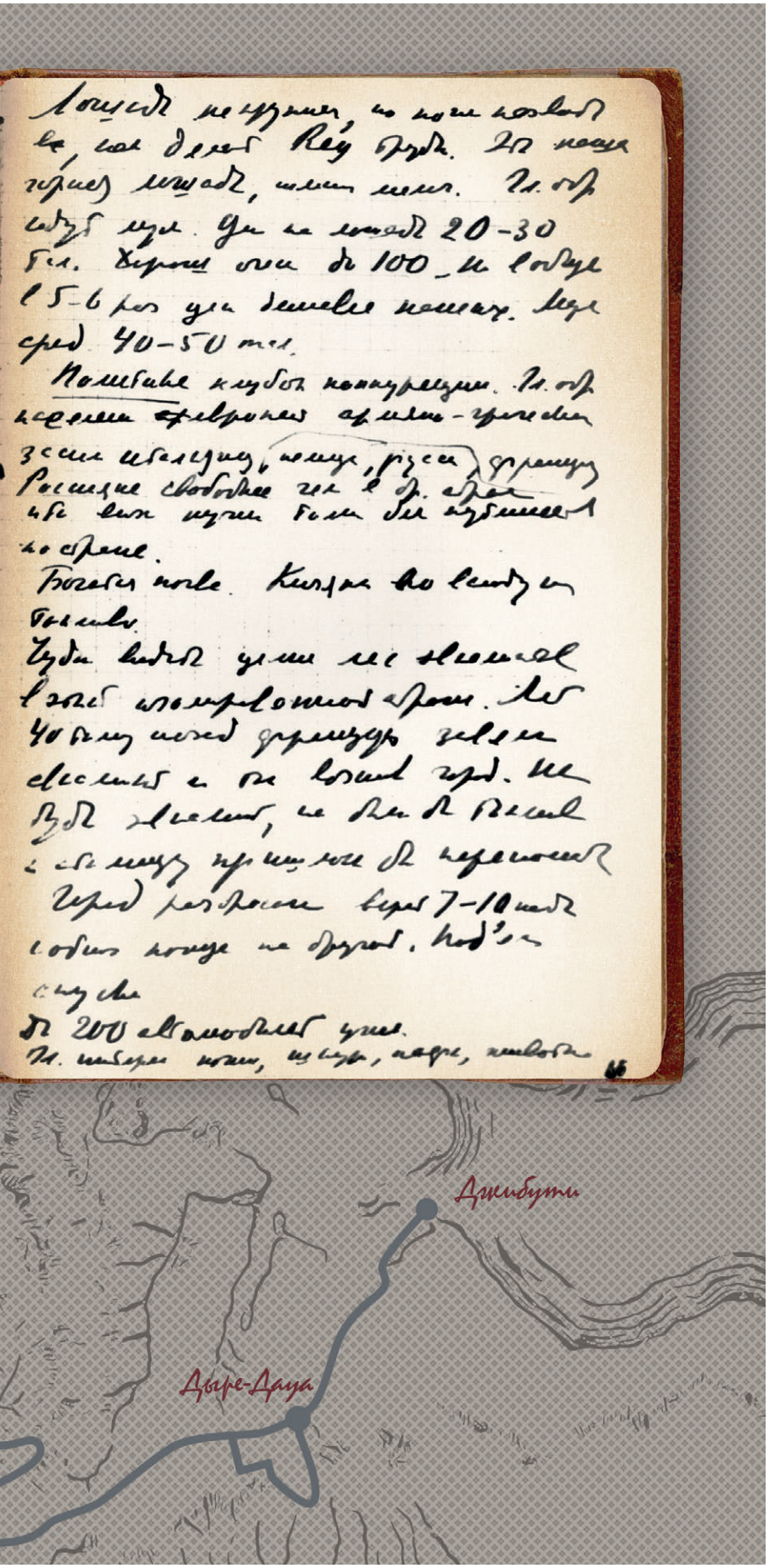
Собаки очень мирные[286], типа волчьего[,] но < грубого.

Разнообраз[е]н скот по рогам (но не уродуют). Хотя с наследова[нием,] очевидно[,] разница велика. Есть дикие ослы.

На ослах ездить считается позором, и даже погонщик мулов не сядет на осла, предпочит[ает] идти пешко[м]. Осёл[,] хотя н[е] очень част[о], но идёт для перевозки грузов.



[286] В Эфиопии до сих пор нет бойцовых собак.



[*стр. 66б*]

Лошади не крупны, но пони назвать её, как делает Rey[,] трудно. Это наша горная лошадь, сильно мельч[е]. Гл[авным] обр[азом] идут мул[ы]. Цен[а] на лошадь 20–30 тал. Хорош[ей] очень до 100, но вообще в 5–6 раз цены дешевле наших. Мул [в] сред[нем] 40–50 тал.

Политика клубок конкуренции. Гл[авным] образом] население ~~ар~~ европей[ское] армяно-греческое, за сим итальянц[ы], франц[узы], немцы, русск[ие]. Россияне свободнее[,] чем в др[угих] странах[,] ибо всех нужн[ее] только бел[ые] путешеств[енники] по стране.

Богатая почва. Кизяк повсюду на топливо.

Чудо видеть целый лес эвкалиптов в этой изолированной стране. Лет 40 тому назад французы завели эвкалипт, и так возник город. Не будь эвкалипт[а], не было бы топлив[а], и столицу пришлось бы переносить.

Город разбросан[,] вёрст 7–10 надо с одного конца на другой. Подъёмы[,] спуски.

До 200 автомобилей уже.

Гл[авный] интерес – кожи, шкуры, кофе, животны[е].

[*стр. 67а*]

Жел[езная] дорога [–] огромны[й] прогрес[с]. Странн[о] видеть босых генералов. А Европа уже пришла с опрыскивателями улиц от пыли. Русск[ие] инженеры [А.Г.] Трахтенберг и [Ф.А.] Шиманский строят дороги.

В феврале наступил малый к[ы]ремт[287]. Дня три идёт основательн[ый] дож[д]и[к] (мм до 30) выпало.

Избы конические из прутьев, обмазаны. Чаще круглые, реже (влиян[ие] евр[опейцев]) квадратные.

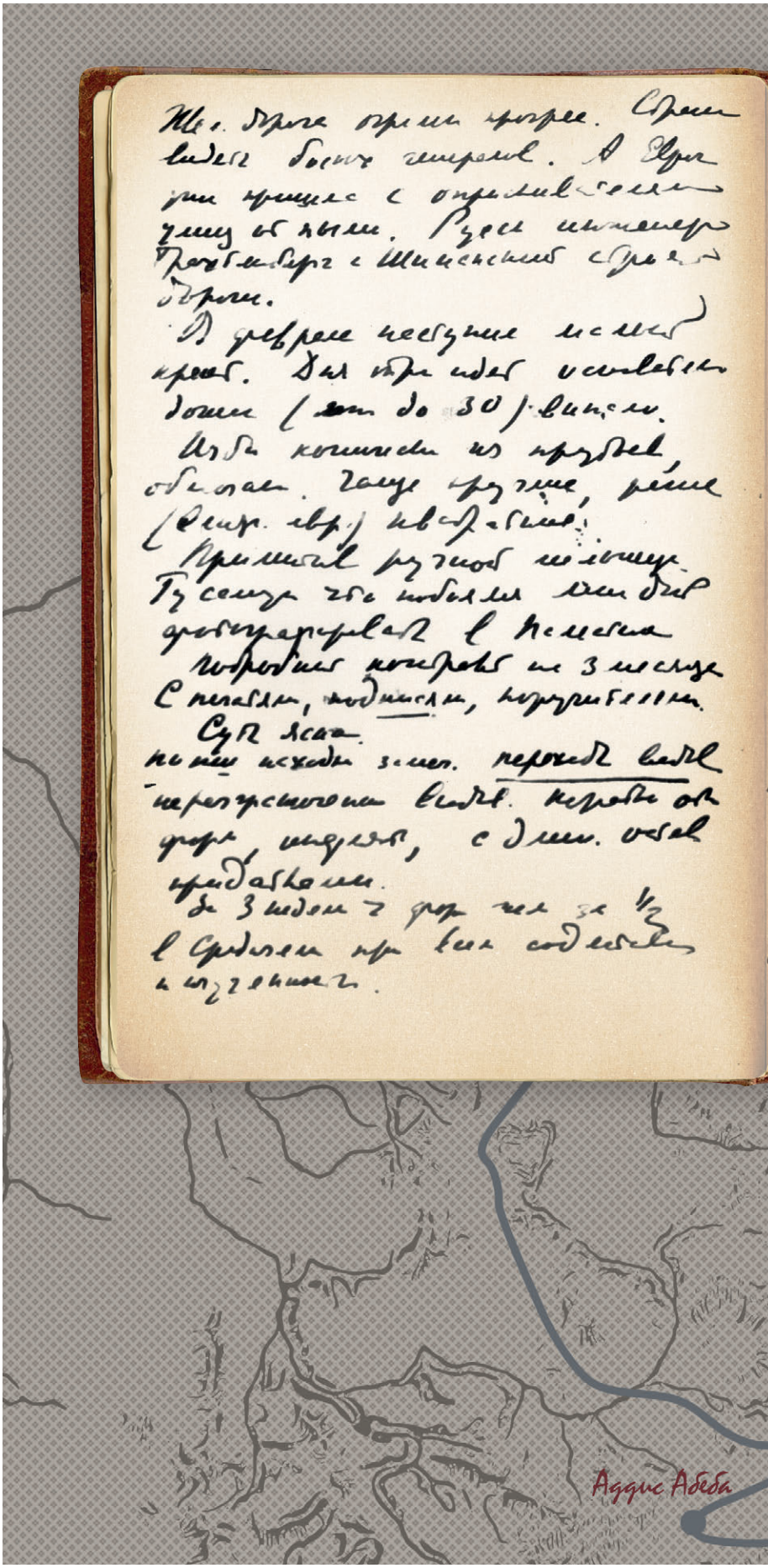
Примитив[ность] ручной мельницы. Ту самую[,] что побоялся <слово неразборчиво> фотографировать в Палестине.

Подробный контракт на 3 месяца с печатями, подписями, поручителями.

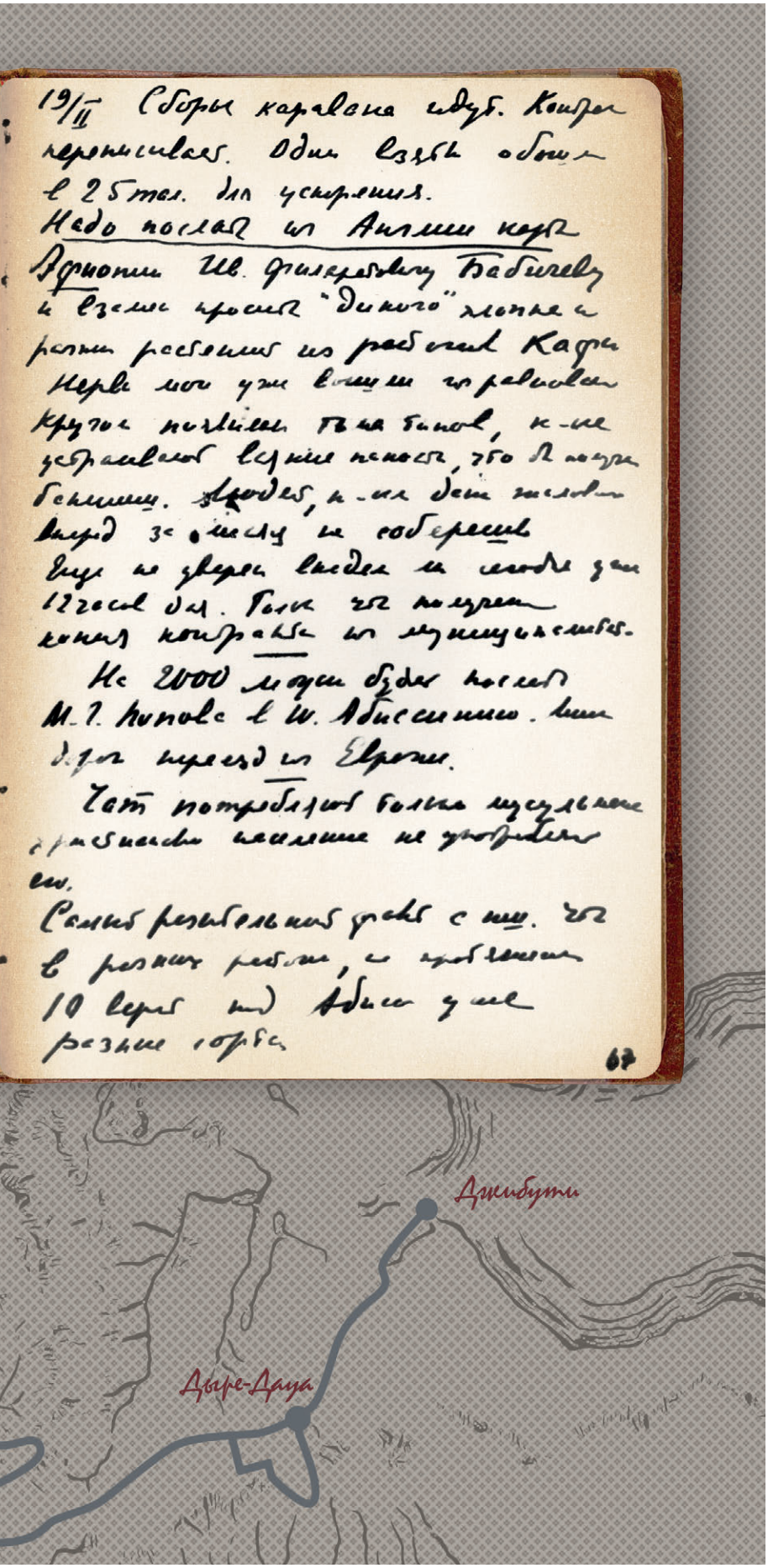
Суть ясна.

По пш[енице] исходно замеч[ены] переходы видов[,] неразграниченн[ость] видов. Нередко обн[аруживаются] форм[ы] инфлятн[ые][288], с длин[ными] остев[идными] придатками.

За 3 недели > форм, чем за ½ [года – *ЮВ*] в Средизем[номорье] при всём содейс[т]ви[и] и изученности.



[287] Сезон дождей (*амх.*).
[288] Надутый (*лат.*).



[*стр. 67б*]

19/II [суббота]. Сборы каравана идут. Контрак[т] переписывает[ся]. Одни взятки обошли[сь] в 25 тал. для ускорения.

Надо послать из Англии карты Эфиопии Ив[ану] Филаретовичу Бабичеву и взамен просить «дикого» хлопка и разных растений из районов Кафы [Каффы].

Нервы мои уже вышли из равновесия. Кругом появилась тьма типов, к[отор]ые устраивают всякие пакости, чтобы получить бакшиш. Людей, к[отор]ым даш[ь] жалованье вперёд[,] за месяц не соберёшь.

Ещё не уверен, выедем ли сегодня[,] уже 12 часов дня. Тольк[о] что получена копия контракта из муниципалитета.

На 2000 [рублей] можно будет послать М.Г. Попова[289] в Ю[жную] Абиссинию. Лишь дорог переезд из Европы.

Чат потребляют только мусульмане[,] христианское население не употребляет его.

Самый разительный факт с пш[еницей,] что в разных районах, на протяжении 10 вёрст под Адисо[й] уже разные сорта.

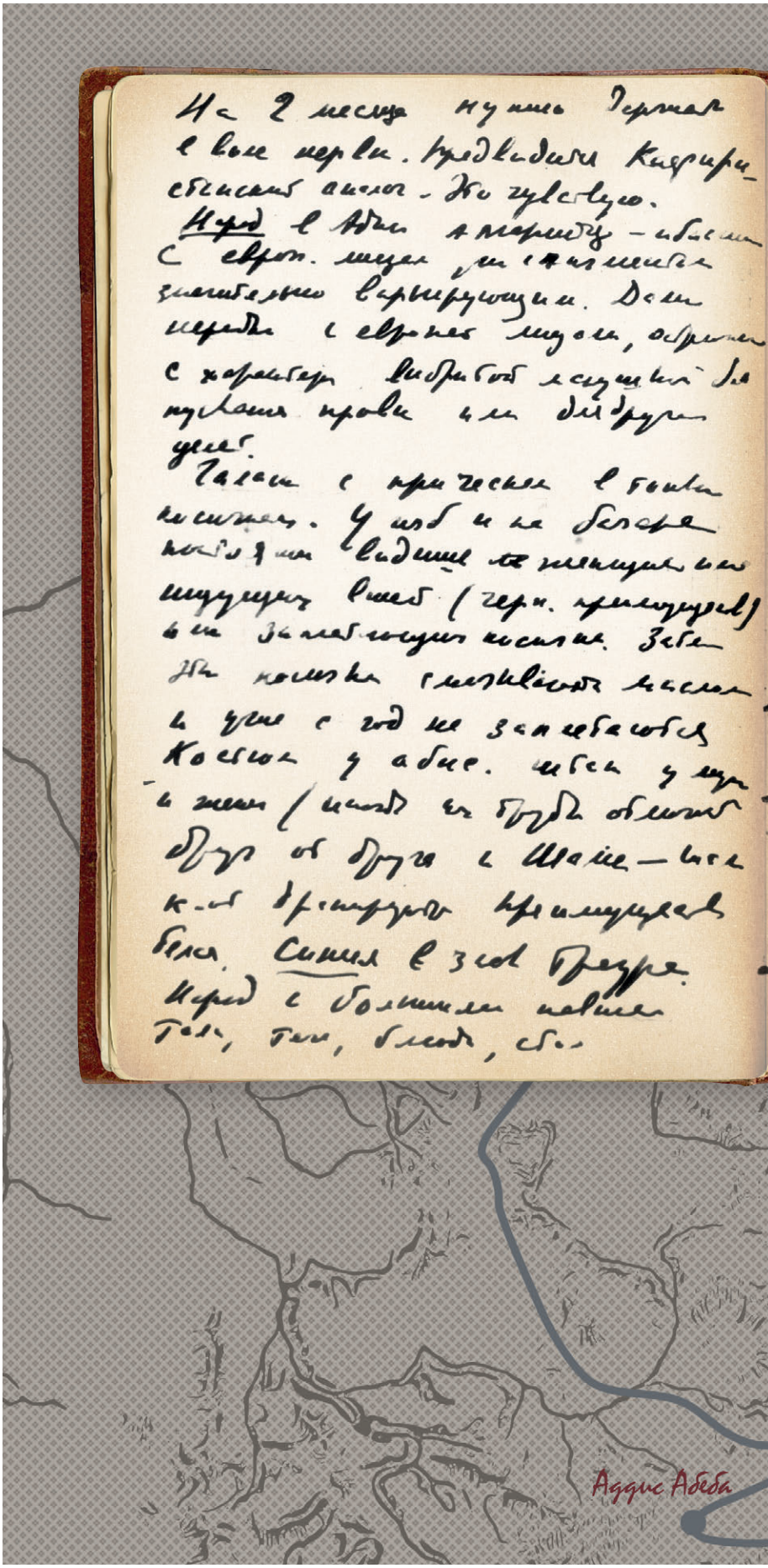
[289] Михаил Григорьевич Попов (1893–1955) – ботаник. Учился в Императорском Казанском университете (1911–1913), окончил Петроградский университет (1917). Исследовал историческую фитогеографию Средней Азии, Казахстана, Карпат, Сибири и Дальнего Востока, в том числе генезис флор средиземноморского типа, происхождение тайги. В 1917–1927 гг. преподавал в Саратовском и Средне-Азиатском (Ташкент) университетах. Чл.-кор. АН УССР (1945). Лауреат премии им. В.Л. Комарова (1960, посмертно).

[*стр. 68а*]

На 2 месяца нужно держать в воле нервы. Предвидится кафиристанский аналог. Это чувствую.

Народ в Адисе – амарийц[ы]-абиссин[цы] с европ[ейскими] лицам[и], и с пигментом[,] значительно варьирующим. Даже нередко с европ[ейскими] лиц[ами], остриженные[,] с характер[но] выбритой макушкой для пускания крови или для других целей.

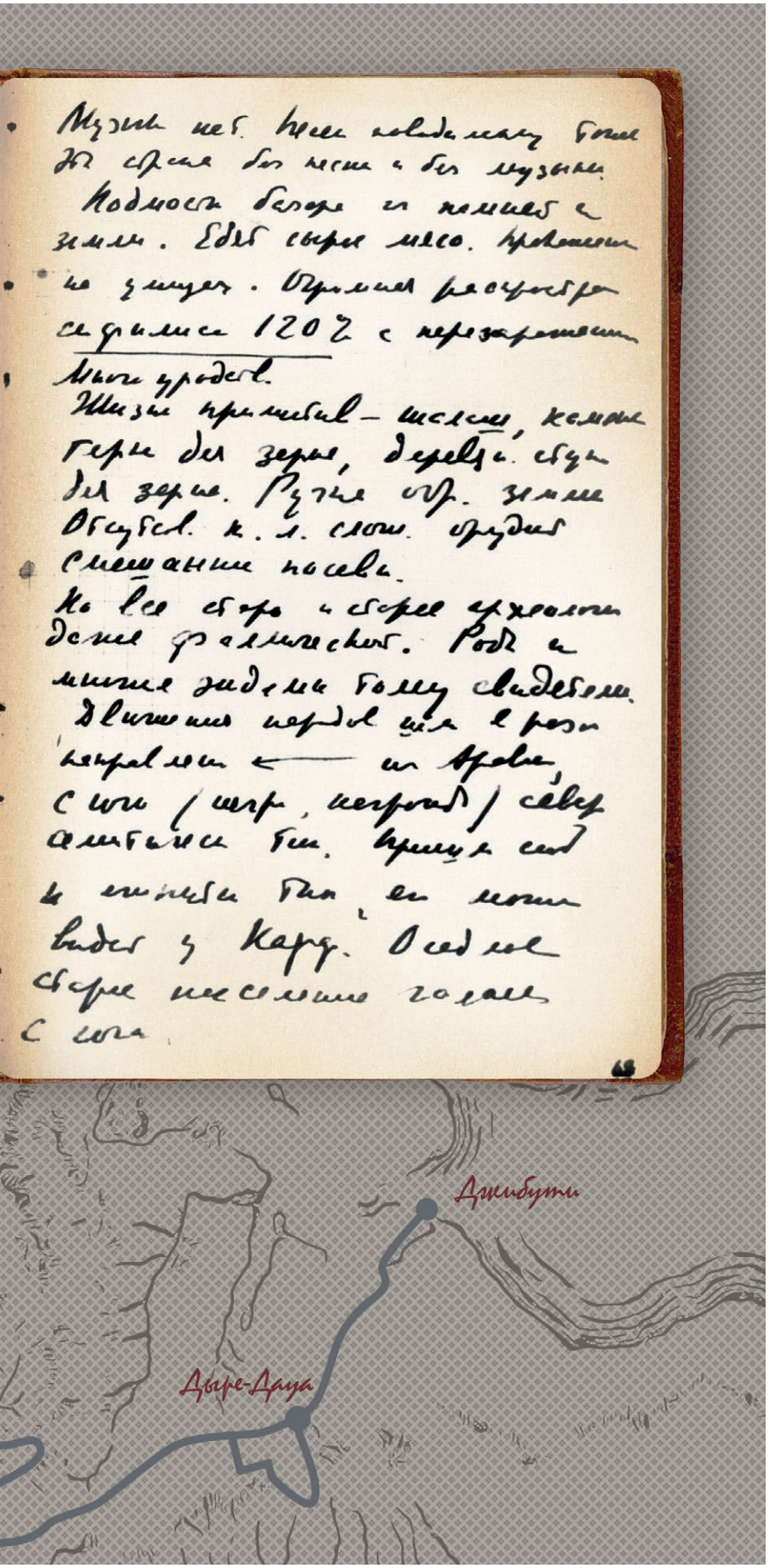
Гал[л]асы с причёскам[и] в тонк[их] косичках. У изб и на базаре постоянно видишь женщин или ищущих вшей (чёрн[ых] преимущест[венно]), или заплетающих косички. Затем эти косички смазываются маслом и уже с год не заплетаются. Костюм у абис[синцев] – штаны у муж[чин] и женщ[ин] (иногда их трудно отличить друг от друга) и шаме[290] – <слово неразборчиво>, к[отор]ой драпируются[,] преимущественно белая. Синяя [–] в знак траура. Народ с большими навыкам[и] тала[291], тэж[292], блюда, <слово неразборчиво>.



[290] Шамма – большой четырехугольный кусок белой хлопчатобумажной материи (часто по краю расшитой цветным узором), носится на разный манер в зависимости от ситуации (на плечах или полностью задрапировав все тело, оставляя только прорезь для глаз). Носят и мужчины, и женщины. Состоятельные люди поверх шаммы надевают атласный с капюшоном бурнус (кабба – *амх.*), обшитый бахромой.

[291] Талла – местное крепкое пиво.

[292] Тэдж – эфиопский аналог медовухи.



[*стр. 68б*]

Музыки нет[293]. Песен, по-видимому, тоже[294]. Эта страна без песни и без музыки.

Подмостки базара из камней и земли. Едят сырое мясо. Прокажённые на улицах. Огромная распростран[ённость] сифилиса (20 % с перезаражёнными[)].

Много уродств.

Жизнь примитив[на] – шалаш, каменн[ые] тёрки для зерна, деревян[ные] ступы для зерна. Ручная обр[аботка] земли. Отсутств[ие] к[аких]-л[ибо] слож[ных] орудий[.] Смешанные посевы.

Но всё старо и старее археологии, даже фаллической. Роды и многие эндемы тому свидетели.

Движение народов шло в раз[ных] направлениях ← из Аравии, с юга (негры, негроиды)[,] север [–] семитическ[ий] тип. Пришёл сюд[а] и египетский тип, его можно видеть у Кафф[ы]. Осёдлое старое население – гал[л]асы с юга.

[293] Возможно, Н.И. имел в виду, что местная музыка, которая отличается и от африканской, и от европейской, не столько увеселительная, сколько «трансовая», вводящая слушателя в некое подобие расширенного состояния сознания.

[294] Пятнадцатью годами ранее Н.И. Гумилев записывал песни и привез мелодии.

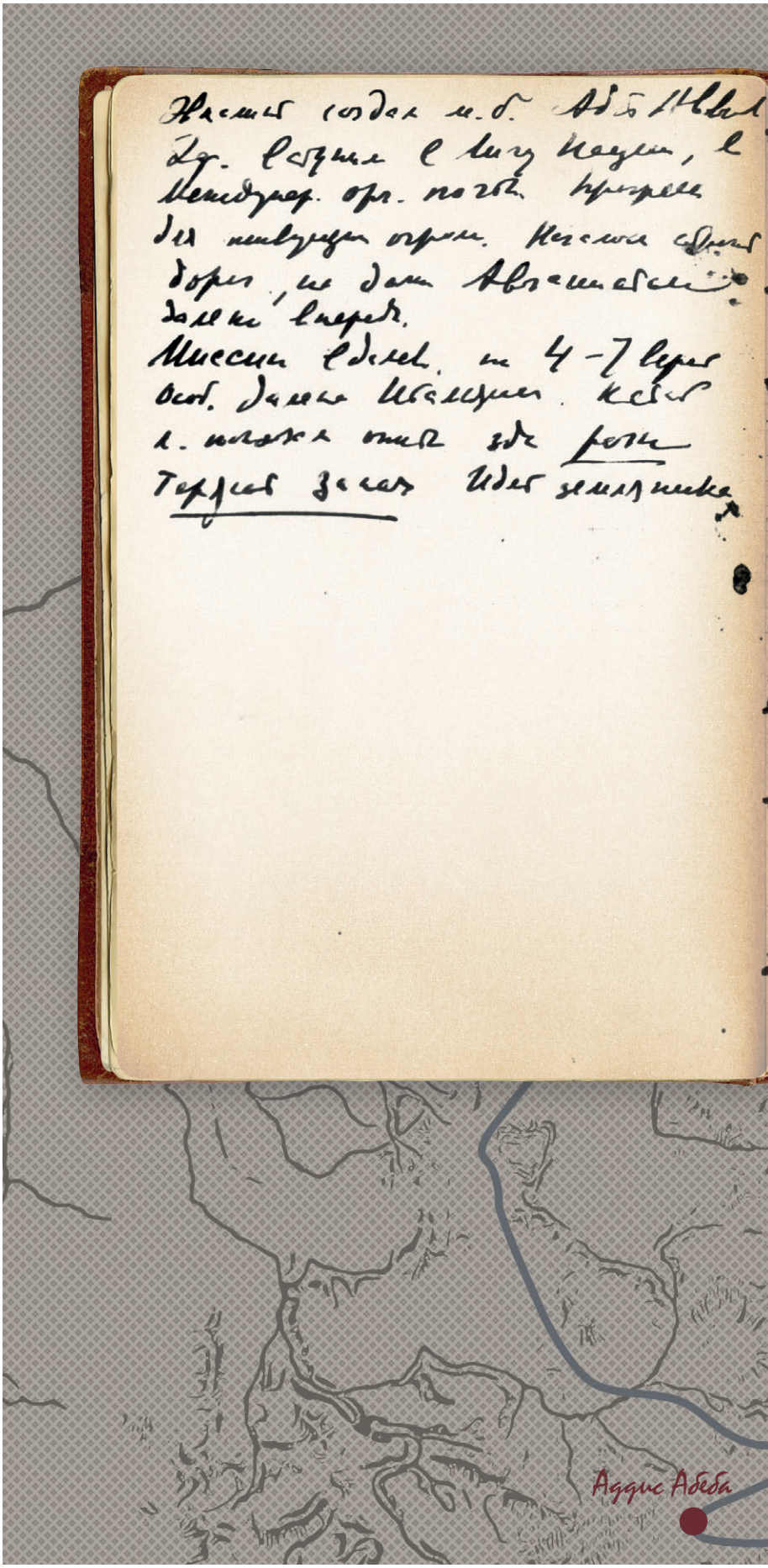
[*стр. 69а*]

Эвкалипт создал, м[ожет] б[ыть], Adis-Ababa [Addis-Ababa].

Эф[иопия] вступила в Лигу Наций, в Междунар[одную] орг[анизацию] почты. Прогресс для живущих огром[ный]. Началось строит[ельство] дорог, но даже Афганистан далеко впереди.

Миссии вдалек[е] на 4–7 вёрст. Особ[енно] далеко итальянск[ие]. Кстати г[оворя], плоха <слово неразборчиво> зде[сь] реже теряют заказ. Идёт земляника.

[конец 1-й тетради][295]



Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 10.01.2022. После доработки 19.01.2022. Принята к публикации 21.01.2022.

[295] Страницы из третьей тетради «Дневника», датированные 27–30 марта и опубликованные в журнале «Природа» (Страна для философии земледелия замечательная. Из Абиссинских дневников Вавилова. *Природа*. 1987;11:54-56), нами не обнаружены.

Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции
Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding
2022 • 8 • 2 • 197-205

pismavavilov.ru
DOI 10.18699/LettersVJ-2022-8-08

Оригинальное исследование

Оценка коллекции многолетней пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири

А.Н. Айдаров, С.С. Шепелев, В.П. Шаманин ✉

Аннотация: Возделывание однолетних монокультур негативно воздействует на окружающую среду. Потери азота при возделывании однолетних культур могут быть в 30–50 раз выше, чем при культивировании многолетних. В мире направлению использования потенциала многолетних культур уделено значительное внимание. Разрешение проблемы объединения в одном растении комплекса ценных хозяйственно-биологических свойств имеет большое значение, однако эта задача сложна для выполнения в связи с тем, что применяемые при создании многолетних сортов пшеницы дикие многолетние травы характеризуются низкой урожайностью и массой 1000 зерен. Цель исследования – оценка образцов международной коллекции многолетней пшеницы для использования в селекции. Объектом исследований выбраны 27 образцов коллекции, полученные из СИММИТ (Международный центр улучшения кукурузы и пшеницы). Полевые наблюдения в период с 2017 по 2020 г. позволили выделить наиболее зимостойкие формы (Ot38, 235A), установить высокую устойчивость образцов к поражению основными болезнями и оценить их по 15 хозяйственно ценным признакам. По результатам анализа методом главных компонент выявлены лучшие по комплексу хозяйственно ценных признаков линии, а именно 11955, TAF46, Ot38 и 235A. Каждая из выделенных линий представляет практическую ценность для селекции. Установлено превосходство образцов коллекции многолетней пшеницы над сортом-стандартом яровой пшеницей по содержанию белка и клейковины в зерне. Выделены два перспективных для дальнейшей работы номера – 11955 и TAF46, которые демонстрировали высокие параметры крупности зерна. У этих номеров крупнозерность достоверно коррелировала с показателем массы 1000 зерен.
Ключевые слова: многолетняя пшеница; дикие злаки; урожайность; хозяйственно ценные признаки; корреляция.

Благодарности: Анализ качества зерна выполнен при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение № 075-15-2021-534 от 28.05.2021 г.); посев, уборка, анализ и статистическая обработка экспериментальных данных проведены в Омском ГАУ при финансовой поддержке Министерства сельского хозяйства РФ.

Для цитирования: Айдаров А.Н., Шепелев С.С., Шаманин В.П. Оценка коллекции многолетней пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири. *Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции.* 2022;8(2):197-205. DOI 10.18699/LettersVJ-2022-8-08

Original article

Evaluation of the collection of perennial wheat in the southern forest-steppe of Western Siberia environments

A.N. Aydarov, S.S. Shepelev, V.P. Shamanin ✉

Abstract: The production of annual monocultures has a negative impact on the environment, including water pollution, soil erosion, reduced carbon storage, increased greenhouse gas emissions and the use of large amounts of fertilizers. Nitrogen losses from annual crops can be 30–50 times higher than from perennial crops. The development of perennial crops that can exist in the fields for several years is one of the approaches that can be used to improve food security and this direction is given considerable attention in the world. The breeding of perennial wheat is aimed at creating new highly productive varieties that combine important economically useful and biological features in one plant. Solving the problem of combining a complex of valuable economic and biological properties in one plant is of great importance. This is difficult to achieve due to the fact that when creating perennial wheat varieties, it is necessary to use wild perennial bluegrass grasses that have negative agronomic traits. The purpose of the study is to evaluate samples of the international collection of perennial wheat for further use in breeding. The object of our research was 25 samples of the international col-

Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Омск, Россия
P.A. Stolypin Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia
✉ vp.shamanin@omgau.org
© Айдаров А.Н., Шепелев С.С., Шаманин В.П., 2022

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0

lection of perennial wheat obtained from CIMMYT. The studies were conducted in the period from 2017 to 2020. The field assessment made it possible to identify the most winter-hardy forms of Ot38, 235A; to establish a high resistance of the samples of the collection of perennial wheat to the defeat of major diseases; an assessment was carried out on 15 agronomical traits and an analysis of the main components was performed according to these parameters; the best samples of the collection by economically valuable traits of perennial wheat were 11955, TAF46, Ot38, 235A. Each of the selected lines has practical value for further breeding. The superiority of the samples of the collection of perennial wheat over the standard spring wheat variety in terms of protein and gluten content in the grain has been established. Two numbers 11955 and TAF46 with high grain size parameters were determined and the obtained results were highly correlated with the mass of 1000 grains.
Key words: perennial wheat; wild cereals; yield; valuable traits; correlation.

For citation: Aydarov A.N., Shepelev S.S., Shamanin V.P. Evaluation of the collection of perennial wheat in the southern forest-steppe of Western Siberia environments. *Pisma v Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektsii = Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2022;8(2):197-205. DOI 10.18699/LettersVJ-2022-8-08 (in Russian)

Введение

Обеспечение продовольственной безопасности – одна из глобальных задач в мире из-за быстрого роста населения Земли и изменения климата (Glover et al., 2010). Однолетние зерновые культуры, такие как кукуруза, рис и пшеница, служат основными источниками продовольственного зерна. Возделывание однолетних монокультур оказывает негативное воздействие на окружающую среду вследствие загрязнения воды, эрозии почвы, сокращения накопления углерода, увеличения выбросов парниковых газов и применения большого количества удобрений (Monfreda et al., 2008). Потери азота при возделывании однолетних культур могут быть в 30–50 раз выше, чем от культивирования многолетних (Randall et al., 2001). Включение в севооборот многолетних культур, которые могут произрастать на полях в течение нескольких лет, может повысить продовольственную безопасность. В мире этому направлению уже много лет уделяют значительное внимание (Цицин, 1978; Упелниек и др., 2012). Омск был одним из географических пунктов при мультилокационном испытании гермоплазмы многолетних культур (Hayes et al., 2018).

Экологические преимущества многолетних культур включают уменьшение эрозии почвы, защиту водных ресурсов, минимизацию вымывания питательных веществ, повышенное удержание углерода в почве (Kantar et al., 2016). Выращивание многолетних культур снижает затраты на семена и удобрения (поскольку посевы производят один раз на длительный срок), а также расходы на борьбу с сорняками и обработку почвы. Многолетние культуры можно использовать не только для производства продуктов питания и кормов, но и получения топлива и других непищевых биопродуктов (Cooney et al., 2017). Основными стратегиями, используемыми для разработки новых многолетних зерновых культур, являются доместикация диких многолетних видов и межвидовая гибридизация однолетних культур с многолетними родственными видами. Межвидовая гибридизация предпочтительнее, потому что сокращает время, необходимое для создания (получения) таких культур (Zhao et al., 2012).

В России еще в 1930-е гг. академик Н.В. Цицин первым в мире высказал идею создания многолетней пшеницы (Цицин, 1978). В настоящее время его работы продолжают в Главном ботаническом саду РАН (Москва). По мнению В.П. Упелниека и коллег (2012), возделывание многолетних зерновых культур позволит эффективнее получать пищевую и кормовую продукцию, а также снизить затраты на их производство и улучшить состояние экологии.

Селекция многолетней пшеницы направлена на выведение новых высокопродуктивных сортов, совмещающих в одном растении важные хозяйственно полезные и биологические признаки. Разрешение проблемы объединения в одном растении комплекса ценных хозяйственных и биологических свойств играет важную роль. Однако этого сложно достичь в связи с тем, что при создании многолетних сортов пшеницы используют дикие многолетние мятликовые травы, которые имеют негативные агрономические признаки (Кочерина, Драгавцев, 2008).

Цель исследования состоит в оценке образцов международной коллекции многолетней пшеницы для их дальнейшего применения в селекции в Омском регионе.

Материал, условия и методика проведения исследований

Объектом исследований являлись 27 образцов международной коллекции многолетних зерновых культур, из которых три линии многолетнего ячменя из Шведского сельскохозяйственного университета, остальные – многолетняя пшеница: четыре линии на основе *Thinopyrum elongatum*, 11 линий на основе *Thinopyrum intermedium*, четыре линии на основе *Thinopyrum ponticum* и одна линия на основе *Thinopyrum junceiforme*. Материал для исследования получен от А.И. Моргунова из Международного центра улучшения кукурузы и пшеницы (СИММИТ). В табл. 1 представлены родословные и оригинаторы образцов коллекции многолетней пшеницы.

Полевые опыты проведены в 2017–2020 гг. на учебно-опытном поле ФГБОУ ВО Омский ГАУ. Данные о метеоусловиях в годы исследований получены от гидрометцентра ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС». Погодные условия за указанный период отличались значительным разнообразием.

В 2017 г. сложились засушливые условия для развития растений. Наиболее неблагоприятные условия отмечены в ранние этапы роста растений – с мая по июнь. Погодные условия вегетации 2018 г. можно охарактеризовать как благоприятные. Жаркий май достаточно увлажненный, в июне наблюдался недобор осадков, но погода была прохладнее среднемноголетней. Во второй и третьей декадах июля выпало большее в сравнении с многолетними значениями количество осадков. Август был теплым и сухим. В 2019 г. от-

Таблица 1. Список образцов коллекции многолетней пшеницы

№	Название	Родословная	Оригинатор	Донор от многолетней культуры
1	235A*	Madsen//ChineseSpring/*Th. elongatum* PI531718	Washington State University, США	*Th. elongatum*
2	P15	Madsen//ChineseSpring/PI531718		*Th. elongatum*
3	251B	Madsen//ChineseSpring/PI531718		*Th. elongatum*
4	B373	Tam110/PI401201//Jag & 2137	Texas Land Title Institute, США	*Th. intermedium*
5	B1126***	Tam110/PI401201//Jag & 2137/3/PI520054/4/ PI401168/5/(Tam110/PI401201//Jag2137)		*Th. intermedium*
6	B1321	PI573182/Bfc2-4//Bfc2-N/3/PI440048/4/(Tam110/ PI401201//Jag2137)/5/(PI636500/PI414667// PI414667/3/(PI573182/PI314190//BFC1-FF))		*Th. intermedium*
7	B913	PI634318/PI414667		*Th. junceiforme*
8	12G401 F2***	Kandura1137/C3-3891		*Th. intermedium*
9	Zhong 3**	(Keqiang/Nanda2419)/*Th. intermedium*//Wheat	Китай	*Th. intermedium*
10	Zhong 7**	(Keqiang/Nanda2419)/*Th. intermedium*//Wheat	Китай	*Th. intermedium*
11	Summer 1**	Hezuo#2/*Th. intermedium*//Wheat	Китай	*Th. intermedium*
12	Ot38*	Wheat-*Th. intermedium* частичный амфидиплоид	Россия	*Th. intermedium*
13	PWM706/PWM3**	Wheat-*Th. ponticum* частичный амфидиплоид	Россия	*Th. ponticum*
14	MT-2	Nodak/*Th. intermedium*	University of Minnesota, США	*Th. intermedium*
15	OK7211542	Wheat-*Th. ponticum* частичный амфидиплоид	Ohio University, США	*Th. ponticum*
16	Agrotana*	Wheat-*Th. ponticum* частичный амфидиплоид	Другое	*Th. ponticum*
17	TAF46*	Vilmorin 27*2/*Th. intermedium*	Франция	*Th. intermedium*
18	11955*	Wheat-*Th. ponticum* частичный амфидиплоид	США	*Th. ponticum*
19	#20238	*T. durum/Th. elongatum*	CIMMYT	*Th. elongatum*
20	Ostankinskaya	Wheat-*Th. intermedium* частичный амфидиплоид	Россия	*Th. intermedium*
21	C3-3471	*Th. intermedium* (Perennial Check)	Texas Land Title Institute, США	*Perennial Check*
22	IL#24**	IL#24	Swedish University of Agricultural Sciences, Швеция	*Hordeum vulgare*
23	IL#46**	IL#46		*Hordeum vulgare*
24	IL#118**	IL#118		*Hordeum vulgare*
25		Безостая 1	Россия	Стандарт
26		Ukr-Od 952.92/Ae. Squarrosa (1031)	CIMMYT	Стандарт
27		Perennial Grass Control (*Th. intermedium*)	Турция	Стандарт

* Лучшие по зимостойкости в Омске
** Сорта и линии ярового типа развития в условиях Западной Сибири
*** Способны к отрастанию, но слабоморозостойки и утеряны в 2018 г. из-за гибели в зимний период
Th. – Thinopyrum

мечены затяжная холодная весна и в целом более холодное лето с низкой по отношению к средней многолетней суммой активных температур. Количество влаги в течение вегетационного периода, кроме июля, превысило среднемноголетние значения. Погодные условия в 2020 г., по данным ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС», сложились неблагоприятными. За весенний и летний период вегетации зарегистрирован значительный недостаток осадков в сравнении с многолетними данными.

Сумма активных температур также превышала средние многолетние значения. В целом погодные условия за три года испытания были контрастными, что позволило объективно оценить популяции по основным хозяйственно ценным признакам.

Почвы участка проведения опыта представлены в основном разновидностями обыкновенных слабовыщелоченных и карбонатных черноземов. Почва опытного поля – лугово-черноземная маломощная среднегумусовая тяжелосуглинистая.

В 2017 г. во второй декаде мая произведен ручной посев рядками (1 пог. м) коллекции многолетней пшеницы, глубина заделки семян 4–5 см, предшественник чистый пар. Весной 2018 г. оценена зимостойкость образцов, в течение вегетации выполнены полевые наблюдения. Уборку проводили по мере созревания образцов вручную. По результатам структурного и математического анализов отобраны лучшие линии и пересеяны делянками площадью 1 м^2. Весной 2019 г. отобранные линии оценены на зимостойкость,

Таблица 2. Результаты полевых наблюдений по зимостойкости и устойчивости к болезням лучших образцов коллекции многолетней пшеницы, 2019 г.

Название	Число растений, шт.		Зимостойкость, %	Мучнистая роса, балл	Стеблевая ржавчина, %	Бурая ржавчина, %	Септориоз, балл
	После всходов	Перезимовавших					
Agrotana	22	15	70	2	0	0	5
11955	14	9	76	5	0	0	4
235A	20	16	82	8	5MR	0	7
TAF46	23	16	69	5	0	0	8
Ot38	29	27	92	2	40S	0	4

Таблица 3. Показатели полевых наблюдений лучших образцов коллекции многолетней пшеницы, 2020 г.

№ делянки	Название	Число растений, шт.		Зимостойкость, %	Мучнистая роса, балл	Стеблевая ржавчина, %	Бурая ржавчина, %	Септориоз, балл
		После всходов	Перезимовавших					
2	Agrotana	94	24	22	4	0	0	4
4	11955	73	24	33	7	0	0	3
10	235A	88	65	73	8	5MR	0	6
11	TAF46	81	25	30	6	0	0	6
12	Ot38	100	86	86	3	20MS	0	5

проведены полевые наблюдения. Осенью 2019 г. произведена уборка и отобран сноповой материал для структурного анализа, далее отобранные линии посеяны делянками 1 м^2 в трехкратной повторности. В 2020 г. повторены все учеты и наблюдения по оценке образцов международной коллекции многолетней пшеницы (Методика …, 1985). Устойчивость к болезням определена по методике СИММИТ (Duveiller et al., 2012).

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью программы R-Statistics (Доспехов, 1985; Usuelli, 2014). Достоверность различий оценивали по наименьшей существенной разности при уровне значимости 5 % (НСР$_{05}$) с использованием пакета прикладных статистических программ Microsoft Excel. Для анализа параметров зерновки применяли сканер Epson Expression 11000XL и программу SmartGrain. Качество белка и клейковины определяли с помощью прибора «Инфралюм ФТ-10».

Анализ главных компонент проведен по признакам: Plant height – высота растения, см; Number of plants – число растений; Number of tillers – число стеблей; Weight of plant – масса растения; Yield – урожайность; Harvest of spike – $К_{хоз}$ колоса; Harvest of plant – $К_{хоз}$ растения; Spiklets – число колосков, шт.; Grains of spike – число зерен с колоса, шт.; Weight of grain spike – масса зерна колоса, г; Weigth of 1000 grain – масса 1000 семян, г; Spike length – длина колоса, см; Weight of spike – масса колоса, г; Number of spike per 1 plant – продуктивная кустистость; Tillering – общая кустистость.

Результаты и обсуждение

Из 27 образцов, посеянных в 2017 г. в Омском ГАУ (см. табл. 1), лучшей способностью к отрастанию и перезимовке характеризовались семь номеров, из которых в последующем, в более суровых зимних условиях 2018–2019 гг., два номера исключены из-за низкой зимостойкости. Оставшиеся пять образцов отличались высокой зимостойкостью и использованы в дальнейших исследованиях по оценке хозяйственно важных признаков. В табл. 2 представлены результаты оценки зимостойкости и устойчивости к основным заболеваниям, характерным для Западной Сибири в 2019 г., пяти образцов многолетней пшеницы.

В результате полевых наблюдений установлено, что высокой зимостойкостью характеризовались образцы Ot38 (92 %) из России и 235A из Вашингтонского университета (США), созданные на основе пырея сизого (*Th. intermedium*). Остальные формы имели более низкие показатели зимостойкости, которые варьировали от 69 % у французского образца TAF46 до 76 % у образца 11955 из США, созданного с использованием пырея высокого *Th. ponticum* (Podp.) Z.-W.Liu & R.-C. Wang.

Образцы многолетней пшеницы демонстрировали разный уровень устойчивости к наиболее распространенным в условиях Западной Сибири грибным заболеваниям пшеницы. Низкая устойчивость к мучнистой росе отмечена у Ot38 и Agrotana – 2 балла. Образец 235A показал высокую устойчивость в условиях 2019 г. – на уровне 8 баллов.

Устойчивость к стеблевой ржавчине имели образцы Agrotana, 11955, TAF46, средний уровень устойчивости отмечен у 235A (5 MR). Поражения бурой ржавчиной среди образцов многолетней пшеницы не выявлено. У всех образцов отмечен средний уровень устойчивости к септориозу – от 3 до 6 баллов.

Осенью 2020 г. выделенные образцы пересеяны на 1 м^2 в трехкратной повторности для дальнейшего изучения. В табл. 3 представлены данные полевых наблюдений выделенных образцов коллекции многолетней пшеницы.

Полевые наблюдения показывают, что при сложившихся суровых условиях зимы зимостойкость образцов Ot38 (86 %) и 235A (73 %) была значительно выше среднего. Наи-

Таблица 4. Показатели образцов коллекции многолетней пшеницы, урожай 2019 и 2020 гг.

Признак	Год	Agrotana	11955	235A	TAF46	Ot38	$НСР_{05}$	Корреляция с массой 1000 зерен
Длина стебля, см	2019	84.5	91.4	75.7	91.3	111.3	7.5	–0.05
	2020	78.2	87.3	85.3	79.8	122.3	10.6	0.07
	Среднее	81.4	89.4	80.5	85.6	116.8	9.1	0.01
Длина верхнего междоузлия, см	2019	36.7	47.4	35.7	45.7	45.0	3.8	0.54
	2020	35.1	43.6	38.3	35.8	55.6	5.6	0.23
	Среднее	35.9	45.5	37.0	40.8	50.3	4.7	**0.39***
Длина флаго-вого листа, см	2019	18.4	23.6	16.4	30.5	24.2	3.6	0.55
	2020	13.1	18.2	16.3	19.2	18.8	1.56	0.57
	Среднее	15.8	20.9	16.4	24.9	21.5	2.6	**0.56***
Ширина колоса, см	2019	0.83	1.0	0.9	1.3	1.0	0.1	0.53
	2020	0.68	1.03	0.83	1.00	0.73	0.09	0.80
	Среднее	0.76	1.02	0.87	1.2	0.87	0.10	**0.67***
Длина колоса, см	2019	12.6	13.2	11.7	13.9	17.3	1.14	–0.09
	2020	13.4	15.7	11.2	15.6	14.1	1.07	0.20
	Среднее	13.0	14.5	11.5	14.8	15.7	1.11	0.06
Число колосков в колосе, шт.	2019	15.6	15.8	17.6	16.4	23.8	1.82	–0.29
	2020	13.9	18.9	16.8	18.6	20.3	1.43	0.10
	Среднее	14.8	17.4	17.2	17.5	22.1	1.63	–0.10
Продуктивная кустистость, шт./раст.	2019	1.98	2.9	1.8	3.1	2.7	0.37	0.55
	2020	1.96	3.75	2.37	2.19	1.52	0.45	0.70
	Среднее	1.97	3.33	2.09	2.65	2.11	0.41	**0.63***
Плотность колоса**, шт.	2019	12.54	12.0	15.1	11.8	13.8	0.85	–0.36
	2020	13.1	12.7	14.9	11.4	14.8	0.81	–0.10
	Среднее	12.8	12.4	15	11.6	14.3	0.83	–0.23

Примечание. Критическое значение r = 0.37; * значения с достоверной корреляцией с массой 1000 зерен; ** число колосков на 10 см колоса

Таблица 5. Показатели продуктивности растений у образцов коллекции многолетней пшеницы, урожай 2019 и 2020 гг.

Признак	Год	Agrotana	11955	235A	TAF46	Ot38	$НСР_{05}$	Корреляция с массой 1000 зерен
Число зерен в главном колосе, шт.	2019	22.9	23.9	25.5	37.8	45.9	5.7	–0.05
	2020	11.7	39.8	37.5	25.5	28.1	6.7	0.18
	Среднее	17.3	31.9	31.5	31.6	37.0	**6.2**	0.07
Число зерен с растения, шт.	2019	31.5	38.7	29.1	55.8	68.5	11.0	0.06
	2020	18.6	26.1	27.3	31.3	22.2	3.0	0.55
	Среднее	25.1	32.4	28.2	43.6	45.4	**7.0**	0.31
Масса колоса, г	2019	1.23	1.67	1.54	2.48	2.13	0.3	0.46
	2020	0.85	1.92	1.45	1.31	1.10	0.2	0.52
	Среднее	1.04	1.80	1.50	1.90	1.62	0.2	**0.49***
Масса зерна главного колоса, г	2019	0.56	0.95	0.82	1.42	1.34	0.2	0.42
	2020	0.33	1.32	1.01	0.61	0.72	0.2	0.50
	Среднее	0.45	1.14	0.92	1.02	1.03	0.2	**0.46***
Масса зерна с растения, г	2019	0.76	3.44	1.17	4.38	2.00	0.8	0.73
	2020	0.58	2.37	1.78	1.49	1.35	0.4	0.64
	Среднее	0.67	2.91	1.48	2.94	1.68	0.6	**0.69***
$К_{хоз}$ колоса	2019	0.45	0.57	0.53	0.57	0.63	0.4	0.36
	2020	0.40	0.69	0.70	0.47	0.66	0.1	0.39
	Среднее	0.43	0.63	0.62	0.52	0.65	0.2	**0.38***
Масса 1000 зерен, г	2019	24.8	39.8	32.2	37.8	29.3	3.3	–
	2020	18.1	39.2	27.5	25.2	25.5	4.0	–
	Среднее	21.4	39.5	29.9	31.5	27.4	3.7	–

Примечание. Критическое значение r = 0,37; * значения с достоверной корреляцией с массой 1000 зерен

более восприимчивы к мучнистой росе Ot38 (3 балла) и Agrotana (4 балла), высокую устойчивость имел образец 235A – 8 баллов.

В 2020 г. в связи с особенностями погодных условий не наблюдалось сильного развития стеблевой ржавчины. Незначительное поражение зарегистрировано у 235A (5MR) и Ot38 (20S), остальные были устойчивы к заболеванию, поражения бурой ржавчиной не выявлено. Средний уровень устойчивости к септориозу отмечен у образца 11955 (3 балла), восприимчивыми к поражению данным патогеном были 235A и TAF46 (6 баллов).

В табл. 4 приведены результаты лабораторного анализа образцов многолетней пшеницы по признакам структуры и урожаю за 2019 и 2020 гг.

На основании оценки показателей образцов коллекции многолетней пшеницы за 2019 и 2020 гг. испытаний установлена достоверная корреляция массы 1000 зерен с длиной флагового листа, длиной верхнего междоузлия, шириной колоса и продуктивной кустистостью. Указанные признаки можно использовать в селекции на повышение массы 1000 зерен – одного из важных показателей при создании сорта многолетней пшеницы. По данным морфологическим параметрам выделились следующие номера: по длине верхнего междоузлия – 11955 (45.5 см) и Ot38 (50.3 см), по показателю длины флагового листа – TAF46 (24.9 см) и Ot38 (21.5 см), по ширине колоса – образец TAF46 (1.2 см), по продуктивной кустистости – 11955 (2.9 шт.) и TAF46 (3.1 шт.). На основании полученных результатов для использования в селекции рекомендованы три образца – 11955, TAF46 и Ot38.

В табл. 5 представлены результаты оценки коллекции многолетней пшеницы по основным элементам продуктивности растений из урожая 2019 и 2020 гг.

В результате анализа элементов продуктивности за 2019 и 2020 гг. показатель числа зерен в главном колосе варьировал от 17.3 (Agrotana) до 37 (Ot38) шт., у остальных образцов число зерен в колосе в среднем составило 32 зерна. Наибольшим числом зерен на растении обладали образцы TAF46 и Ot38 – в среднем 43.6 и 45.4 шт. соответственно, остальные исследуемые образцы имели существенно более низкие значения. По массе колоса отмечены образцы TAF46 (1.90 г) и 11955 (1.80 г), признак варьировал от 1.04 до 1.90 г. По массе зерна с главного колоса варьирование за исследуемый период составило от 0.45 (Agrotana) до 1.14 (11955) г, в среднем все образцы, за исключением сорта Agrotana, имели массу зерна колоса на уровне 1 г. По показателю массы зерна с растения лучшими были образцы 11955 и TAF 46 (2.91 и 2.94 г соответственно).

Благодаря продуктивной кустистости многолетняя пшеница в среднем имеет высокое значение массы зерна с растения в сравнении с массой главного колоса, прибавка к итоговой продуктивности растения за счет дополнительных побегов составляет ~200 %. Показатель массы 1000 зерен варьировал от 21.4 (Agrotana) до 39.5 (TAF 46) г, лучший образец многолетней пшеницы имел массу 1000 зерен на уровне сортов яровой пшеницы в Омске.

Анализ главных компонент с кластеризацией признаков использован для установления сопряженности показателя массы 1000 зерен с основными морфологическими и продуктивными показателями (см. табл. 4, 5). Результаты, полученные в 2019 и 2020 гг., представлены на рис. 1 и 2.

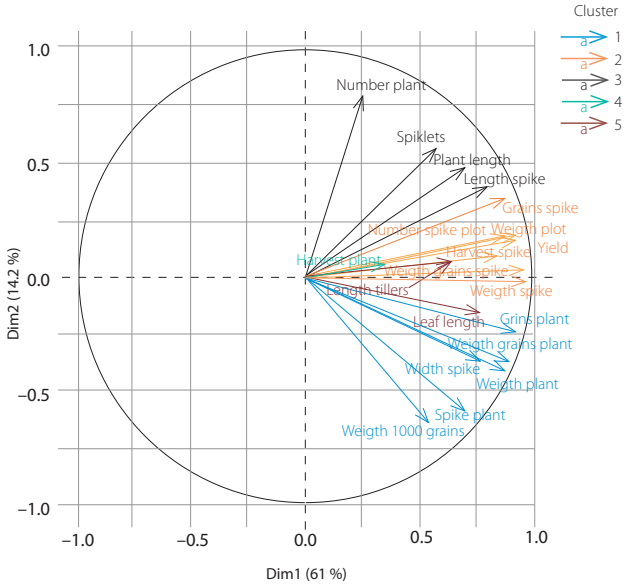


Рис. 1. Анализ главных компонент с кластеризацией признаков коллекции многолетней пшеницы, 2019 г.

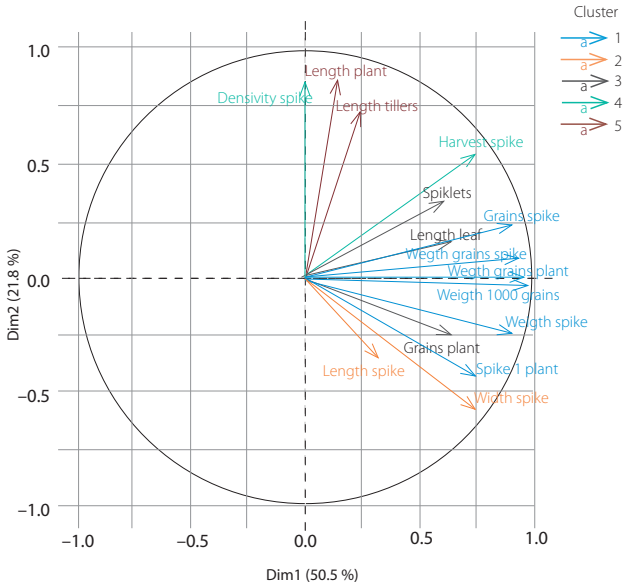


Рис. 2. Анализ главных компонент с кластеризацией признаков коллекции многолетней пшеницы, 2020 г.

Установлено, что масса 1000 зерен связана с продуктивной кустистостью, шириной колоса и длиной флагового листа. К маркерным признакам, позволяющим эффективнее проводить отбор по массе 1000 зерен в полевых условиях, относятся ширина колоса и длина флагового листа.

Анализ главных компонент в 2020 г. показал, что в засушливых условиях признаками, по которым можно было эффективно вести отбор по массе 1000 зерен, оставались длина флагового листа и ширина колоса.

Таблица 6. Показатели качества белка и клейковины, урожай 2019 и 2020 гг.

Название	Белок, %		Клейковина, %	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Agrotana	20.35	19.22	38.12	37.89
11955	20.04	20.83	45.21	39.51
235A	18.55	19.21	39.08	34.34
TAF46	19.69	23.32	43.61	45.07
Ot38	20.23	21.47	42.53	40.72
Памяти Азиева	13.71	22.43	22.49	38.83
Пырей сизый Сова	20.52	18.42	36.21	37.72
$НСР_{05}$	2.04	1.70	6.03	3.46
Корреляция с массой 1000 зерен	–0.23	0.15	0.83	0.01

Таблица 7. Параметры зерновки образцов многолетней пшеницы, урожай 2019 и 2020 гг.

Признак	Год	Agrotana	11955	235A	TAF46	Ot38	Корреляция с массой 1000 зерен
Площадь зерна, $м^2$	2019	11.6	17.5	14.9	17.4	13.5	0.99
	2020	13.8	14.9	13.3	13.4	12.4	0.58
	Среднее	12.7	16.2	14.1	15.4	13.0	0.79
Периметр зерновки, мм	2019	15.3	18.9	16.5	17.7	16.8	0.95
	2020	17.0	17.8	16.2	16.7	16.6	0.58
	Среднее	16.2	18.4	16.4	17.2	16.7	0.77
Длина зерновки, мм	2019	6.38	7.78	6.57	7.01	7.01	0.81
	2020	7.04	7.26	6.51	6.75	6.76	0.39
	Среднее	6.71	7.52	6.54	6.88	6.89	0.60
Ширина зерновки, мм	2019	2.42	2.99	2.94	3.25	2.51	0.88
	2020	2.59	2.72	2.69	2.60	2.42	0.52
	Среднее	2.51	2.86	2.82	2.93	2.47	0.70
Циркулярность зерновки	2019	0.60	0.59	0.69	0.70	0.60	0.29
	2020	0.60	0.59	0.63	0.61	0.56	–0.08
	Среднее	0.60	0.59	0.66	0.66	0.58	0.11

Лучшими по комплексу хозяйственно ценных признаков образцами из изученной коллекции многолетней пшеницы были 11955, TAF46, Ot38 и 235A. Каждая из выделенных линий имеет практическую ценность для дальнейшей селекции. Показатели основных хозяйственно ценных признаков лучших образцов омской коллекции многолетней пшеницы в опыте совпадают с результатами исследований других стран (Baker et al., 2021). Можно отметить, что в Омске выделена форма TAF46.

Качество зерна образцов

Многолетняя пшеница имеет высокое практическое значение для селекции на повышение питательной ценности пшеницы. Данная коллекция испытана как возможный источник увеличения питательной ценности зерновой продукции в Италии (Gazza et al., 2016, 2021) и Австралии (Baker et al., 2021). Общее содержание пищевых волокон в зерне в образцах коллекции многолетней пшеницы по сравнению с обычной пшеницей было выше на 2 %; содержание алкил резорцинов (блокируют превращение обычных клеток в раковые) составило 366 мг/г, что на 58 мг/г больше, чем у обычной пшеницы; содержание полифенолов (защита от старения клеток) – 319 мг/г, что на 39 мг/г больше, чем в обычной пшенице. Кроме того, отмечено меньшее содержание крахмала в зерне – 55.3 против 73.7 %, более высокое содержание желтого пигмента – 7.3 против 5.1 pm соответственно. Также в исследованиях определена возможность использования многолетней пшеницы при создании хлеба для людей с аллергией к глютену (Gazza et al., 2021).

Результаты анализа содержания белка и клейковины в зерне в 2019–2020 гг. и сравнение с сортом пырея сизого Сова, а также яровой пшеницей Памяти Азиева представлены в табл. 6.

Все образцы коллекции многолетней пшеницы продемонстрировали высокие показатели содержания белка и клейковины. В 2019 г. количество белка варьировало от 18.55 % у образца 235A до 20.35 % у Agrotana, содержание клейковины – от 38.12 % у Agrotana до 43.61 % у TAF46. В 2020 г.

Рис. 3. Образец TAF46. Опытное поле Омского ГАУ, 2019 г. Фото А.Н. Айдарова

Рис. 4. Образец Ot38. Опытное поле Омского ГАУ, 2019 г. Фото А.Н. Айдарова

Рис. 5. Образец 235А. Опытное поле Омского ГАУ, 2019 г. Фото А.Н. Айдарова

по качеству зерна выделены образцы TAF46 и Ot38, показавшие высокое содержание в зерне белка и клейковины.

Параметры зерновки на сканере с помощью программы SmartGrain

Размер зерна – важный параметр, который позволяет выделить формы, в большей степени соответствующие яровой пшенице, поскольку размер зерна остается главной проблемой при селекции с дикими злаками. Значительное внимание изучению размеров зерна коллекции многолетней пшеницы уделяют в мировых исследованиях, в частности в Австралии (Tang et al., 2021).

Анализ параметров зерновки у образцов коллекции многолетней пшеницы представлен в табл. 7.

По площади зерновки образцы варьировали от 12.7 мм^2 (Agrotana) до 16.2 мм^2 (TAF46). Периметр зерновки у образцов составил от 16.2 мм^2 (Agrotana) до 18.4 мм^2 (11925). Наибольшая ширина зерновки отмечена у образца TAF46 (2.93 мм^2), наименьшая – у Agrotana (2.51 мм^2). Показатель длины зерновки варьировал от 6.54 мм^2 (235A) до 7.52 мм^2 (11955). Установлена высокая корреляция крупности зерна с массой 1000 зерен, а наибольшую ценность для дальнейшей селекции на повышение крупности зерна представляют номера 11955 и TAF46.

Заключение

На основании исследований по оценке 27 образцов международной коллекции многолетней пшеницы в условиях Западной Сибири (Омск) для дальнейшего изучения отобраны пять образцов – Agrotana, 11955, TAF46 (рис. 3), Ot38 (рис. 4) и 235A (рис. 5). Из них наиболее высокой зимостойкостью характеризовался образец Ot38, а по хозяйственно ценным признакам – массе 1000 зерен, продуктивной кустистости, массе колоса и массе зерна колоса – лидировали 11955, 235A и TAF46. Данные образцы включены в дальнейшую селекционную проработку.

Список литературы / References

Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М., 1985.
[Dospekhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). 5th edn. Moscow, 1985. (in Russian)]

Кочерина Н.В., Драгавцев В.А. Введение в теорию эколого-генетической организации полигенных признаков растений и теорию селекционных индексов. СПб.: АФИ, 2008.
[Kochergina N.V., Dragavtsev V.A. Introduction to the theory of ecological and genetic organization of polygenic plant traits and the theory of breeding indices. St.-Petersburg: AFI Publ., 2008. (in Russian)]

Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. Вып. 1.
[Methodology of state variety testing of agricultural crops. Moscow, 1985. Issue 1. (in Russian)]

Упелниек В.П., Белов В.И., Иванова Л.П., Долгова С.П., Демидов А.С. Наследие академика Н.В. Цицина – современное состояние и перспективы использования коллекции промежуточных гибридов пшеницы и пырея. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2012;16(3):667-674.
[Upelniek V.P., Belov V.I., Ivanova L.P., Dolgova S.P., Demidov A.S. The legacy of academician N.V. Tsitsin – the current state and prospect so fusing the collection of intermediate wheat-wheatgrass hybrids. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2012;16(3):667-674. (in Russian)]

Цицин Н.В. Многолетняя пшеница. М.: Наука, 1978.
[Tsitsin N.V. Perennial wheat. Moscow: Nauka Publ., 1978. (in Russian)]

Baker S.J., Sinclair K., Hayes R.C., Newell M.T. Assessing the potential of perennial cereals in processing food products. Proceedings of the Perennial Artisan Grain Workshop. Cowra, 15–17 June. Newell M.T. (Ed.). Wagga, NSW: AgriFutures Australia, 2021;50-55.

Cooney D., Kim H., Quinn L., Lee M.S., Guo J., Chen S.L., Xu B.C., Lee D.K. Switchgrass as a bioenergy crop in the Loess Plateau, China: potential lignocellulosic feedstock production and environmental conservation. *J. Integr. Agric*. 2017;16:1211-1226. DOI 10.1016/S2095-3119(16)61587-37.

Duveiller E., Singh R.P., Singh P.K., Dababat A.A., Mezzalama M. Wheat diseases and pests: a guide for field identification (2nd edn). Mexico: CIMMYT, 2012.

Gazza L., Galassi E., Cacciatori P. Agronomic, technological and nutritional characterization of selected perennial wheat lines grown in Italy. Proceedings of the Perennial Artisan Grain Workshop. Cowra, 15–17 June. Newell M.T. (Ed.). Wagga, NSW: AgriFutures Australia, 2021;27-33.

Gazza L., Galassi E., Ciccoritti R., Cacciatori P., Pogna N.E. Qualitative traits of perennial wheat lines derived from different *Thinopyrum* species. *Genet. Resour. Crop Evol*. 2016;63:209-219. DOI 10.1007/s10722-015-0240-8.

Glover J.D., Reganold J.P., Bell L.W., Borevitz J., Brummer E.C., Buckler E.S., Cox C.M., Cox T.S., Crews T.E., Culman S.W., DeHaan L.R., Eriksson D., Gill B.S., Holland J., Hu F., Hulke B.S., Ibrahim A.M.H., Jackson W., Jones S.S., Xu Y. Increased food and ecosystem security via perennial grains. *Science*. 2010;328(5986):1638-1639. DOI 10.1126/science.1188761.

Hayes R.C., Wang S., Newell M.T., Turner K., Larsen J. The performance of early-generation perennial winter cereals at 21 sites across four continents. *Sustainability*. 2018;10:1124. DOI 10.3390/su10041124.

Kantar M.B., Tyl C., Dorn K.M., Zhang X., Jungers J.M., Kaser J.M., Schendel R.R., Eckberg J.O., Runck B.C., Bunzel M., Jordan N.R., Stupar R.M., Marks M.D., Anderson J.A., Johnson G.A., Sheaffer C.C., Schoenfuss T.C., Ismail B.P., Heimpel G.E., Wyse D.L. Perennial Grain and Oilseed Crops. *Annu. Rev. Plant Biol*. 2016;67:703-729. DOI 10.1146/annurev-arplant-043015-112311.

Monfreda C., Ramankutty N., Foley J.A. Farming the planet: 2. Geographic distribution of crop areas, yields, physiological types, and net primary production in the year 2000. *Global Biogeochem. Cycles*. 2008;22:GB1022. DOI 10.1029/2007GB002947.

Randall G.W., Mulla D.J. Nitrate nitrogen in surface waters as influenced byclimatic conditions and agricultural practices. *J. Environ. Qual.* 2001;30(2):337-44. DOI 10.2134/jeq2001.302337.

Scheinost P., Lammer D., Cai X., Murray T., Jones S. Perennial wheat: The development of a sustainable cropping system for the U.S. Pacific Northwest. *American Journal of Alternative Agriculture*. 2001; 16(4):147-151. DOI 10.1017/S0889189300009115 12.

Usuelli M. R Machine Learning Essentials. Packt Publishing, 2014.

Tang J., Wang W., Jiang Y., Chu W. Diazinon exposure produces histological damage, oxidative stress, immune disorders and gut microbiota dysbiosis in crucian carp (Carassius auratus gibelio). *Environ. Pollut*. 2021;269:116129. DOI 10.1016/j.envpol.2020.116129.

Zhao H.B., Zhang Y.M., Shi C.L., Tan C., Li Y.P., Li J.L. Development and cytogenetic analysis of perennial wheat in cold region. *Crop J*. 2012;38:1378-1386. DOI 10.3724/SP.J.1006.2012.01378.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 21.01.2022. После доработки 11.03.2022. Принята к публикации 18.03.2022.

Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции
Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding
2022 • 8 • 2 • 206-213

pismavavilov.ru
DOI 10.18699/LettersVJ-2022-8-09

Обзор

Биологические эффекты экзогенной РНК

В.П. Николин[1]✉, Н.А. Попова[1, 2]

Аннотация: В настоящее время важное значение имеет исследование РНК с целью ее использования в генотерапии различных заболеваний. Серьезные успехи достигнуты в химической модификации мРНК, повышающей ее стабильность и снижающей способность активировать нежелательные иммунные реакции. Прогресс в технологии мРНК наряду с развитием нанотехнологий позволил исследовать мРНК для ее применения в различных сферах биомедицины. Вместе с тем многие биологические эффекты РНК остаются неизученными, но могут быть важны не только с практической точки зрения, но и для понимания молекулярных процессов. В связи с этим заслуживают внимания результаты экспериментальных исследований, инициированных академиком Д.К. Беляевым и проведенных более 40 лет назад. Эти результаты свидетельствуют о способности естественной немодифицированной РНК без применения трансфекционных агентов повышать иммуногенность опухолевых клеток и менять резистентность мышей к трансплантатам костного мозга. Значительный интерес представляют данные о возможности естественного вовлечения экзогенной поли-(A)$^+$мРНК печени крыс в процесс обратной транскрипции в опухолевых клетках. Цель данной обзорной статьи – привлечь внимание к пионерским работам, выполненным в ИЦиГ СО РАН, и обсудить механизмы действия описанных в них препаратов РНК с учетом результатов современных исследований. Можно полагать, что изучение естественных РНК с применением биотехнологий позволит выявить их новые функциональные особенности и более эффективные методы создании препаратов на основе РНК.

Ключевые слова: мРНК; экспрессия ксеноантигенов; Кребс-2; спонтанная опухоль мышей; цитотоксический тест; трансплантация костного мозга.

Благодарности: Работа выполнена по бюджетному проекту FWNR-2022-0016.

Для цитирования: Николин В.П., Попова Н.А. Биологические эффекты экзогенной РНК. *Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции.* 2022;8(2):206-213. DOI 10.18699/LettersVJ-2022-8-09

Review

Biological effects of exogenous RNA

V.P. Nikolin[1]✉, N.A. Popova[1, 2]

Abstract: Currently, great importance is attached to the research of RNA in order to use it in the gene therapy of various diseases. Significant progress has been made in the chemical modification of mRNA, which increases its stability and reduces its ability to activate unwanted immune reactions. Progress in mRNA technology, along with the development of nanotechnology, has made it possible to study mRNA for its use in various fields of biomedicine. At the same time, many biological effects of RNA remain unexplored, but may be of significant interest not only from a practical point of view, but also from the point of view of understanding molecular processes. In this regard, the results of experimental studies initiated by Academician D.K. Belyaev and conducted more than 40 years ago deserve attention. These results indicate the ability of natural unmodified RNA without the use of transfection agents to increase the immunogenicity of tumor cells and change the resistance of mice to bone marrow transplants. Of significant interest are the data on the possibility of involving exogenous rat liver poly-(A)$^+$mRNA in the process of reverse transcription in tumor cells. The purpose of this review article is to draw attention to the pioneering work carried out many years ago at the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, and try to discuss the mechanisms of action of RNA preparations used in these works, based on the results of modern research. In general, there is reason to believe that the study of natural RNAs using modern biotechnologies will reveal their new functional features and more effective ways to create drugs based on RNA.

Key words: mRNA; Krebs-2; mice of the high-cancer C3H/He line; spontaneous breast tumor; cytotoxic test; bone marrow transplantation.

For citation: Nikolin V.P., Popova N.A. Biological effects of exogenous RNA. *Pisma v Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektsii = Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2022;8(2):206-213. DOI 10.18699/LettersVJ-2022-8-09 (in Russian)

[1] Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия
Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia
[2] Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск, Россия
Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

✉ nikolin@bionet.nsc.ru

© Николин В.П., Попова Н.А., 2022

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0

Введение

Хотя интерес к нуклеиновым кислотам и их применение в лечении различных патологических процессов известны давно (Федянина и др., 2007), исследование РНК как нового класса терапевтических средств началось сравнительно недавно: после того как было показано, что прямая инъекция транскрибированной *in vitro* мРНК приводит к экспрессии кодируемого белка в мышцах мыши (Wolff et al., 1990). При этом использование мРНК в генотерапии вызывает у исследователей наибольший интерес (Miao et al., 2021), так как считается, что она выступает более удобным, по сравнению с ДНК, терапевтическим инструментом из-за преходящей экспрессии, отсутствия необходимости проникновения в ядро и риска инсерционного мутагенеза. Исследование мРНК как терапевтического средства получило всеобщее распространение, когда было обнаружено, что мРНК, содержащие псевдоуридины, обладают более высокой трансляционной способностью, чем немодифицированные мРНК. Результаты показали, что подобная модификация нуклеозидов способствует повышению стабильности и трансляционной способности мРНК при одновременном снижении ее иммуногенности *in vivo* (Kariko et al., 2008). Такая модификация делает мРНК подходящим инструментом как для замены генов, так и вакцинации.

Прогресс в технологии мРНК наряду с развитием нанотехнологий позволил исследовать мРНК с целью ее использования в различных сферах биомедицины: 1) как нановакцины, получаемые на основе кодирующей антиген мРНК для активации иммунной системы; 2) в заместительной белковой терапии для лечения заболеваний с генетическими нарушениями, вызванными мутацией; 3) при редактировании генов, достигаемом за счет совместной доставки мРНК и гРНК, кодирующих Cas9; 4) при программировании и инженерии клеток путем введения мРНК, кодирующей факторы транскрипции или другие функциональные молекулы (Xiong et al., 2018).

Приведенный выше перечень возможного применения мРНК не является полным. Следует иметь в виду, что функции РНК многообразны и связанные с ними многие биологические эффекты пока не исследованы, но могут быть важны не только с практической точки зрения, но и для понимания молекулярных процессов. В связи с вышесказанным представляют интерес результаты инициированных академиком Д.К. Беляевым и проведенных более 40 лет назад исследований по тормозящему влиянию препаратов РНК на рост спонтанной опухоли у мышей высокораковых линий. В действительности это был первый опыт иммунотерапии опухоли с использованием препаратов РНК. Изучение этого феномена привело к раскрытию уникальных особенностей функционирования экзогенной РНК. Однако указанные работы не привлекли должного внимания, так как считалось, что функции РНК ограничены ее связью с внутриклеточными процессами и не распространяются за пределы клетки.

В обзорной статье представлены основные результаты этих исследований и обсуждение возможных механизмов действия РНК с учетом данных современных работ.

Материалы и методы

В экспериментах использованы лиофильно высушенные суммарные препараты РНК, полученные из печени крупного рогатого скота или печени мышей (Kirby, 1956). Препараты РНК, полученные из печени мышей, очищали от полисахаридов и низкополимерных РНК трех- или четырехкратным переосаждением 1М NaCl. Поли-$(A)^+$мРНК выделяли из полисом клеток печени крыс линии Wistar с помощью аффинной хроматографии на поли-U-сефарозе 4В (Ильдуганова и др., 1977). Полученные препараты поли-$(A)^+$мРНК были функционально активными при их тестировании в бесклеточной системе трансляции и обратной транскрипции. Иммунную сыворотку к крысиным антигенам получали путем четырехкратной иммунизации мышей С3НА клетками селезенки крыс Wistar с месячными интервалами между каждой иммунизацией. Для получения антисыворотки к поверхностным антигенам клеток опухоли Кребс-2 мышей С3НА иммунизировали (четырехкратно) опухолевыми клетками (как обработанными, так и необработанными РНК), облученными на гамма-установке в дозе 150 Гр. Цитотоксический тест проводили по методу P.A. Gorer и P. O'Gorman (1956). В качестве источника комплемента использовали сыворотку кролика. Для более подробного ознакомления с описаниями методов см. ссылки на соответствующие работы.

Изменение антигенных свойств опухолевых клеток после воздействия экзогенной поли$(A)^+$мРНК

Д.К. Беляев и коллеги (Беляев и др., 1966; Матиенко и др., 1970; Николин и др., 1980) впервые показали, что полученные из печени животных препараты РНК при длительном парентеральном введении проявляют противоопухолевую активность в отношении спонтанной опухоли молочной железы у мышей высокораковых линий. Исследователи высказали предположение, что противоопухолевое действие препаратов связано с влиянием РНК на генетический аппарат опухолевой клетки. К тому времени в ряде работ при воздействии РНК на клетки *in vitro* или *in vivo* продемонстрированы результаты, свидетельствовавшие о способности препаратов РНК вызывать в опухолевых и нормальных клетках фенотипические изменения, заключающиеся в появлении ранее не свойственных этим клеткам соединений, в том числе антигенов со специфичностью ткани-источника РНК (Amos, Kearns,1962; Niu et al., 1962; Копылова-Свиридова и др., 1964; Tuohimaa et al., 1972).

В связи с этим предстояло выяснить, обладают ли полученные в наших условиях препараты РНК способностью вызывать изменение в антигенной специфичности опухолевых клеток. При трансплантации мышам опухолевых клеток пяти штаммов опухолей после их предварительной инкубация с препаратом алло- или ксеногенной суммарной РНК ни в одном случае не выявлено достоверного снижения прививаемости или торможения роста опухолей, как это можно было ожидать при появлении в клетках опухоли новых антигенов. Однако у мышей, предварительно иммунизированных антигенами доноров РНК (гомогенатом ткани печени), отмечено статистически значимое торможение роста (40–50 %) опухолевых трансплантатов (Николин,

Таблица 1. Тестирование способности функционально различных классов РНК печени крыс менять антигенные свойства клеток опухоли Кребс-2, прививаемых внутримышечно мышам, иммунизированным гомогенатом крысиной печени (из: Николин и др., 1992)
Table 1. Testing of functionally different classes of rat liver RNA for the ability to change the antigenic properties of Krebs-2 tumor cells inoculated intramuscularly to mice immunized with rat liver homogenate (Nikolin et al., 1992)

Группа	n	Иммунизация	Прививка	Средняя масса опухоли, мг	% торможения роста опухоли
1	20	–	ОК	620 ± 50	–
2	10	–	ОК + тРНК	710 ± 70	–
3	10	–	ОК + поли-А	570 ± 70	8.1
4	20	–	ОК + поли(А)$^+$мРНК	580 ± 40	6.5
5	20	+	ОК	580 ± 40	6.5
6	10	+	ОК + тРНК	610 ± 70	–
7	10	+	ОК + поли-А	630 ± 90	–
8	20	+	ОК + поли(А)$^+$мРНК	380 ± 40*	38.7
1	10	–	ОК	460 ± 55	–
2	9	–	ОК + рРНК	578 ± 40	–
3	10	–	ОК + поли(А)$^+$мРНК	420 ± 33	–
4	10	+	ОК	420 ± 62	–
5	10	+	ОК + рРНК	560 ± 54	–
6	10	+	ОК + поли(А)$^+$мРНК	190 ± 48*	58.7

Примечание. Опухолевые клетки (ОК) инкубировали в среде Игла с одним из препаратов 1 ч при 4 °С и 30 мин при 37 °С. Концентрация РНК в инкубационной смеси составила 10 мкг/мл. * Различия с контролем статистически достоверны ($p < 0.01$)

Таблица 2. Цитотоксическая активность антисывороток, абсорбированных ОК или МОК, в отношении опухолевых клеток и клеток лимфоузлов крысы (из: Николин и др., 1994)
Table 2. Cytotoxic activity of antisera absorbed by TC or MTC against tumor cells and lymph node cells of rats (Nikolin et al., 1994)

Антисыворотка	Цитотоксический индекс, %		
	Клетки лимфоузлов крысы	МОК	ОК
Анти-ОК	0	80 ± 6.8	83 ± 5.1
Анти-МОК, абсорбированная ОК	27 ± 2.0	47 ± 2.6	0
Анти-Wistar, абсорбированная ОК	88 ± 0.4	49 ± 3.1	0
Анти-Wistar, абсорбированная МОК	53 ± 3.8	0	0

Примечание. ОК – немодифицированные опухолевые клетки; МОК – опухолевые клетки, модифицированные поли-(А)$^+$мРНК

1980; Николин и др., 1984). Подобная иммунизация носила специфический характер: не влияла на рост опухоли, не подвергавшейся воздействию РНК или обработанной РНК из ткани, отличающейся по генотипу от иммунизирующего материала. РНКаза, в отличие от проназы, отменяла эффект препарата. Поскольку препараты освобождались от низкополимерных РНК (см. Материалы и методы), действие некодирующих РНК исключается. Тестирование трех функционально различных классов РНК (поли(А)$^+$мРНК, тРНК, рРНК), полученных из печени крыс Wistar, показало, что иммунизация мышей гомогенатом крысиной печени эффективна только в отношении опухолевых клеток, инкубированных с поли(А)$^+$мРНК (табл. 1).

Специфический характер иммунизации, вызывающей повышение резистентности животных к обработанным РНК опухолевым клеткам, свидетельствует об экспрессии на них крысиных антигенных структур, индуцируемых поли-(А)$^+$мРНК. В настоящее время неоднократно показано и не вызывает сомнений, что мРНК при локальном применении приводят к экспрессии кодируемых пептидов в клетках различных тканей (Weide et al., 2008; Van der Jeught et al., 2015; Van Hoecke et al., 2021). В свете этих данных представляется вероятным, что экспрессия на мышиных опухолевых клетках крысиных антигенов служит результатом трансляции поли-(А)$^+$мРНК, которая интернализуется в опухолевые клетки при инкубации. Однако в работе не исследована трансляция крысиной поли-(А)$^+$мРНК в мышиных опухолевых клетках, как и не изучен характер крысиных антигенных детерминант. Однако присутствие крысиных антигенных детерминант на модифицированных поли-(А)$^+$мРНК опухолевых клетках определено в цитотоксическом тесте с мышиной антисывороткой, полученной в результате имму-

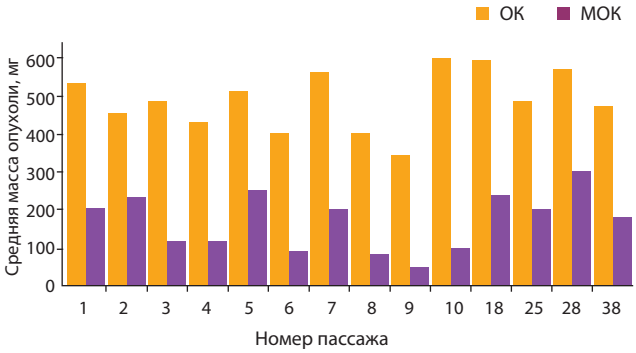


Рис. 1. Средняя масса внутримышечных трансплантатов опухоли Кребс-2 через 12 сут после прививки ОК или МОК разных пассажей (из: Николин и др., 1994)
Fig. 1. Average mass of intramuscular tumor Krebs-2 transplants 12 days after inoculation with TC or MTC of different passages (Nikolin et al., 1994)

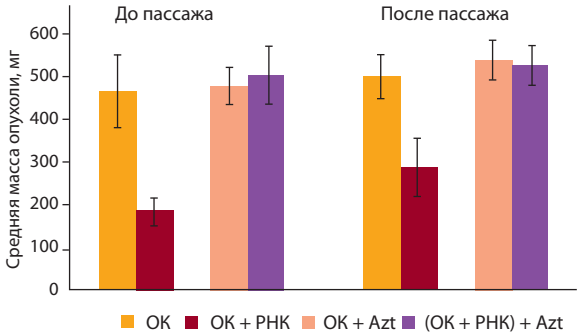


Рис. 2. Влияние Azt на антиген-модифицирующее действие поли-(A)$^+$мРНК (из: Николин и др., 1994)
Fig. 2. The influence of Azt on the antigen-modifying effect of poly-(A)$^+$mRNA (Nikolin et al., 1994)

низации мышей клетками лимфоузлов крыс Wistar. После абсорбции немодифицированными опухолевыми клетками мышиная антисыворотка проявляла значительную активность в отношении клеток лимфоузлов крыс Wistar, вызывая комплемент-зависимый лизис до 88 % клеток, а также в отношении модифицированных клеток (цитотоксический индекс 40–50 %), но не реагировала с опухолевыми клетками. В то же время абсорбция антисыворотки модифицированными клетками приводила к заметному снижению цитотоксического эффекта в отношении клеток лимфоузлов и полностью отменяла его в отношении модифицированных поли-(A)$^+$мРНК опухолевых клеток (табл. 2).

Таким образом, крысиная поли-(A)$^+$мРНК индуцирует на мышиных опухолевых клетках экспрессию антигенных структур, которые в норме в них не экспрессируются, но являются стандартными компонентами поверхностной мембраны клеток крысы. Это не противоречит современным данным об экспрессии в клетках пептидов, кодируемых мРНК при ее непосредственном взаимодействии с клетками. Неожиданно, что наличие на МОК крысиных антигенных структур регистрировали по данным цитотоксического теста не менее чем после 70 клеточных генераций (Николин и др., 1994). Аналогичный вывод можно сделать на основании результатов параллельных экспериментов, в которых исследовано влияние индуцированных поли-(A)$^+$мРНК изменений в клетках опухоли Кребс-2 на их рост при внутримышечной трансплантации мышам линии CBA. Использованная в экспериментах концентрация поли-(A)$^+$мРНК 20 мкг/мл приводила к торможению роста опухоли без предварительной иммунизации (рис. 1). При этом торможение роста опухоли наблюдали и при ее прививке модифицированными опухолевыми клетками после 38-го внутрибрюшинного пассажа на иммунодепрессированных циклофосфаном мышах. У мышей, которым для подавления иммунитета за 48 ч до прививки вводили циклофосфан (200 мг/кг), модифицированные опухолевые клетки росли так же, как немодифицированные, из чего следует, что поли-(A)$^+$мРНК не влияла на пролиферативные потенции опухолевых клеток и наблюдаемое торможение роста, очевидно, обусловлено иммунологической реакцией реципиента. Таким образом, согласно представленным результатам цитотоксического и трансплантационного тестов, индуцированные поли-(A)$^+$мРНК изменения в антигенной структуре опухолевых клеток сохраняются на протяжении многих клеточных генераций.

О сохранении новых биосинтетических особенностей у потомков клеток, обработанных РНК, сообщалось ранее в отдельных работах (Копылова-Свиридова и др., 1964; Ершов и др., 1976). Так, показано, что после обработки клеток опухоли L-1210 мРНК из клеток курицы, продуцирующих интерферон, опухолевые клетки становились продуцентами «куриного» интерферона, что, по мнению авторов, является результатом интеграции гена интерферона в геном чужеродного хозяина (Ершов и др., 1976). Подобное предположение также высказал А.В. Смирнов (1988) при обсуждении специфической функции и механизмов действия экзогенной РНК.

Возможно, информация, внесенная в клетки мРНК, закрепляется на генетическом уровне путем встраивания в геном обратного транскрипта. Для оценки такой возможности исследовано влияние ингибитора обратной транскрипции Azt (3′-Azido-3′-deoxythymidine, “Aldrich”) на эффект, вызываемый в опухолевых клетках поли-(A)$^+$мРНК. Известно, что Azt проникает в эукариотические клетки и эффективно подавляет в них размножение ретровирусов, использующих в своей репликации обратную транскриптазу (Nakashima et al., 1986; Ruprecht et al., 1986). Предполагалось, что если для проявления эффекта поли-(A)$^+$мРНК необходима обратная транскрипция, то Azt должен приводить к отмене эффекта. Для этого Azt в концентрации 20 мкМ вносили в суспензию клеток опухоли Кребс-2, отмытых после инкубации с поли-(A)$^+$мРНК, и инкубировали еще 15 мин при 37 °C. Модифицирующее действие поли-(A)$^+$мРНК, проявляющееся в значительном торможении роста внутримышечных трансплантатов опухоли, при воздействии Azt полностью отменялось (рис. 2). Признаки антигенной модификации отсутствовали и в следующих генерациях опухолевых клеток после их внутрибрюшинного пассажа на иммунодепрессированных циклофосфаном мышах. Это означает, что Azt не влияет на фенотипические проявления индуцированных

изменений – его блокирующее действие, очевидно, связано с нарушением начальных процессов, инициируемых в клетках экзогенной поли-(A)$^+$мРНК.

Приведенные данные свидетельствуют об участии обратной транскрипции в амплификации эффекта поли-(A)$^+$мРНК. Известно, что в опухолевых клетках млекопитающих источником обратной транскриптазы являются полноразмерные элементы *LINE-1*, кодирующие собственный фермент обратную транскриптазу (Rosser et al., 2012; Sciamanna et al., 2013). Эта обратная транскриптаза инициирует обратную транскрипцию мРНК ретроэлементов, образуя гибриды РНК:ДНК. *LINE-1* хорошо экспрессируются в раковых клетках и слабо – в нормальных (Sciamanna et al., 2013). Вероятно, интернализация в опухолевые клетки поли-(A)$^+$мРНК служит сигналом для ее обратной транскрипции в кДНК, которая, встраиваясь в геном, передается следующим поколениям опухолевых клеток. Это предположение в определенной степени умозрительно, но факт, свидетельствующий об обратной транскрипции гетерологичной поли-(A)$^+$мРНК в опухолевых клетках, нуждается в исследовании конкретных механизмов этого процесса вследствие возможного существенного общебиологическое значения, а также в связи с расширением экспериментальной сферы применения мРНК при различных заболеваниях.

Изменение резистентности облученных мышей к трансплантируемым кроветворным клеткам, модифицированным препаратами РНК

С помощью препаратов высокополимерной РНК, обладающей способностью вызывать специфические изменения в антигенной структуре опухолевых клеток, исследована принципиальная возможность регуляции резистентности реципиента к трансплантируемым кроветворным клеткам путем их направленной антигенной модификации (Николин и др., 2000). Для сохранения резистентности к аллотрансплантатам костного мозга (КМ) мышей облучали не абсолютно летальными дозами.

В табл. 3 приведены результаты трансплантации мышам линий A/He и CC57BR клеток сингенного КМ, подвергавшихся воздействию РНК из печени мышей той же линии, что и реципиент (сингенная РНК), или другой линии (аллогенная РНК).

Обработка клеток сингенного КМ сингенной РНК не влияет на их способность защищать животных от радиационной гибели, о чем можно судить по 7–90-дневной выживаемости мышей. В отличие от этого клетки, обработанные аллогенной РНК, не проявляют защитного эффекта. Это значит, что кроветворные клетки, обработанные аллогенной РНК, подвергаются инактивации в сингенном реципиенте. Аллотрансплантация КМ мышам, облученным в среднелетальной дозе, также неэффективна вследствие сохранения у реципиентов резистентности к аллогенным гемопоэтическим стволовым клеткам и их отторжения (Masouridi-Levrat et al., 2016). Приживление клеток аллогенного КМ, судя по защитному эффекту, отмечено только в случае их инкубации с РНК мышей линии-реципиента. Для приживления клеток интактного аллогенного КМ, обеспечивающего сходную 30-дневную выживаемость, требовалась абсолютно летальная доза облучения реципиентов (7.4 Гр), при этом все мыши, пережившие «острый» период, к 60-м сут погибали с признаками хронической реакции «трансплантат против хозяина».

Результаты, свидетельствующие о снижении резистентности реципиентов к аллогенным клеткам КМ, обработанным реципиентской РНК, также получены в другой аллогенной комбинации C3H (H-2k) → BALB/c (H-2d), а также при трансплантации мышам крысиного КМ (Николин и др., 2000).

Предполагается, что изменение антигенного фенотипа трансплантируемых гемопоэтических стволовых клеток – экспрессии антигенов линии-донора РНК – оказывает специфическое влияние как на эффективность их взаимодействия с кроветворным микроокружением хозяина, так и эффекторную функцию клеток резистентности (Галактионов, Горбачева, 1980).

Влияние препарата ксеногенной РНК на резистентность мышей к спонтанной опухоли

Способность РНК менять антигенные свойства опухолевых клеток указывает на возможность повышения противоопухолевой резистентности мышей в механизме влияния препаратов РНК на рост спонтанной опухоли. Для исследования этой возможности использованы мыши высокораковой линии C3H/He со спонтанными опухолями молочной железы. Иммунизирующим материалом служила гепатома ГА-1, клетки которой для индукции в них ксеноантигенов инкубировали с РНК печени крупного рогатого скота. Эта опухоль линейноспецифическая и не растет на мышах C3H/He. Она слабо иммуногенна, но в то же время иммунизация модифицированными РНК клетками этой опухоли индуцировала у сингенных мышей резистентность к последующей ее прививке аналогичным образом модифицированными клетками (Николин, 1980).

В рассматриваемом эксперименте у мышей-самок спонтанно возникшие опухоли, достигшие 8 мм в диаметре, удаляли и всех оперированных мышей распределяли по группам. В день операции двум группам мышей подкожно с целью иммунизации инокулировали по 200 мкл 40 % взвеси клеток аллогенной опухоли ГА-1, предварительно инкубированной с суммарным препаратом РНК из печени крупного рогатого скота. Спустя 7 дней одной группе мышей ежедневно в течение 10 дней внутрибрюшинно вводили по 10 мг препарата РНК в 500 мкл физиологического раствора, другой группе – только физиологический раствор. В табл. 4 представлены результаты эксперимента через 50 дней после его начала.

Достоверное снижение частоты появления вторичных опухолей и существенное торможение их роста (63.6 %) происходило только в случае, если инъекциям препарата РНК предшествовала «иммунизация» модифицированными РНК клетками гепатомы (см. табл. 4). По аналогии с результатами, полученными при инкубации опухолевых клеток с поли-(A)$^+$мРНК, можно предположить, что препараты РНК при их внутрибрюшинном введении также способны менять антигенные свойства клеток спонтанной опухоли в условиях ее естественного возникновения и роста. Однако для этого мРНК должна накапливаться в опухолевой ткани. Как это происходит на самом деле, неизвестно. Возможно, при создании высокой концентрации молекул мРНК в орга-

Таблица 3. Выживаемость облученных мышей после трансплантации сингенного или аллогенного КМ, обработанного препаратами сингенной или аллогенной РНК (по: Николин и др., 2000)
Table 3. Survival of irradiated mice after transplantation of syngenic or allogeneic BM treated with syngenic or allogeneic RNA preparations (Nikolin et al., 2000)

Линия мышей, доза облучения	Группа	Трансплантация	Число мышей	Выживаемость по дням, %					
				7	14	21	30	60	90
A/He, 5.4 Гр.	1	–	19	74	42	32	16	16	16
	2	КМ A/He	19	100	89	84	79	68	68
	3	КМ A/He + РНК A/He	20	100	90	80	70	60	60
	4	КМ A/He + РНК C57BR	20	75	40	30	25*	20*	20
CC57BR, 7.9 Гр.	1	–	20	85	20	20	20	20	20
	2	КМ CC57BR	20	100	90	70	70	70	70
	3	КМ + РНК CC57BR	20	100	100	80	80	80	80
	4	КМ + РНК A/He	20	75	50	50	25*	25*	25*
A/He, 4.7 Гр.	1	–	63	100	61	54	54	54	54
	2	КМ CC57BR	69	99	69	51	51	51	47
	3	КМCC57BR + РНК CC57BR	20	95	60	60	50	50	50
	4	КМ CC57BR + РНК A/He	20	100	100	100	95**	90	90*
A/He, 7.4 Гр	1	–	10	10	70	0			
	2	КМ CC57BR	10	10	100	100	100	90	0

Примечание. КМ + РНК – клетки КМ, инкубированные с РНК печени соответствующей линии мышей. Мышей-реципиентов облучали Х-лучами на RUP-150/300-10-1 при мощности дозы 0.47 Гр/мин. Статистически достоверные различия между группами 4–2: * $p < 0.01$; ** $p < 0.001$

Таблица 4. Влияние иммунизации модифицированными клетками ГА-1 на возникновение и рост вторичных опухолевых узлов у мышей C3H/He после удаления спонтанных опухолей и введения препарата гетерологичной РНК (из: Николин и др., 1974)
Table 4. Effect of immunization with modified GA-1 cells on the occurrence and growth of secondary tumor nodes in C3H/He mice after removal of spontaneous tumors and administration of a heterologous RNA preparation (Nikolin et al., 1974)

Группа	Иммунизация	Воздействие	Возникновение опухолей		Средний вес опухолей, г
			число мышей	%	
1	–	Физраствор	37/40	92.5	1.1 ± 0.18
2	–	РНК	14/16	87.5	1.8 ± 0.45
3	ГА + РНК	Физраствор	9/11	81.8	1.0 ± 0.22
4	ГА + РНК	РНК	9/16*	56.2	0.4 ± 0.14**

Примечание. ГА + РНК – клетки опухоли ГА-1, инкубированные с РНК. Концентрация препарата РНК в инкубационной смеси составляла 5 мг/мл. Достоверность различий с контролем: * $p < 0.05$; ** $p < 0.001$

низме часть из них в ассоциации с белком или липопротеином может избежать ферментативного разрушения (Rykova et al., 1994; Pös et al., 2018) и захватываться опухолевыми клетками в биологически активной форме. С другой стороны, при внутрибрюшинном введении гетерологичной РНК основная ее часть (в том числе мРНК) депонируется в печени, как это показано для мРНК при ее системном введении в составе липидных наночастиц (Zhu et al., 2019). При этом в основном в печени происходит и трансляция вводимой мРНК (Pardi et al., 2015). Кроме того, как следует из данных работы M. Maugeri и коллег (2019), клетки, которые эндоцитировали мРНК, секретируют внеклеточные пузырьки (экзосомы), содержащие мРНК, что может служить механизмом доставки мРНК между клетками. В настоящее время известными естественными носителями РНК являются экзосомы, которые не только защищают РНК от деградации, но и могут доставлять ее в клетки-мишени (Valadi et al., 2007). Можно предположить, что вводимая парентерально мРНК мышам со спонтанной опухолью доставляется в опухолевую ткань в ассоциации с экзосомами, секретируемыми клетками печени. Также не исключено наличие факторов, участвующих в доставке РНК в определенные ткани. Так, антимикробный пептид LL37 может связываться с РНК, высвобождаемой из клеток, защищать ее от внеклеточной деградации и транспортировать в эндосомальные компартменты дендритных клеток (Ganguly et al., 2009). Однако все эти предположения, а также возможность изменения антигенных свойств клеток спонтанной опухоли при внутрибрюшинном введении препаратов РНК нуждаются в экспериментальном подтверждении. Вместе с тем независимо от механизмов наблюдаемого

эффекта следует признать, что в рассматриваемом эксперименте впервые показана возможность эффективной иммунотерапии спонтанной опухоли с использованием ксеногенной РНК.

Заключение

Инкубация клеток мышиной опухоли с поли-$(A)^+$мРНК печени крыс значительно повышает их иммуногенность, что, согласно результатам цитотоксического и трансплантационного тестов, связано с появлением в опухолевых клетках крысиных антигенных структур, способных стимулировать противоопухолевую активность иммунной системы. В результате в эксперименте на мышах высокораковой линии впервые продемонстрирована возможность эффективной иммунотерапии спонтанной опухоли с использованием ксеногенной РНК. Хотя в работах нет прямых доказательств того, что экспрессия в опухолевых клетках чужеродных антигенов представляет собой результат трансляции мРНК, повышение иммуногенности клеток опухоли указывает на возможность использования ксеногенной мРНК как одного из вариантов противоопухолевой иммунотерапии.

Вместе с тем изменения в антигенной структуре опухолевых клеток, индуцированные поли-$(A)^+$мРНК, могут сохраняться на протяжении многих клеточных генераций, что связано с обратной транскрипцией поли-$(A)^+$мРНК, детерминирующей в клетках синтез ксеноантигена. Этот факт является важным с общебиологической точки зрения, но в то же время указывает на возможность инсерционного мутагенеза ограничивать клиническое применение указанной мРНК. Дальнейшее исследование этого вопроса поможет выяснить, в каких клетках происходит обратная транскрипция экзогенной мРНК – только в опухолевых или и в нормальных.

Другой важной, но неисследованной особенностью экзогенной высокополимерной РНК служит ее модулирующее влияние на приживление у облученных мышей трансплантатов костного мозга. Показано, что в зависимости от источника используемой РНК можно индуцировать резистентность реципиентов к сингенным либо, наоборот, снизить резистентность к алло- или ксеногенным клеткам костного мозга. По-видимому, эта зависимость согласуется со способностью РНК вызывать специфические изменения в антигенной структуре гемопоэтических стволовых клеток – появление антигенов, свойственных донору РНК. Такие изменения в трансплантируемых гемопоэтических стволовых клетках могут оказывать специфическое влияние как на эффективность их взаимодействия с кроветворным микроокружением хозяина, так и эффекторную функцию клеток резистентности.

Приведенные в настоящей обзорной статье результаты дают основание полагать, что исследование естественных РНК с применением современных биотехнологий позволит выявить их новые функциональные особенности и наиболее эффективные пути создания лекарственных препаратов на основе РНК.

Список литературы / References

Беляев Д.К., Мартынова Р.П., Матиенко Н.А., Роничевская Г.М., Салганик Р.И. Влияние парентерального введения рибонуклеопротеидов из тканей мышей низкораковой и высокораковой линии на спонтанные опухоли молочной железы мышей высокораковых линий А и С3Н. *Докл. АН СССР.* 1966;169(3):728-730.
[Beliaev D.K., Martynova R.P., Matienko N.A., Ronichevskaia G.M., Salganik R.I. Effect of parenteral administration of ribonucleoproteins from tissues of low-cancerous and high-cancerous mice strains on spontaneous mammary gland neoplasms in mice of the high-cancerous strains A and C3H. *Doklady Akademii Nauk SSSR = Proceedings of the USSR Academy of Sciences.* 1966;169(3):728-730. (in Russian)]

Галактионов В.Г., Горбачева Л.Д. Преодоление несингенных отношений между взаимодействующими клетками лимфо-миелоидного комплекса с помощью аллогенной РНК. *Журнал общей биологии.* 1980;41(4):532-546.
[Galaktionov V.G., Gorbacheva L.D. Overcoming nonsyngenic relations among interacting lympho-myeloid complex cells by using "allogenic" RNA. *Zhurnal Obshchey Biologii*. 1980;41(4):532-546. (in Russian)]

Ершов Ф.И., Тазулахова Е.Б., Соколова Т.М., Кадирова А.А., Новохатский А.С. Выделение мРНК для интерферона и ее интеграция в геном чужеродного хозяина. *Вопросы вирусологии.* 1976;6:707-713.
[Ershov F.I., Tazulakhova E.B., Sokolova T.M., Kadyrova A.A., Novokhatskiĭ A.S. Isolation of the mRNA for interferon and its integration into the genome of a foreign host. *Voprosy Virusologii = Problems of Virology*. 1976;6:707-713. (in Russian)]

Ильдуганова Н.А., Блинова Н.Н., Мертвецов Н.П. Выделение матричной РНК из полирибосом из печени крыс путем аффинной хроматографии на поли-U-сефарозе 4В. *Известия СО АН СССР. Серия химических наук.* 1977;3(15):72-80.
[Il'duganova N.A., Blinova N.N., Mertvetsov N.P. Isolation of matrix RNA from polyribosomes from the liver of rats by affine chromatography on poly-U-sepharosis 4B. *Izvestiya SO AN SSSR. Seriya Khimicheskikh Nauk*. 1977;3(15):72-80. (in Russian)]

Копылова-Свиридова Т.Н., Немчинская В.Л., Фель В.Я., Оленов Ю.М. Синтез органоспецифического антигена печени клетками перевиваемой крысиной лимфосаркомы под влиянием РНК, выделенной из печени крыс. *Цитология.* 1964;6(4):501-504.
[Kopylova-Sviridova T.N., Nemchinskaia V.L., Fel V.Ia., Olenov Iu.M. The synthesis of organ-specific liver antigens by rat transplantable lymphosarcoma cells under the influence of at liver RNA. *Tsitologiia.* 1964;6(4):501-504. (in Russian)]

Матиенко Н.А., Роничевская Г.М., Мартынова Р.П., Беляев Д.К., Салганик Р.И. Влияние различных препаратов гетерологичной РНК на рост спонтанных опухолей молочных желез у мышей линий А и С3Н. *Известия СО АН СССР. Серия биологических наук.* 1970;1(5):102-108.
[Matienko N.A., Ronichevskaia G.M., Martynova R.P., Beliaev D.K., Salganik R.I Effect of various heterologous RNA preparetions on the growth of spontaneous tumors breast in mice of lines A and C3H. *Izvestiya SO AN SSSR. Seriya Biologicheskikh Nauk*. 1970;1(5):102-108. (in Russian)]

Николин В.П. Влияние препарата гетерологичной РНК на антигенные свойства опухолевых клеток. В: Гетерогенизация опухолей. Рига: Зинатне, 1980;118-125.
[Nikolin V. Effect of heterologous RNA preparation upon antigenic properties of tumor cells. In: Heterogenization of tumors. Riga: Zinatne, 1980;118-125. (in Russian)]

Николин В.П., Ильницкая С.И., Вишниветский С.Н., Мертвецов Н.П. Влияние экзогенной poly$(A)^+$mRNA на антигенные свойства и рост клеток опухоли Кребс-2. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.* 1992;113(3):301-303.
[Nikolin V.P., Il'nitskaia S.I., Vishnivetskiĭ S.N., Mertvetsov N.P. Effects of exogenous poly$(A)^+$ mRNA on antigenic properties and growth of Krebs-2 tumor cells. *Byulleten' Eksperimental'noy Biologii i Meditsiny = Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 1992;113(3):301-303. (in Russian)]

Николин В.П., Ильницкая С.И., Грунтенко Е.В., Томсонс В.П. Появление новых трансплантационных антигенов в опухолевых клетках, обработанных препаратами РНК. *Экспериментальная онкология.* 1984;6(1):42-47.
[Nikolin V.P., Il'nitskaia S.I., Gruntenko E.V., Tomsons V.P. Appearance of new transplantation antigens in tumor cells treated with RNA. *Eksperimental'naya Onkologiya = Experimental Oncology.* 1984;6(1):42-47. (in Russian)]

Николин В.П., Ильницкая С.И., Попова Н.А., Каракин Е.И. Резистентность тотально облученных мышей к трансплантированным

кроветворным клеткам, модифицированным РНК. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2000;129(6):672-676. DOI 10.1007/BF02434880.
[Nikolin V.P., Il'inskaya S.I., Popova N.A., Karakin E.I. Resistance of mice exposed to whole-body irradiation to transplanted hemopoietic cells modified with RNA. *Byulleten' Eksperimental'noy Biologii i Meditsiny = Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2000;129(6):672-676. DOI 10.1007/BF02434880. (in Russian)]

Николин В.П., Ильницкая С.И., Попова Н.А., Мертвецов Н.П. Индукция наследуемых изменений в антигенной структуре опухолевых клеток экзогенной поли-(A)$^+$мРНК. *Экспериментальная онкология*. 1994;16:335-341.
[Nikolin V.P., Ilnitskaya S.I, Popova N.A, Mertvetsov N.P. Induction of heritable alterations in the antigenic structure of tumor cells by exogenous poly-(A)$^+$mRNA. *Eksperimental'naya Onkologiya = Experimental Oncology*. 1994;16:335-341. (in Russian)]

Николин В.П., Матиенко Н.А., Беляев Д.К. Влияние препарата РНК на иммунитет к спонтанной опухоли у мышей линии C3H/He. *Докл. АН СССР*. 1974;215(3):718-720.
[Nikolin V.P., Matienko N.A., Beliaev D.K. Effect of an RNA preparation on immunity to spontaneous tumors in C3H-He mice. *Doklady Akademii Nauk SSSR = Proceedings of the USSR Academy of Sciences*. 1974;215(3):718-720. (in Russian)]

Николин В.П., Томсонс В.П., Веревкина К.Н., Беляев Д.К. Высокополимерная ксеногенная РНК как стимулятор противоопухолевого иммунитета. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*.1980;90(8):199-201.
[Nikolin V.P., Tomsons V.P., Verevkina K.N., Beliaev D.K. High-polymeric xenogenic RNA as an antitumor immunity stimulator. *Byulleten' eksperimental'noy Biologii i Meditsiny = Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 1980;90(8):199-201. (in Russian)]

Смирнов А.В. Специфические эффекты и возможные механизмы действия экзогенных РНК. *Успехи современной биологии*. 1988;106(4):20-36.
[Smirnov A.V. Specific effects and possible mechanisms of action of exogenous RNA. *Uspekhi Sovremennoy Biologii*. 1988;106(4):20-36. (in Russian)]

Федянина Л.Н., Беседнова Н.Н., Эпштейн Л.М., Каленик Т.К., Блинов Ю.Г. Лекарственные препараты и биологически активные добавки к пище на основе нуклеиновых кислот различного происхождения. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2007;4:9-12.
[Fedyanina L.N., Besednova N.N., Epstein L.M., Kalenik T.K., Blinov Yu.G.. Various nucleic acids-containing drugs and dietary supplements. *Pacific Medical Journal*. 2007;4:9-12. (in Russian)]

Amos H., Kearns K.E. Synthesis of 'bacterial' protein by cultured chick cells. *Nature*. 1962;25(195):806-88. DOI 10.1038/195806a0.

Ganguly D., Chamilos G., Lande R., Gregorio J., Meller S., Facchinetti V., Homey B., Barrat F.J., Zal T., Gilliet M. Self-RNA-antimicrobial peptide complexes activate human dendritic cells through TLR7 and TLR8. *J. Exp. Med*. 2009;206(9):1983-1994. DOI 10.1084/jem.20090480.

Gorer P.A., O'Gorman P. The cytotoxic activity of isoantibodies in mice. *Transpl. Bull*. 1956;3(14):142-143.

Kariko K., Muramatsu H., Welsh F.A., Ludwig J., Kato H., Akira S., Weissman D. Incorporation of pseudouridine into mRNA yields superior nonimmunogenic vector with increased translational capacity and biological stability. *Mol. Ther*. 2008;16:1833-1840. DOI 10.1038/mt.2008.200.

Kirby K.S. A new method for the isolation of ribonucleic acids from mammalian tissues. *Biochem. J*. 1956;64(3):405-408. DOI 10.1042/bj0640405.

Masouridi-Levrat S., Simonetta F., Chalandon Y. Immunological basis of bone marrow failure after allogeneic hematopoietic stem cell transplantation. *Front. Immunol*. 2016;7:362. DOI 10.3389/fimmu.2016.00362.

Maugeri M., Nawaz M., Papadimitriou A., Angerfors A., Camponeschi A., Na M., Hölttä M., Skantze P., Johansson S., Sundqvist M., Lindquist J., Kjellman T., Mårtensson I.L., Jin T., Sunnerhagen P., Östman S., Lindfors L., Valadi H. Linkage between endosomal escape of LNP-mRNA and loading into EVs for transport to other cells. *Nat. Commun*. 2019;10:4333-4348. DOI 10.1038/s41467-019-12275-6.

Miao L., Zhang Y., Huang L. mRNA vaccine for cancer immunotherapy. *Mol. Cancer*. 2021;20:41-64. DOI 10.1186/s12943-021-01335-5.

Nakashima H., Matsui T., Harada S., Kobayashi N., Matsuda A., Ueda T., Yamamoto N. Inhibition of replication and cytopathic effect of human T cell lymphotropic virus type III/lymphadenopathy-associated virus by 3'-azido-3'-deoxythymidine *in vitro*. *Antimicrob. Agents Chemother*. 1986;30(6):933-937. DOI 10.1128/AAC.30.6.933.

Niu M.C., Cordova C.C., Niu L.C., Radbill C.L. Rna-induced biosynthesis of specific enzymes. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 1962;48(11):1964-1969. DOI 10.1073/pnas.48.11.1964.

Pardi N., Tuyishime S., Muramatsu H., Kariko K., Mui B.L., Tam Y.K., Madden T.D., Hope M.J., Weissman D. Expression kinetics of nucleoside-modified mRNA delivered in lipid nanoparticles to mice by various routes. *J. Control Release*. 2015;217:345-351. DOI 10.1016/j.jconrel.2015.08.007.

Pös O., Biró O., Szemes T., Nagy B. Circulating cell-free nucleic acids: characteristics and applications. *Eur. J. Hum. Genet*. 2018;26(7):937-945. DOI 10.1038/s41431-018-0132-4.

Rosser J.M., An W. L1 expression and regulation in humans and rodents. *Front. Biosci. (Elite Ed.)*. 2012;4(6):2203-2225. DOI 10.2741/537.

Ruprecht R.M., O'Brien L.G., Rossoni L.D., Nusinoff-Lehrman S. Suppression of mouse viraemia and retroviral disease by 3'-azido-3'-deoxythymidine. *Nature*. 1986;323(6087):467-469. DOI 10.1038/323467a0.

Rykova E.Y., Pautova L.V., Yakubov L.A., Karamishev V.N., Vlassov V.V. Serum immunoglobulins interact with oligonucleotides. *FEBS Lett*. 1994;344:96-98. DOI 10.1016/0014-5793(94)00360-2.

Sciamanna I., Gualtieri A., Cossetti C., Osimo E.F., Ferracin M., Macchia G., Aricò E., Prosseda G., Vitullo P., Misteli T., Spadafora C. A tumor-promoting mechanism mediated by retrotransposon encoded reverse transcriptase is active in human transformed cell lines. *Oncotarget*. 2013;4(12):2270-2287. DOI 10.18632/oncotarget.1403.

Tuohimaa P., Segal S.J., Koide S.S. Induction of avidin synthesis by RNA obtained from chick oviduct. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 1972;69(10):2814-2817. DOI 10.1073/pnas.69.10.2814.

Valadi H., Ekström K., Bossios A., Sjöstrand M., Lee James J., Lötval J.O. Exosome-mediated transfer of mRNAs and microRNAs is a novel mechanism of genetic exchange between cells. *Nat. Cell. Biol*. 2007;9(6):654-659. DOI 10.1038/ncb1596.

Van der Jeught K., Van Lint S., Thielemans K., Breckpot K. Intratumoral delivery of mRNA: Overcoming obstacles for effective immunotherapy. *Oncoimmunology*. 2015;4(5):e1005504. DOI 10.1080/2162402X.2015.1005504.

Van Hoecke L., Verbeke R., Dewitte H., Lentacker I., Vermaelen K., Breckpot K., Van Lint S. mRNA in cancer immunotherapy: beyond a source of antigen. *Mol. Cancer*. 2021;20(1):48. DOI 10.1186/s12943-021-01329-3.

Weide B., Carralot J.P., Reese A., Scheel B., Kurt E.T., Hoerr I., Rammensee H.G., Garbe C., Pascolo S. Results of the first phase I/II clinical vaccination trial with direct injection of mRNA. *J. Immunother*. 2008;31(2):180-188. DOI 10.1097/CJI.0b013e31815ce501.

Wolff J.A., Malone R.W., Williams P., Chong W., Acsadi G., Jani A., Felgner P.L. Direct gene transfer into mouse muscle *in vivo*. *Science*. 1990;247(4949 Pt. 1):1465-1468. DOI 10.1126/science.1690918.

Xiong Q., Lee G.Y., Ding J., Li W., Shi J. Biomedical applications of mRNA nanomedicine. *Nano Res*. 2018;11(10):5281-5309. DOI 10.1007/s12274-018-2146-1.

Zhu X., Yin L., Theisen M., Zhuo J., Siddiqui S., Levy B., Presnyak V., Frassetto A., Milton J., Salerno T., Benenato K.E., Milano J., Lynn A., Sabnis S., Burke K., Besin G., Lukacs C.M., Guey L.T., Finn P.F., Martini P.G.V. Systemic mRNA therapy for the treatment of fabry disease: preclinical studies in wild-type mice, fabry mouse model, and wild-type non-human primates. *Am. J. Hum. Genet*. 2019;104:625-637. DOI 10.1016/j.ajhg.2019.02.003.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 23.03.2022. После доработки 04.05.2022. Принята к публикации 06.05.2022.

Письма в ВАВИЛОВСКИЙ ЖУРНАЛ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ
Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding
2022 • 8 • 2 • 214-222

pismavavilov.ru
DOI 10.18699/LettersVJ-2022-8-10

Original article

Inexpensive protocol for single-cell X-chromosome inactivation analysis: *Xist* expression and H3K27me3 staining

I.E. Pristyazhnyuk[1], N.I. Meshcheryakov[2], A.G. Menzorov[1, 2] ✉

Abstract: The X-chromosome status is an important marker of mammalian cell embryonic differentiation. Both female X-chromosomes are transcriptionally active (Xa) at the blastocyst stage, then one of the X-chromosomes undergoes random inactivation (Xi). Naïve pluripotent stem cells have both Xa, while primed pluripotent stem cells and differentiated cells – XaXi. When pluripotent stem cells are generated from non-model species, it is important to analyze X-chromosome status, as well as pluripotency marker gene expression at the early stages, to minimize time and cost. Thus, the X-chromosome state may point to the pluripotency status of the newly derived pluripotent cells, and early analysis of pluripotency markers would facilitate the cell selection. We present two detailed protocols of X-chromosome inactivation analysis: a single-cell analysis based on cell lysis with subsequent reverse transcription PCR, and immunofluorescent H3K27me3 staining. The H3K27me3 staining marks transcriptionally inactive chromatin. The single-cell lysis for RNA isolation is performed in a small volume of PCR-compatible non-ionic detergents, Nonidet P-40 and Tween-20, with BSA. Subsequent cDNA synthesis is performed in the same tube. This method could be used for *Xist* amplification, as an early X-chromosome inactivation marker, as well as for other genes, such as *Rex1*, expressed in mammalian pluripotent cells. We have successfully applied those protocols for X-inactivation analysis in the American mink embryonic fibroblasts and three lines of induced pluripotent stem cells. Thus, the proposed protocols allow fast and inexpensive testing of pluripotency and X-inactivation markers on a single-cell level.
Key words: single cells; *Neovison vison*; American mink; *Xist*; *Rex1*; *HK1*; H3K27me3.

Acknowledgments: The reported study was funded by RFBR, project number 20-04-00369, and the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, state project FWNR-2022-0019. Cell lines are available at the Collective Center of ICG SB RAS "Collection of Pluripotent Human and Mammalian Cell Cultures for Biological and Biomedical Research" (https://ckp.icgen.ru/cells/; http://www.biores.cytogen.ru/icg_sb_ras_cell/).

For citation: Pristyazhnyuk I.E., Meshcheryakov N.I., Menzorov A.G. Inexpensive protocol for single-cell X-chromosome inactivation analysis: *Xist* expression and H3K27me3 staining. *Pisma v Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektsii = Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2022;8(2):214-222. DOI 10.18699/LettersVJ-2022-8-10

Оригинальное исследование

Экономичный протокол для анализа инактивации Х-хромосом: экспрессии *Xist* и иммунофлуоресцентной окраски H3K27me3

И.Е. Пристяжнюк[1], Н.И. Мещеряков[2], А.Г. Мензоров[1, 2] ✉

Аннотация: Статус Х-хромосомы – важный маркер дифференцировки клеток эмбриона млекопитающих. Обе Х-хромосомы самок транскрипционно активны (Xa) на стадии бластоцисты, затем одна из них проходит случайную инактивацию (Xi). В «наивных» плюрипотентных клетках обе Х-хромосомы активны, в «праймированных» – одна из Х-хромосом инактивирована. Также «наивные» плюрипотентные клетки в процессе дифференцировки становятся XaXi. При получении плюрипотентных стволовых клеток из немодельных организмов необходимо проводить анализ статуса Х-хромосомы и определять наличие экспрессии генов-маркеров плюрипотентности на ранних стадиях, чтобы минимизировать время и стоимость. Таким образом, статус Х-хромосомы может указать на тип плюрипотентности, а ранний анализ экспрессии генов-маркеров плюрипотентности упрощает селекцию клеток. Мы представляем два протокола для анализа инактивации Х-хромосомы на уровне единичных клеток.

[1] Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia
Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия
[2] Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia
Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск, Россия
✉ menzorov@bionet.nsc.ru
© Pristyazhnyuk I.E., Meshcheryakov N.I., Menzorov A.G., 2022

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0

Первый протокол основан на лизисе единичных клеток с последующей ПЦР с обратной транскрипцией, второй – на иммунофлуоресцентном окрашивании H3K27me3. H3K27me3 маркирует транскрипционно неактивный хроматин. Лизис единичных клеток для выделения РНК проводят в маленьком объеме совместимых с ПЦР неионных детергентов, Nonidet P-40 и Tween-20, и BSA с последующей наработкой кДНК в той же смеси. Этот метод выделения РНК может быть использован для последующей амплификации как раннего маркера инактивации Х-хромосомы, *Xist*, так и других генов, экспрессирующихся в плюрипотентных клетках млекопитающих, таких как *Rex1*. Мы успешно использовали протоколы для анализа инактивации Х-хромосом в эмбриональных фибробластах и трех линиях индуцированных плюрипотентных стволовых клеток американской норки. Таким образом, описанные протоколы позволяют выполнять быстрый и недорогой анализ маркеров плюрипотентности и инактивации Х-хромосомы на уровне единичных клеток.
Ключевые слова: single cells; *Neovison vison*; American mink; *Xist*; *Rex1*; *HK1*; H3K27me3.

Introduction

Random X-chromosome inactivation takes place in the early stages of mammalian embryonic development. The cells with naïve pluripotency, i.e. mouse embryonic stem (ES) cells isolated from the blastocysts of the 129 mouse strain have both X-chromosomes active (Xa) (Barakat et al., 2010). The primed pluripotent stem cells, such as human ES cells generated by the standard protocols, could have different states of X-chromosome inactivation, including the presence of inactivated X-chromosome (Xi) (Fan, Tran, 2011). Recently, mouse ES cell single-cell RNA-seq analysis revealed heterogeneity between X-chromosome status as well as some asynchronism between X-chromosome inactivation and cell differentiation (Chen et al., 2016). Thus, the status of X-chromosome inactivation may clarify the developmental stage of pluripotent cells, point to the beginning of the differentiation process, or in some cell types be heterogeneous.

We have previously produced American mink (*Neovison vison*) ES and induced pluripotent stem (iPS) cells (Menzorov et al., 2015). The majority of the female ES cell line cells were negative for the inactive chromatin marker H3K27me3, thus suggesting naïve pluripotency with both X-chromosomes in an active state. We produced XX American mink iPS cells to determine whether the iPS cells have similar X-chromosome status to the ES cells (Pristyazhnyuk, Menzorov, 2020).

Here we describe an inexpensive protocol for the express analysis of X-chromosome inactivation in single cells. We applied the protocol for the X-inactivation analysis in the American mink embryonic fibroblasts and iPS cells. The protocol is easily adaptable to assessing the expression of the other genes in single cells and the analysis of the various chromatin marks.

Applications of the method

The overview of the single-cell gene expression analysis protocol is presented in fig. 1, *a*. The overview of the immunofluorescent marker staining – in fig. 1, *b*.

The proposed protocols of single-cell RT-PCR and immunofluorescent analyzes are suitable for a variety of purposes. Qualitative expression of any gene at a single-cell level could be revealed with certain limitations. The protocol could be modified to allow quantitative analysis (see *Advantages and limitations*). The immunofluorescent analysis could be used for histone modification or other antigen studies.

In this article, we applied the protocols for X-chromosome inactivation study in American mink fibroblasts and iPS cells. In addition, the protocols are well suited for the analysis of the iPS cell colonies in the early stages of reprogramming. During the iPS cell derivation, it is difficult to select the pluripotent cell colonies. The expected colony morphology is well known for mouse, human, or American mink iPS cells. For the other species, such as the pinnipeds or fox there is no data. Gene expression analysis of such pluripotency markers as *Nanog* and *Rex1* (*Zfp42*) from colony pieces could allow selection of iPS-like cells without prolonged culture before the "standard" tests for pluripotency, such as the embryoid body formation and teratomas in immunodeficient mice.

Immunofluorescent analysis has numerous applications. We used it to reveal the histone modification of the Xi, H3K27me3 (Matveeva et al., 2017). The H3K27me3 histone modification is scarcely present throughout autosomes and Xa, but Xi possesses an excess of it. That marker is routinely used to assess X-chromosome inactivation in different mammalian species. We have previously shown that American mink XX ES cells (Menzorov et al., 2015) and XX iPS cells (Pristyazhnyuk, Menzorov, 2020) have up to 87 % XaXa cells, in compliance with their pluripotent status.

Comparison with other methods

There are numerous technologies for single-cell isolation, i.e. fluorescence-activated cell sorting, microfluidics, lab-on-a-chip devices, laser microdissection, random seeding and dilution, and manual cell picking (Gross et al., 2015). We selected manual cell picking for its affordability and relative simplicity. While most sophisticated methods allow the subsequent analysis of gene expression and other parameters in thousands of cells, manual cell picking is enough for studying the expression of several genes in tens of cells.

One of the principal problems is RNA loss during isolation from limited material. Single-cell RNA isolation could be performed by spin column-based kits, i.e. GenElute Single Cell RNA Purification Kit (Sigma-Aldrich, cat. no. RNB300) or PicoPure RNA Isolation Kit (Applied Biosystems, cat. no. KIT0204). Another option is a direct lysis method. We decided to choose the latter option and used modified PBND (PCR buffer with nonionic detergents) to lyse cells with the addition of BSA. The PBND is a buffer with non-ionic detergents compatible with PCR that was originally developed for tissue lysis (Higuchi, 1989). We used 0.1x concentration of PCR compatible non-ionic detergents Nonidet P-40 and Tween-20 from the original formulation and BSA (bovine serum albumin). Similar protocols of direct lysis with different concentrations of BSA (Svec et al., 2013) and BSA and Nonidet P-40 (Le et al., 2015) were previously reported. Compared to these protocols we also used random hexamers for the total cDNA synthesis, not the gene-specific primers.

The cDNA was synthesized by the standard protocol with a couple of modifications: low reaction volume and lack of DNase

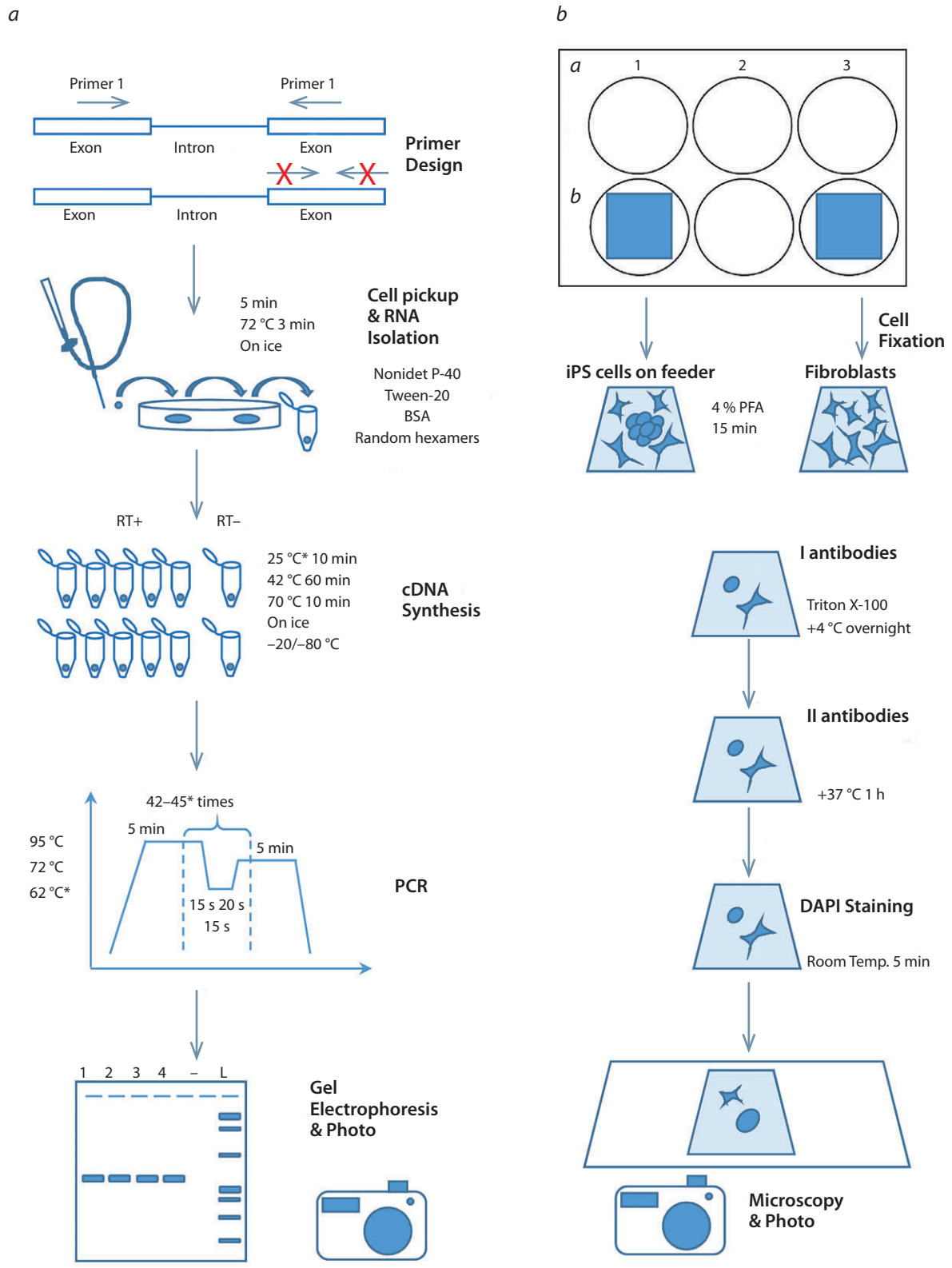


Fig. 1. Overview of the protocols.
a – single-cell gene expression analysis; *b* – immunofluorescent staining
* Those parameters should be determined experimentally

I treatment. The PCR was also performed under the standard conditions; we used Hot Start *Taq* DNA polymerase to prevent non-specific product formation.

There are many methods for Xi visualization in cell culture. Mainly, *Xist* transcript detection by the RNA fluorescent *in situ* hybridization (FISH). The *Xist* transcript is associated with the Xi and/or the nuclear matrix around it (Brown et al., 1992; Clemson et al., 1996). In addition, loss of such Xa-associated histone modifications as H3K9 acetylation and H3K4 methylation (Heard et al., 2001; Goto et al., 2002; Okamoto et al., 2004), and Xi-associated H3K9me2, H4K20me1, and H3K27me3 (Heard et al., 2001; Plath et al., 2003; Silva et al., 2003; Kohlmaier et al., 2004; Okamoto et al., 2004) are detected by immunofluorescence. The later ones are among the earliest events in the X-chromosome inactivation process after *Xist* transcript accumulation. The most widely studied repressive marks on the Xi chromosome are methylation of H3 lysine 9 (H3K9me2) and 27 (H3K27me3). H3K27me3 tends to be enriched on Xi, while H3K9me2 marks "inactive" more widely (Rougeulle et al., 2004; Marks et al., 2009). We identified Xi by the H3K27me3 immunofluorescent staining.

Advantages and limitations

The main advantages of the RT-PCR protocol are its affordability and simplicity. The direct lysis solution and other reagents are inexpensive compared to spin column-based kits. Manual cell picking is also affordable, though laborious.

The first limitation of the method is that the number of analyzed genes is limited to two or three. The cDNA volume is 5 µl, which is enough for one to three PCR. Further dilution may result in false-negative results due to the nonhomogeneous distribution of the low copy cDNA molecules. The single-cell whole-genome amplification would allow amplification of numerous transcripts, but that approach is beyond the scope of that article.

The second limitation is the qualitative "yes or no" results of the gene expression analysis. The quantitative PCR (qPCR) or its modification Droplet Digital PCR (ddPCR) would allow (semi) quantitative gene expression analysis. The "real" quantitative analysis of a gene expression is probably not achievable, as the RNA reverse transcription process efficiency varies.

The multiplex PCR of the whole cDNA volume should solve the problem of cDNA loss after the dilution. In our experience, multiplex PCR for two gene transcripts had not produced reliable results either due to a different initial number of cDNA copies or different primer annealing efficiency. To overcome that limitation fluorescent probe-based qPCR may be performed.

The third limitation is omitting the DNase I treatment, thus genomic DNA remains in the solution. The reason is that EDTA-based DNase I inactivation makes undiluted cDNA solution toxic for the *Taq* DNA polymerase and the dilution would lead to false-negative results. To overcome that drawback we propose to design primers for different exons of the gene of interest to prevent genomic DNA amplification or for distinguishing between cDNA and genomic DNA. This primer design approach does not always work. For instance, it appeared that the American mink *Hprt1* gene has an expressed pseudogene, and thus it is impossible to use it as an RT-PCR control. We used *HK1* housekeeping gene as an RT-PCR control for the XY fibroblasts. *HK1* does not have pseudogenes in human, mouse, and dog genomes (McDonell, Drouin, 2012); based on our data the same is true for American mink.

We had successfully extracted RNA and performed RT-PCR from the cell colonies of about 100 cells. Given the sensitivity of the method, it is possible to use DNase I with EDTA inactivation with a subsequent 10x dilution to remove EDTA toxicity. Similar protocols report successful usage of the direct lysis method for up to 512 (Svec et al., 2013) or about 1000 cells (Le et al., 2015).

The single-cell RNA-seq analysis outperforms RT-PCR in the number of genes as it allows to analyze expression of the majority of the highly expressed transcripts. On the other hand, when there are just a few genes of interest, RT-PCR is undoubtedly more cost-effective.

The immunofluorescent analysis of the cells on the coverslip allows the spatial analysis of X-chromosome status depending on the location inside or outside of the colony. Cells at the colony border may be differentiated and, thus, have XiXa status. The main limitation is a low permeability of multilayer colonies for the antibodies that result in a difference in the cell staining. Another protocol could be used to solve that problem. The cytocentrifugation spreads cells and facilitates access for antibodies. It also allows concentrating the cells approximately twenty-fold on the small spot of about 5 mm^2 (Jones, Cornbleet, 1997). That enables using very little cell amount, however, the centrifuge procedure also distorts the cell morphology making most of the cells similar to each other. As the iPS cells are cultures on feeder cells, after the centrifugation iPS and feeder cell nuclei would not be distinguishable. For immunofluorescent staining with antibodies against H3K27me3 Xi markers, both methods of cell preparation could be used with the fibroblasts cell culture if permeabilization is performed before the fixation procedure. Such procedure could not be used for the American mink iPS cells, as cells were massively detaching from the coverslip. Therefore, cytocentrifugation could be used for the American mink fibroblasts, but not for the iPS cells.

Experimental design

Primer design

The protocol overview is presented in fig. 1. The general guidelines for various application primer design are available (PCR Primer Design, 2015). We used Primer-BLAST software (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast/; Ye et al., 2012) to design primers for the American mink *Rex1*, *Xist*, and *HK1* genes. As the isolated RNA is not treated with DNase I, the primers and genes of interest should comply with the following criteria:

a) The primers are located in different exons of the gene of interest;

b) There are no pseudogenes with DNA amplification PCR product that has the same length as the cDNA product;

c) There are no expressed pseudogenes.

The primer pairs should be tested in advance on species-specific DNA, cDNA synthesized from DNase I treated RNA, and single-cell "cDNA" without reverse transcriptase treatment. There should be no PCR products from the DNA with the same length as for cDNA (pseudogene DNA amplification). The amplification from cDNA synthesized from DNase I treated RNA indicates pseudogene expression, thus contamination of desired

gene expression is expected. Finally, PCR of lysed cells that were subjected to all steps of the protocol except reverse transcriptase treatment is necessary to demonstrate the absence of contamination.

RNA isolation, cDNA synthesis, and PCR

Primers for cDNA synthesis are included in a 1x cell lysis buffer to minimize the number of steps. We used random hexamers for the total RNA conversion, as one of the genes of interest, *Xist*, does not have a poly(A) tail. If you need to analyze the expression of relatively short genes, oligo(dT) primers could be used. In the case of a single gene expression analysis, gene-specific primers are a good option.

Cells without reverse transcriptase treatment should be included in an experiment as a negative control.

The single-cell first-strand cDNA synthesis is performed according to the manufacturer's protocol with slight modifications, such as the decrease of the total reaction volume and the usage of the cell lysis buffer instead of RNA solution. The PCR is also performed according to the manufacturer's protocol with the decrease of the reaction volume.

Immunofluorescent analysis

The immunofluorescent analysis was performed according to the standard procedure (Matveeva et al., 2017). American mink fibroblasts were grown on the coverslips. Mink iPS cells were seeded on the feeder cells prepared from the mitomycin-treated embryonic fibroblasts (CD-1 mouse strain) (Menzorov et al., 2015). The feeder cells served as an inner control of the staining. Since mouse fibroblasts were a mixture of male and female cells, we observed the big nuclei with and without inactive histone marks surrounding tightly packed iPS cell colonies with smaller nuclei. Thus, both positive and negative control was present on the coverslips with fixed iPS cells.

Materials

Biological materials

- American mink embryonic fibroblasts NV4 (XY) and NV5 (XX) (embryos were provided by O.V. Trapezov, ICG SB RAS, Novosibirsk, Russia).
- American mink induced pluripotent stem cells iNV1XX1, iNV2XX5, and iNV5XX2 (Pristyazhnyuk, Menzorov, 2020).

The cell lines are available at the Collective Center of ICG SB RAS "Collection of Pluripotent Human and Mammalian Cell Cultures for Biological and Biomedical Research" (https://ckp.icgen.ru/cells/; http://www.biores.cytogen.ru/brc_cells/collections/ICG_SB_RAS_CELL).

Reagents

The reagents could be substituted by analogs from different producers.

- 0.2-ml PCR tubes (Axygen, cat. no. PCR-02-C)
- Phosphate Buffered Saline (PBS) Tablets (Amresco, Am-E404-100)
- Nonidet P-40 (Amresco, cat. no. Am-E109)
- Tween-20 (PanReac AppliChem, cat. no. A4974)
- Triton X-100 (VWR International, cat. no. Am-0694)
- Bacteriological Petri dishes (100×15 mm; not treated, aseptic; Falcon, cat. no. 351029)
- Filter pipette tips (10, 200, and 1000 µL; Axygen, cat. nos. TXLF-10-L-R-S, TF-200-L-R-S, and TF-1000-R-S)
- Sterile plastic tubes (Axygen, SCT-5ML-S)
- Autoclaved ddH_2O (Milli-Q filtered water)
- DEPC-treated ddH_2O (Thermo Fisher Scientific, cat. no. 10813012)
- Agarose (MP Biomedicals, cat. no. AGAF0500)
- Tris-acetate-EDTA buffer for gel electrophoresis
- Ethidium bromide (Sigma-Aldrich, cat. no. E1510)
- M-MuLV–RH First Strand cDNA Synthesis Kit (Biolabmix, Russia, cat. no. R01-50)
- BioMaster HS-Taq PCR-Color (2×) (Biolabmix, Russia, cat. no. MHC010-1020)
- 22 × 22 mm coverslips (BB022022A1, Menzel-Glaser, Thermo Fisher Scientific, Germany)
- Microscope slides (AGAA000001, MENZEL MICROSCOPE SLIDES, MENZEL, Thermo Fisher Scientific, Germany)
- Triton X-100 (VWR International, cat. no. Am-0694)
- Albumin Fraction V (pH 7.0) for Western blotting (BSA for immunofluorescence) (PanReac AppliChem, cat. no. A6588)
- Bovine serum albumin, molecular biology grade (BSA for RT-PCR) (New England Biolabs, cat. no. B9000S)
- Anti-trimethyl-Histone H3 (Lys27) (anti-H3K27me3) rabbit polyclonal antibody (Sigma-Aldrich, cat. no. 07-449)
- DAPI (4′,6-Diamidino-2-phenylindole dihydrochloride) (Sigma-Aldrich, cat. no. D-9542)
- Goat anti-Rabbit IgG (H+L) Cross-Adsorbed Secondary Antibody, Alexa Fluor 546 (Thermo Fisher Scientific, cat. no. A11010)
- Goat anti-Mouse IgG/IgM (H+L) Secondary Antibody, Alexa Fluor 488 conjugate (Thermo Fisher Scientific, cat. no. A-10680)
- ProLong Gold Antifade Mountant (Thermo Fisher Scientific, cat. no. P10144)

Primers

- NvXistE1F: 5′-TCAAAAGATCCGCCCAGCTC-3′ (DNK-Sintez, Russia, custom order)
- NvXistE2R: 5′-TCTTGAGTGGGGCACAGAAC-3′ (DNK-Sintez, Russia, custom order)
- NvRex1E1F: 5′- TGGTTTCAGCTGCTGTAGGG -3′ (DNK-Sintez, Russia, custom order)
- NvRex1E3R: 5′-GCCCTTTTCTTCAGTTGCTGG-3′ (DNK-Sintez, Russia, custom order)
- NvHK1E11F2: 5′-AACTGGTGCGACTGATCCTG-3′ (DNK-Sintez, Russia, custom order)
- NvHK1E12R2: 5′-GTACACACGTGCTGGACTGA-3′ (DNK-Sintez, Russia, custom order)

Reagent setup

10x cell lysis buffer

Add and mix 437.25 µl DEPC-treated ddH_2O, 5 µl Nonidet P-40, 5 µl Tween-20, and 2.25 µl 20 mg/ml BSA in a 1.5 ml tube.

1x cell lysis buffer

Mix 2.45 µl DEPC-treated ddH_2O, 0.3 µl 10x cell lysis buffer, and 0.25 µl of 20x random hexamers (from the M-MuLV–RH First

Strand cDNA Synthesis Kit) per 0.2 ml tube. Prepare necessary amounts of the reagents for all cells in one tube.

NOTE: Oligo(dT) or gene-specific primers could be used instead of random hexamers depending on the experiment design.

PBS

Add 1 tablet of PBS to 100 ml of ddH_2O and autoclave.

4% PFA

Dissolve 4 g paraformaldehyde in 100 ml PBS buffer with heating on the magnetic stirrer. Add drops of 5N NaOH until the solution becomes clear, then cool down and adjust pH to 7.4 with 1N HCl and 1N NaOH. Freeze the solution in aliquots at –20 °C, use it after thawing immediately or within a few days.

Antibody Dilution Buffer

Add 0.2 % Triton X-100 and 2 % BSA to PBS.

PBST

Add 0.2 % Tween-20 to PBS.

DAPI stock solution

Dissolve 2 mg of DAPI (4′,6-Diamidino-2-Phenylindole) in 2 ml PBS, keep at +4 °C. To stain the chromatin, dissolve 1 µl of the DAPI stock solution in 1 mL of PBS.

Equipment

The producer of the equipment is not specified for some items, as there are various analogs.

- Glass capillary (Micropipettes, 50 µl) (Blaubrand intraMark, cat. no. 708733)
- Inverted microscope (Olympus, cat. no. CKX53)
- Carl Zeiss Axioplan 2 imaging microscope (Jena) with CoolCube1 CCD-camera with the ISIS (*In Situ* Imaging System; MetaSystems GmbH) software
- T100 Thermal Cycler (Bio-Rad, cat. no. 1861096)
- Mini-centrifuge/vortex Micro–Spin FV-2400 (Biosan, cat. no. BS-010201) with R-0.5/0.2M rotor (Biosan, cat. no. BS-010201-BK)
- Centrifuge/mixer ELMI Fugamix CM-70M-09 with ELMI spin/mix rotor 70.02 (ELMI SIA, Latvia)
- Molecular imager (Gel Doc XRS + with Image Lab software system; Bio-Rad, cat. no. 170-8265)
- Gel electrophoresis tank and power source (Sub-Cell GT Horizontal Electrophoresis System, Bio-Rad, cat. no. 1704484; Bio-Rad PowerPac basic power supply; Bio-Rad, cat. no. 1645050)
- Humidity Chamber Plus (Covance, cat. no. SIG-31031)
- Magnetic stirrer with heater (Biosan, cat. no. MSH 300)
- Thermostat (for incubation at +37 °Autoclave
- Pipettes (0.5–5, 0.5–10, 2–20, 20–200, and 100–1000 µL)
- Freezers and refrigerator for –80 °C, –20 °C, and +4 °C

Procedure

1. Analysis of *Xist* and *Rex1* expression in single cells

CRITICAL: All steps are performed using filtered tips and RNase- and DNase-free tubes. Use gloves to minimize RNase contamination. All reagents should be thawed, mixed, briefly centrifuged, and put on ice. Use metal rack on ice or PCR cooling rack for tubes during the protocol.

Cell preparation and reverse transcription

1.1. Prepare single-cell suspension following the routine protocol. Cell culture protocol for the mink embryonic fibroblasts and iPS cells was described previously (Pristyazhnyuk, Menzorov, 2017). Centrifuge and wash cells twice in PBS, then perform a serial dilution and put 50 µl drops on non-adhesive (i.e. bacteriological) Petri dishes. There should be 5–50 cells per field of view at 100x magnification under an inverted microscope.

1.2. Thaw an aliquot of 10x cell lysis buffer, prepare 1x cell lysis buffer, and add 3 µl per 0.2 ml tube on ice.
NOTE: RNase inhibitor could be added to the 1x cell lysis buffer to prevent RNA degradation. For example, RiboLock RNase Inhibitor (Thermo Fisher Scientific, cat. no. EO0381).

1.3. Put double rows of 50 µl PBS drops on a separate Petri dish.

1.4. Make capillary transfer mouth pipette by combining glass capillary, silicone tube, and aspirator mouthpiece (Nakagata, 2015). The aspirator mouthpiece could be substituted by a 200 µl filtered tip. Capillary sterilization is not necessary. The inner diameter of a pipette should be several times larger than the cell size.

1.5. Collect cells from the suspension by the capillary transfer mouth pipette into PBS drop, wash, transfer into the second drop, wash, and transfer into 0.2 ml tube with 1x cell lysis buffer in a minimal volume.

1.6. Wait at least 5 min after the last cell transfer.

1.7. Heat the solution with cells at 70 °C for 3 min in the Thermal Cycler with lid temperature 105 °C. Put on ice.

1.8. Mix 1 µl 5x reaction buffer, 0.5 µl 0.1 M DTT, 0.25 µl 10 mM dNTP mix, and 0.25 µl M-MuLV–RH reverse transcriptase (100 U/µl) per cell (all reagents from the M-MuLV–RH First Strand cDNA Synthesis Kit). Prepare necessary amounts of the reagents for all cells in one tube.
NOTE: Add 0.25 µl DEPC-treated ddH_2O instead of reverse transcriptase for the negative control – cells without reverse transcriptase treatment.

1.9. Add 2 µl to each tube with a lysed cell.

1.10. Mix and spin cell lysate using centrifuge/mixer 1F4 program (1 min of medium intensity mixing and spinning).

1.11. Incubate in the Thermal Cycler with lid temperature 105 °C: 10 min at 25 °C, 60 min at 42 °C, and 10 min at 70 °C.
NOTE: Incubation at 25 °C is not necessary when oligo(dT) or gene-specific primers are used. If the RNA is expected to be CG-reach, the reaction temperature can be increased up to 50 °C.

1.12. The cDNA could be directly used in PCR, stored at –20 °C for less than one week, and at –80 °C for longer storage.

PCR

1.13. Thaw, mix, and briefly centrifuge BioMaster HS-Taq PCR-Color (2×), ddH_2O, primers, and cDNA.

1.14. Mix 5 µl BioMaster HS-Taq PCR-Color (2×), 2.6 µl ddH_2O, and 0.4 µl template-specific primers (10 pM each) per tube, vortex, and briefly centrifuge. Prepare necessary amounts of the reagents for all cells in one tube.

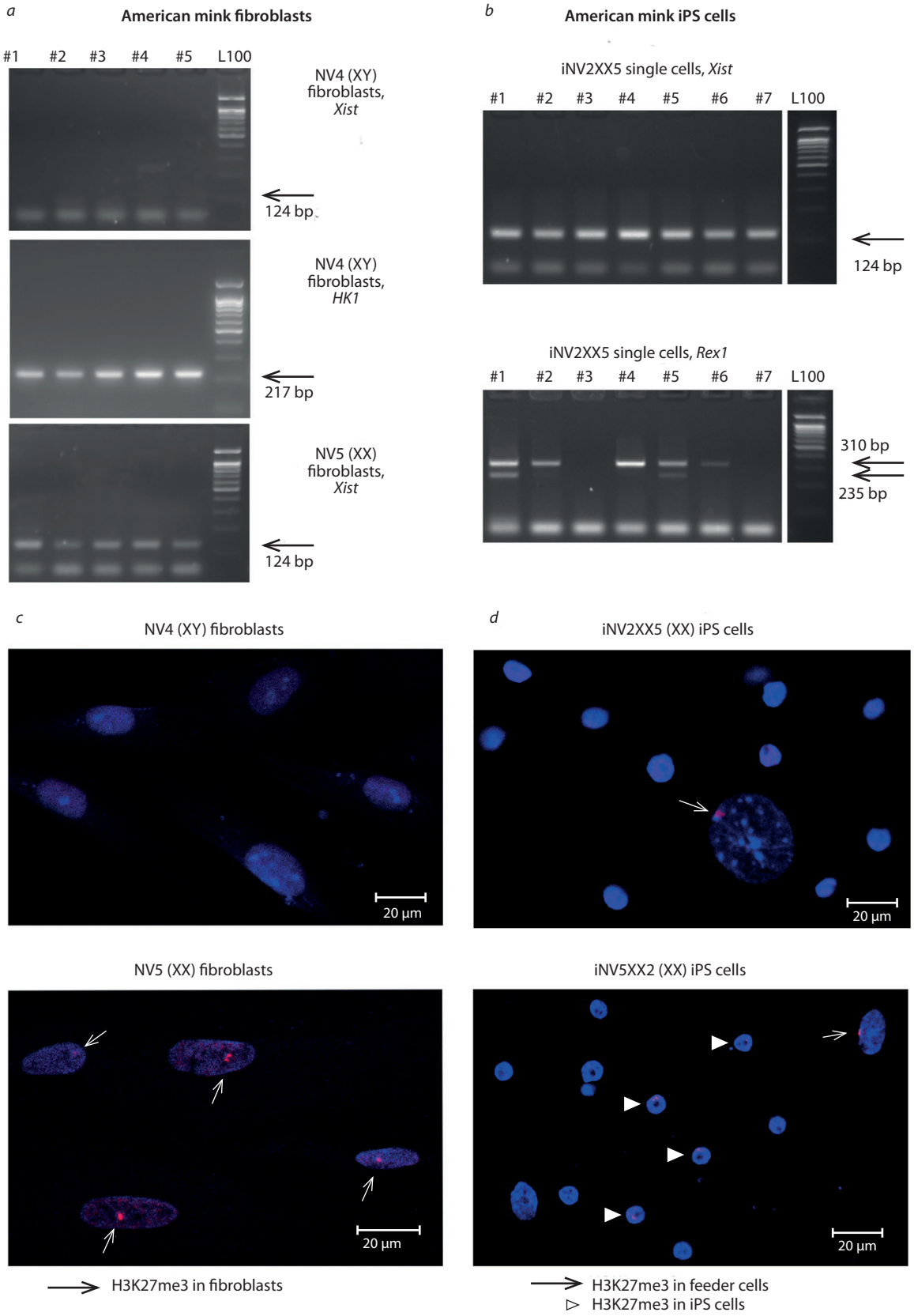


Fig. 2. Examples of RT-PCR and immunofluorescent analyses of the American mink fibroblasts and iPS cells.

a – *Xist* and *HK1* expression in American mink XX and XY fibroblast single cells; *b* – *Xist* and *Rex1* expression in American mink iNV2XX5 iPS single cells; XX and XY fibroblast single cells; *c* – immunofluorescent staining of H3K27me3 in American mink XX fibroblasts; *d* – immunofluorescent staining of H3K27me3 in American mink iPS cells

1.15. Mix 8 µl PCR mix and 2 µl isolated cDNA, briefly centrifuge.
NOTE: As 0.1x PBND is fully PCR compatible, 4.6 of 5 µl cDNA could be used for amplification if only one amplification per cell is planned.

1.16. Perform DNA amplification in a T100 thermal cycler using the following program: 95 °C for 5 min, 42 cycles consisting of 95 °C for 15 sec, 62 °C for 15 sec, 72 °C for 20 sec, and a final extension step of 72 °C for 5 min.
NOTE: The optimal number of cycles and annealing temperature should be defined in advance for each pair of primers.

1.17. Perform gel electrophoresis in TAE buffer in 3 % agarose gel and document results.

2. H3K27me3 immunofluorescent staining

2.1. Grow the fibroblasts or iPS cells on the coverslips.

2.2. Fix the cells with 4 % PFA at room temperature for 15 min.

2.3. Rinse with PBS 3 times for 5 min.

2.4. Dissolve the primary antibody (1:100) in the antibody dilution buffer, 200 µl per coverslip.
NOTE: The optimal antibody dilution ratio should be determined experimentally. Usually, it is between 1:100 and 1:1000.

2.5. Put antibody solution on the coverslip with the cells. The solution should be held on the glass by surface tension. Place the coverslip carefully into the humidified chamber. Incubate overnight at 4 °C.

2.6. On the next day, rinse the coverslip in PBST 3 times at room temperature for 5 min. It is preferred to use an orbital shaker.

2.7. Dissolve the secondary antibody in PBS (1:500). Incubate in the humidified chamber at 37 °C for 1 h.
NOTE: The optimal antibody dilution ratio should be determined experimentally. Usually, it is between 1:100 and 1:1000.

2.8. Rinse with PBST 3 times at room temperature for 5 min.

2.9. Stain with DAPI at room temperature for 5 min.

2.10. Rinse with PBS.

2.11. Mount the coverslip on the microscope slide in the drop of ProLong Gold Antifade Mountant. The coverslip surface with the cell should be beneath.

2.12. Photo the nuclei using a confocal laser scanning microscope.

Results and discussion

The single-cell gene expression protocol is expected to provide "yes or no" information on a gene of interest expression. In the case of qPCR, the results could be (semi)quantitative.

We applied the proposed protocol to X-inactivation analysis in female-derived (XX) American mink embryonic fibroblasts and iPS cells (Pristyazhnyuk, Menzorov, 2020). The expected *Xist* expression was detected in 19 out of 20 XX fibroblasts, but not in XY fibroblasts (Fig. 2, *a*). We used the American mink *HK1* as a positive control for cDNA quality in XY fibroblasts. We detected *HK1* expression in 16 single cells out of 20 and no *Xist* expression. For XX fibroblasts, *Xist* expression was expected and such control was not necessary. Then we estimated *Xist* expression in American mink iPS cells with pluripotency marker *Rex1* as a control (see Fig. 2, *b*). In this experiment design, the presence of the *Rex1* expression was considered a sign of pluripotency, and its absence in the presence of the *Xist* transcript – a sign of the differentiation. Interestingly, we were able to find two *Rex1* isoforms, homologous to the California sea lion (*Zalophus californianus*) (NCBI Reference Sequences XM_027599281.1 and XM_027599282.1). In different cells, we were able to see PCR products of either one of the isoforms or both. Thus, simultaneous amplification of different gene isoforms in single cells is possible with that protocol.

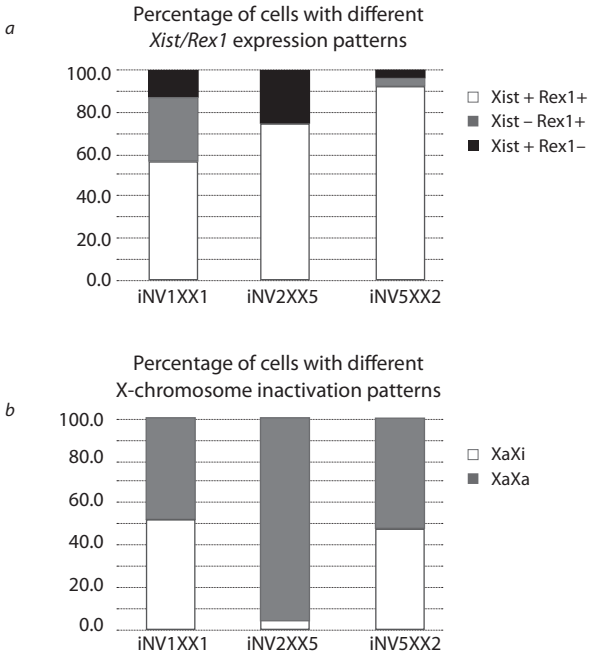


Fig. 3. X-chromosome inactivation analysis in American mink iPS cells. *a* – RT-PCR analysis; *b* – H3K27me3 immunofluorescent staining analysis

The immunofluorescent staining of the American mink fibroblasts is presented in fig. 2, *c*. The XY fibroblasts had no fluorescent signal as expected (data not shown). The diploid XX fibroblasts had one signal, and tetraploid – two, representing one or two Xi, respectively. The American mink iPS cells formed islands of cells with small nuclei surrounded by the bigger nuclei of the feeder cells (see Fig. 2, *d*). It should be noted, that the H3K27me3 signal was located mostly on the periphery of the colonies. We explain it by the partial differentiation of the peripheral cells.

Interestingly, the percentage of the American mink iPS cells with *Xist* expression exceeded that of the H3K27me3 mark (Fig. 3). There could be several possible reasons. First, the iPS cells could have changed XaXa status to XaXi without any changes in morphology and/or gene expression. It is known that cell density, duration of *in vitro* culture, and other factors could promote pluripotent stem cell differentiation. Second, though *Xist* is a well-known X-chromosome inactivation marker, its expression is one of the first steps of the X-chromosome inactivation process (Pinheiro, Heard, 2017). There may be an onset of *Xist* expression in XaXa cells that is revealed by RT-PCR but does not coincide with H3K27me3 chromatin modification, as it has not happened yet. Third, there might be a certain

threshold of expression of *Xist* and other genes to trigger X-chromosome inactivation (Barakat et al., 2010). Fourthly, X-chromosome inactivation and loss of pluripotency are not always synchronized on a single cell level in mouse ES cells with different pluripotency statuses. *Xist* expression appeared to be heterogeneous as well (Chen et al., 2016). That may be the case for American mink iPS cells. Due to our protocol constraints, we were not able to quantify the level of *Xist* expression, though we presume that it was lower than in fibroblasts. Overall, the presence of *Xist* transcript may not be enough to conclude the X-chromosome inactivation.

There is another well-known marker of Xi, ubiquitinated histone H2A (uH2A). We had tried to detect it as well. It appeared that in the case of the anti uH2A antibody (Ubiquityl-Histone H2A (Lys119) (D27C4) XP® Rabbit mAb; Cell Signaling Technology, cat. no. 8240) permeabilization should be done before fixation since the standard procedure had not provided the appropriate staining. Fixation with the subsequent permeabilization had worked successfully for the mink fibroblasts, but mink iPS cells detached, thus we had not included uH2A staining in the protocol.

Conclusion

We described detailed protocols for the analysis of gene expression and antigens in single cells. In particular, we have shown that those protocols could be successfully applied to X-chromosome inactivation in the American mink iPS cells.

References

Barakat T.S., Jonkers I., Monkhorst K., Gribnau J. X-changing information on X inactivation. *Exp. Cell Res*. 2010;316(5):679-687. DOI 10.1016/j.yexcr.2010.01.015.

Brown C.J., Hendrich B.D., Rupert J.L., Lafrenière R.G., Xing Y., Lawrence J., Willard H.F. The human XIST gene: analysis of a 17 kb inactive X-specific RNA that contains conserved repeats and is highly localized within the nucleus. *Cell*. 1992;71(3):527-542. DOI 10.1016/0092-8674(92)90520-m.

Chen G., Schell J.P., Benitez J.A., Petropoulos S., Yilmaz M., Reinius B., Alekseenko Z., Shi L., Hedlund E., Lanner F., Sandberg R., Deng Q. Single-cell analyses of X Chromosome inactivation dynamics and pluripotency during differentiation. *Genome Res.* 2016;26(10):1342-1354. DOI 10.1101/gr.201954.115.

Clemson C.M., McNeil J.A., Willard H.F., Lawrence J.B. XIST RNA paints the inactive X chromosome at interphase: evidence for a novel RNA involved in nuclear/chromosome structure. *J. Cell Biol*. 1996;132(3):259-275. DOI 10.1083/jcb.132.3.259.

Fan G., Tran J. X chromosome inactivation in human and mouse pluripotent stem cells. *Hum. Genet*. 2011;130(2):217-222. DOI 10.1007/s00439-011-1038-1.

Goto Y., Gomez M., Brockdorff N., Feil R. Differential patterns of histone methylation and acetylation distinguish active and repressed alleles at X-linked genes. *Cytogenet. Genome Res.* 2002;99(1-4):66-74. DOI 10.1159/000071576.

Gross A., Schoendube J., Zimmermann S., Steeb M., Zengerle R., Koltay P. Technologies for single-cell isolation. *Int. J. Mol. Sci*. 2015;16(8):16897-919. DOI 10.3390/ijms160816897.

Heard E., Rougeulle C., Arnaud D., Avner P., Allis C.D., Spector D.L. Methylation of histone H3 at Lys-9 is an early mark on the X chromosome during X inactivation. *Cell*. 2001;107(6):727-738. DOI 10.1016/s0092-8674(01)00598-0.

Higuchi R. Rapid, efficient DNA extraction for PCR from cells or blood. Amplifications (Perkin Elmer Cetus). 1989;2:1-3.

Jones C.D., Cornbleet P.J. Techniques for optimal cytocentrifuge slide preparation. *Laboratory Medicine*. 1997;11(28):713-716.

Kohlmaier A., Savarese F., Lachner M., Martens J., Jenuwein T., Wutz A. A chromosomal memory triggered by Xist regulates histone methylation in X inactivation. *PLoS Biol*. 2004;2(7):E171. DOI 10.1371/journal.pbio.0020171.

Le A.V., Huang D., Blick T., Thompson E.W., Dobrovic A. An optimised direct lysis method for gene expression studies on low cell numbers. *Sci. Rep*. 2015;5:12859. DOI 10.1038/srep12859.

Marks H., Chow J.C., Denissov S., Françoijs K.-J., Brockdorff N., Heard E., Stunnenberg H.G. High-resolution analysis of epigenetic changes associated with X inactivation. *Genome Res*. 2009;19(8):1361-1373. DOI 10.1101/gr.092643.109.

Matveeva N.M., Fishman V.S., Zakharova I.S., Shevchenko A.I., Pristyazhnyuk I.E., Menzorov A.G., Serov O.L. Alternative dominance of the parental genomes in hybrid cells generated through the fusion of mouse embryonic stem cells with fibroblasts. *Sci. Rep*. 2017;7(1):18094. DOI 10.1038/s41598-017-18352-4.

McDonell L., Drouin G. The abundance of processed pseudogenes derived from glycolytic genes is correlated with their expression level. *Genome*. 2012;55(2):147-151. DOI 10.1139/g2012-002.

Menzorov A.G., Matveeva N.M., Markakis M.N., Fishman V.S., Christensen K., Khabarova A.A., Pristyazhnyuk I.E., Kizilova E.A., Cirera S., Anistoroaei R., Serov O.L. Comparison of American mink embryonic stem and induced pluripotent stem cell transcriptomes. *BMC Genomics*. 2015;16 Suppl. 13:S6. DOI 10.1186/1471-2164-16-S13-S6.

Nakagata N. Reproductive engineering techniques in mice. 3rd edn. Japan, Tokyo, Cosmo Bio Co.: 2016;4-5.

Okamoto I., Otte A.P., Allis C.D., Reinberg D., Heard E. Epigenetic dynamics of imprinted X inactivation during early mouse development. *Science.* 2004;303(5658):644-649. DOI 10.1126/science.1092727.

PCR Primer Design (Methods in Molecular Biology). Basu S. (Ed.). 2nd edn. New York: Humana Press, 2015. DOI 10.1007/978-1-4939-2365-6.

Pinheiro I., Heard E. X chromosome inactivation: new players in the initiation of gene silencing. *F1000Res*. 2017;6:F1000 Faculty Rev-344. DOI 10.12688/f1000research.10707.1.

Plath K., Fang J., Mlynarczyk-Evans S.K., Cao R., Worringer K.A., Wang H., de la Cruz C.C., Otte A.P., Panning B., Zhang Y. Role of histone H3 lysine 27 methylation in X inactivation. *Science*. 2003;300(5616):131-135. DOI 10.1126/science.1084274.

Pristyazhnyuk I.E., Menzorov A.G. Generation of American mink induced pluripotent stem cells: a protocol. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2017;21(6):701-709. DOI 10.18699/VJ17.288. (in Russian)

Pristyazhnyuk I., Menzorov A. X-chromosome inactivation in American mink iPSCs. Proceedings of the Bioinformatics of Genome Regulation and Structure/Systems Biology (BGRS/SB-2020): The Twelfth International Multiconference, 06–10 July, Novosibirsk, Russia. 2020;508-509. DOI 10.18699/BGRS/SB-2020-310.

Rougeulle C., Chaumeil J., Sarma K., Allis C.D., Reinberg D., Avner P., Heard E. Differential histone H3 Lys-9 and Lys-27 methylation profiles on the X chromosome. *Mol. Cell Biol*. 2004;24(12):5475-5484. DOI 10.1128/MCB.24.12.5475-5484.2004.

Silva J., Mak W., Zvetkova I., Appanah R., Nesterova T.B., Webster Z., Peters A.H., Jenuwein T., Otte A.P., Brockdorff N. Establishment of histone h3 methylation on the inactive X chromosome requires transient recruitment of Eed-Enx1 polycomb group complexes. *Dev. Cell*. 2003;4(4):481-495. DOI 10.1016/s1534-5807(03)00068-6.

Svec D., Andersson D., Pekny M., Sjöback R., Kubista M., Ståhlberg A. Direct cell lysis for single-cell gene expression profiling. *Front. Oncol*. 2013;3:274. DOI 10.3389/fonc.2013.00274.

Ye J., Coulouris G., Zaretskaya I., Cutcutache I., Rozen S., Madden T.L. Primer-BLAST: a tool to design target-specific primers for polymerase chain reaction. *BMC Bioinformatics.* 2012;13:134. DOI 10.1186/1471-2105-13-134.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received March 11, 2022. Revised April 9, 2022. Accepted April 13, 2022.

Письма в ВАВИЛОВСКИЙ ЖУРНАЛ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ
Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding
2022 • 8 • 2 • 223-230

pismavavilov.ru
DOI 10.18699/LettersVJ-2022-8-11

Обзор

Роялти как один из источников финансирования селекции

А.Н. Березкин[1], А.М. Малько[2], М.Н. Исламов[3]✉, Н.Н. Зезин[4], О.В. Андросова[2]

Аннотация: Для селекции первостепенное значение имеет механизм сбора роялти (селекционного вознаграждения), который возможен только с сертифицированных семян. В Гражданском кодексе РФ предусмотрена защита интеллектуальных прав на селекционные достижения. Защита прав патентообладателей будет более полной при условии, что торговец продает семена только тех сортов, по которым уже выплачено роялти. В ближайшие годы сбор роялти – один из центральных вопросов взаимодействия селекции, семеноводства и товарного производства семян.

Ключевые слова: роялти; права селекционеров; охрана сортов растений; отличимость; однородность; стабильность.

Для цитирования: Березкин А.Н., Малько А.М., Исламов М.Н., Зезин Н.Н., Андросова О.В. Роялти как один из источников финансирования селекции. *Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции.* 2022;8(2):223-230. DOI 10.18699/LettersVJ-2022-8-11

Review

Royalty as one of the funding sources for the breeding

A.N. Berezkin[1], A.M. Malko[2], M.N. Islamov[3]✉, N.N. Zezin[4], O.V. Androsova[2]

Abstract: For plant breeding, the mechanism of collection of royalties (breeding remuneration), which is possible only with certified seeds, is of paramount importance. The Civil Code of the Russian Federation provides for the protection of intellectual property for breeding achievements. Protection of patent holders' rights will be more complete provided that the seller can sell seeds only those varieties for which royalties have already been paid. Collection of royalties for the coming years will be one of the central issues of interaction between breeding, seed production and commodity production of seeds.

Key words: royalties; breeders' rights; protection of plant varieties; distinctness; uniformity; stability.

For citation: Berezkin A.N., Malko A.M., Islamov M.N., Zezin N.N., Androsova O.V. Royalty as one of the funding sources for the breeding. *Pisma v Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektsii = Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2022;8(2):223-230. DOI 10.18699/LettersVJ-2022-8-11

Введение

Для селекции первостепенное значение имеет механизм сбора роялти – селекционного вознаграждения (Smith, Parr, 1994; Малько, 2004; Березкин и др., 2006, 2010, 2012, 2019; Ekvad, 2008; Нечаев и др., 2010; Исламов, 2015; Geschäftsbericht…, 2016/17). Сбор роялти возможен только с сертифицированных семян. С учетом того что часть четвертая Гражданского кодекса Российской Федерации, посвященная охране интеллектуальных прав на селекционные достижения, вступила в силу с 1 января 2008 г., появился мощный стимул для повышения эффективности се-

Introduction

For plan breeding, the mechanism for collecting royalties is of paramount importance – selection reward (Smith, Parr, 1994; Malko, 2004; Berezkin et al., 2006, 2010, 2012; 2019; Ekvad, 2008; Nechaev et al., 2010; Islamov, 2015; Geschäftsbericht…, 2016/17). Royalties can only be collected from certified seeds. Taking into account the fact that Part Four of the Civil Code of the Russian Federation, concerning the protection of intellectual property for breeding achievements, came into force on January 1, 2008, breeding now has a powerful incentive to improve the efficiency of the breeding process. The royalty col-

[1] Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia
[2] Российский сельскохозяйственный центр, Москва, Россия
Russian Agricultural Center, Moscow, Russia
[3] Научно-производственный агрохолдинг «Кургансемена», Курган, Россия
Research and Production Agricultural Holding "Kurgansemena", Kurgan, Russia
[4] Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал УрФАНИЦ УрО РАН, п. Исток, Екатеринбург, Россия
Ural Research Agricultural Institute – a branch of the Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

✉ marat@islamov.net

© Березкин А.Н., Малько А.М., Исламов М.Н., Зезин Н.Н., Андросова О.В., 2022
© Berezkin A.N., Malko A.M., Islamov M.N., Zezin N.N., Androsova O.V., 2022

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License

лекционного процесса. Механизм сбора роялти фактически разработан – в целях его реализации от Союза селекционеров и семеноводов требуется более тесное взаимодействие с производителями семян (селекционер и производитель семян заключают лицензионный договор по сбору роялти согласно установленной федеральным законом форме «О семеноводстве»). Защита прав патентообладателей будет более полной при условии, что торговец продает семена только тех сортов, по которым уже выплачено роялти (рисунок).

В нашей стране сбор роялти только начал развиваться. В Национальном центре зерна имени П.П. Лукьяненко селекционеры, по личному сообщению академика РАН Л.А. Беспаловой, получают роялти порядка 200 млн рублей (2.4 млн евро) в год. В ФИЦ «Немчиновка» под руководством академика РАН Б.И. Сандухадзе также осуществляется механизм сбора роялти – между производителями семян и потребителями заключается лицензионный договор о покупке семян лицензионных сортов. Сбор роялти по сортам озимой пшеницы составляет около 40 млн рублей (470.5 тыс. евро) в год (Сандухадзе, 2021). Сбор роялти ведут и на Урале – в УрФАНИЦ УрО РАН (15 млн рублей), Научно-производственном агрохолдинге «Кургансемена», где наряду с селекцией корректно организованы семеноводческие работы и маркетинг. Сбор роялти относится к приоритетным направлениям научной деятельности этой организации. Более тщательное изучение данных вопросов требует дополнительной публикации.

Результаты и обсуждение

Согласно положению Гражданского кодекса об использовании растительного материала, полученного в хозяйстве, постановлением Правительства РФ разрешено в течение двух лет выращивание растений сорта для получения семян на территории хозяйства (фермерская льгота) по 10 основным сельскохозяйственным культурам: горох посевной, гречиха, картофель, овес, просо, пшеница мягкая, пшеница твердая, рожь, тритикале и ячмень.

Усилению прав селекционеров будет способствовать решение Правительства РФ об отмене так называемой фермерской льготы, тем более что ссылки на опыт Германии с подобными положениями являются неточными. В этой стране еще в 1997 г. приняты совместные решения Германского крестьянского союза (DBV) и Федерального союза немецких селекционеров (BDP) о сборе роялти при повторном размножении охраняемых сортов в крестьянских хозяйствах, но с определенными ограничениями (в соответствии с ФЗ «О семеноводстве» от 30 декабря 2021 г., к отношениям, связанным с использованием физическими лицами семян сельскохозяйственных растений для собственных нужд (личных, семейных, домашних или иных, не связанных с осуществлением предпринимательской деятельности), положения настоящего закона возможно не применять (ст. 3, п. 2)). В данный момент Государственная дума разрабатывает положения о ликвидации фермерских льгот, под которые попадают 95 % всех фермеров, относящихся к среднему бизнесу. Предполагается, что отмена фермерской льготы укрепит позиции селекционеров в отношении роялти и будет спо-

lection mechanism has actually been developed. The Union of Breeders and Seed Breeders is required to cooperate closely with seed producers in order to implement this mechanism (a licensing agreement is concluded between the breeder and the seed producer for the collection of royalties in the form established by the Federal Law "On Seed Growing"). Protection of the rights of patent holders will be more complete provided that the trader can only sell seeds for those varieties for which royalties have already been paid (figure).

In our country, royalty collection has just begun to gain momentum. At the National Grain Center named after P.P. Lukyanenko, breeders, according to the personal communication of academician of the Russian Academy of Sciences L.A. Bespalova, receive royalties of about 200 million rubles (2.4 million euros) per year. In the Federal Research Center "Nemchinovka" under the leadership of Academician of the Russian Academy of Sciences B.I. Sandukhadze also implements a royalty collection mechanism – a license agreement is concluded between seed producers and consumers on the purchase of seeds of licensed varieties. The collection of royalties on winter wheat varieties is about 40 million rubles (470.5 thousand euros) per year (Sandukhadze, 2021). The collection of royalties is also carried out in the Urals of the Ural Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (15 million rubles), in the Research and Production Agricultural Holding "Kurgansemena", where, along with selection, seed production and marketing are well thought out. Collection of royalties is one of the priorities of the scientific activity of this organization. A more thorough study of these issues requires additional publication.

Results and discussion

According to the provision of the RF Civil Code on the use of plant material obtained on the farm, by the decree of the Government of the Russian Federation, it is allowed for two years to grow plants of the variety for multiplication obtaining seed on the territory of the farm (farm privilege) for 10 main agricultural crops: seed peas, buckwheat, potatoes, oats, millet, soft wheat, durum wheat, rye, triticale and barley.

The decision of the Government of the Russian Federation to abolish the so-called farmer's privilege will help to ensure and strengthen the rights of breeders. Moreover, references to the experience of Germany, where there are similar provisions, are inaccurate. In this country, back in 1997, joint decisions were made by the German Peasant Union (DBV) and the Federal Union of German Plant Breeders (BDP) on the collection of royalties when reproducing protected varieties on peasant farms, however, with certain restrictions (in accordance with the Federal Law "On Seed Production" dated December 30, 2021, they are encountered in entrepreneurial activities, are used using natural objects for needs (personal, family, or other household, do not meet with representatives of entrepreneurial activity), the provisions of this Federal Law do not apply (Art. 3, item 2)). At the moment, the State Duma is developing provisions on the elimination of farm benefits, which cover 95 % of all farmers belonging to medium-sized businesses. The removal of the farm incentive is expected to strengthen breeders' royalty positions and help breeders to promote new varieties.

The most important issue for breeders and seed growers is

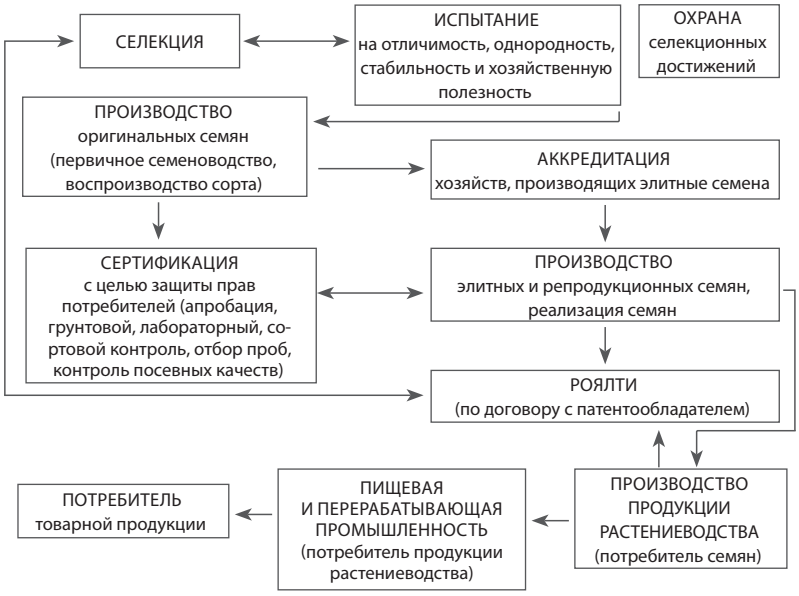
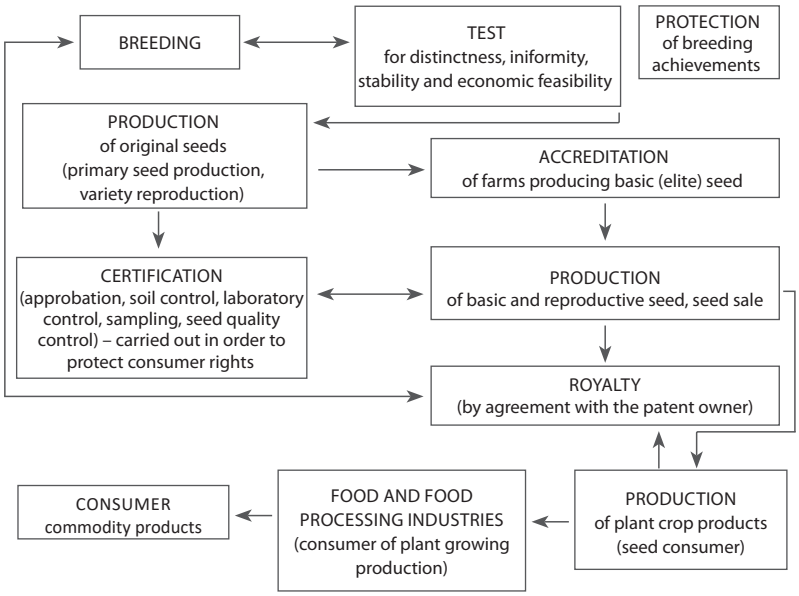


Схема использования охраняемых селекционных достижений в производстве



Scheme of the use of the protected selection achievements in industries

собствовать продвижению новых сортов селекционерами.

Важнейшим вопросом для селекционеров и семеноводов остается политика цен на сельскохозяйственную продукцию и в особенности семена, заключающаяся в установлении их базовой закупочной цены по регионам. Именно цена влияет на общую рентабельность производства семян, что, несомненно, связано с их репродукцией. Закупочная цена семян всех репродукций, с одной стороны, должна обеспечить их эффективное производство для любых культур, с другой – не должна быть слишком высокой в условиях все более возрастающей конкуренции на рынке со страна-

the price policy for agricultural products and, for seed in particular, which consists in their reference price benchmarking by regions. It is the price that is the most important indicator that affects the overall profitability of production. The purchase price of seed, on the one hand, should ensure their efficient production for any crops. On the other hand, it should not be too high in the face of ever increasing market competition with the countries of Europe and the world. Therefore, the price policy should be under constant control of The Ministry of Agriculture of the Russian Federation. The price level should be carefully worked out for different crop groups and for regions in coor-

ми Европы и мира. Таким образом, ценовая политика должна находиться под постоянным контролем Министерства сельского хозяйства РФ. Уровень цен должен тщательно вырабатываться по различным группам культур и по регионам путем согласований с представителями межпрофессиональных объединений (союза селекционеров, производителей семян, производителей товарной продукции). На цену и ее структуру влияет много факторов. Например, стоимость семян зерновых культур, как показывает анализ, складывается из трех составляющих: базовая цена, возмещение затрат на хранение и дотация за возделывание семенных посевов.

Минимальная базовая цена должна иметь законную силу. Фирма может заплатить производителю за семена больше, но ни в коем случае не меньше. В случае когда фирма, подписавшая контракт с сельхозпроизводителем (фермером) на производство семян, отказывается их принимать или освобождает сельхозпроизводителя от обязательства поставлять фирме продукцию (т. е. сельхозпроизводитель свободен в путях реализации продукции), эта компания все равно обязана выплатить сельхозпроизводителю дотации за производство семян.

Для полномасштабного механизма сбора роялти может быть предложен, на наш взгляд, наиболее эффективный вариант: сбор роялти производит ФГБУ «Россельхозцентр», как наиболее информированная о движении семян организация. Селекционер предоставляет Россельхозцентру исключительную лицензию, согласно которой последний уполномочен выдавать сублицензии на производство и продажу определенного сорта и собирать роялти от имени селекционера. Наиболее оптимальный вариант сбора роялти – сбор по объему реализованных семян.

Сбор роялти и сертификация семян должны функционировать как две параллельные, независимые друг от друга системы. В остальных случаях этот вариант поможет эффективнее использовать вертикальную систему управления сельскохозяйственным производством. Выведение сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, отвечающих требованиям производства на 10–20 лет вперед, невозможно без непрерывного творческого поиска. Селекционер трудится на благосостояние будущих поколений – он должен предвидеть развитие потребностей общества. Достаточно на несколько лет приостановить создание нового сорта, и восстановление потерянных позиций в селекции потребует несоизмеримо большего времени.

Роялти относится к понятию интеллектуальной собственности (intellectual property, IP) в семеноводстве. В развитых странах мира селекцию растений не считают фундаментальным направлением, поэтому основным источником финансирования служит селекционное вознаграждение – роялти (до 50 % общей прибыли реализуемых семян). Для селекции первостепенное значение имеет механизм сбора роялти (селекционного вознаграждения), который возможен только с сертифицированных семян. В Гражданском кодексе РФ предусмотрена охрана интеллектуальных прав на селекционные достижения. Охрана прав патентообладателей будет более полной при условии, что торговец продает семена только тех сортов, по которым уже выплачено роялти. В ближайшем

dination with representatives of interprofessional associations. Many different factors influence the price and its structure. Let's consider in details how prices for cereal seed are determined. Analysis shows that the price is made up of three components: base price, reimbursement of storage costs, subsidies for the cultivation of seed crops.

The minimum base price must be legally binding. A company can pay a producer for seeds more, but in no case less. In case that a company that signed a contract for the production of seed refuses to accept them or releases the agricultural producer (farmer) from the obligation to supply the company with products (i. e. the agricultural producer is free to sell products), this company is still obliged to pay him subsidies for the production of seed.

Collection of royalties for the coming years will be one of the central issues of interaction between breeding, seed production and commercial seed production. For a full-scale mechanism for collecting royalties, the most effective option can be proposed, in our opinion: the collection of royalties is carried out by the Rosselkhoztsentr as the organization most informed about the seed flows. The breeder grants the Rosselkhoztsentr an exclusive license, according to which the Rosselkhoztsentr will be authorized to issue sublicenses for the production and sale of a certain variety and collect royalties on behalf of the breeder. The most optimal option for collecting royalties is to collect according to the volume of sold seeds.

The royalty collection system and the seed certification system should function as two parallel, independent systems. In other cases, this option will help to use the vertical system of agricultural production management more effectively. Breeding of varieties and hybrids that meet production requirements for 10–20 years ahead is impossible without continuous creative research.

The breeder works for the welfare of future generations, he must anticipate the development of the society needs. It is enough to suspend the creation of a new variety for several years, and the restoration of lost positions in breeding will require incommensurably longer time.

Royalty refers to the concept of intellectual property in seed production. In the developed countries of the world, plant breeding is not considered fundamental research, and therefore it is largely financed through a breeding remuneration – royalties (up to 50 % of the total profit of the sold seed). For breeding, the mechanism for collecting royalties (breeding rewards) is of paramount importance, it's is possible only for certified seed. The Civil Code of the Russian Federation provides for the protection of intellectual property for breeding achievements. Protection of the rights of patent holders will be more complete, provided that the trader can only sell seeds of varieties for which royalties have already been paid. Collection of royalties for the coming years will be one of the central issues of interaction between breeding, seed production and commercial seed production. Apparently, there'll be no specific model for collecting royalties in our country.

There are five mechanisms around the world that provide the basis for claiming intellectual property rights to plant varieties, while the sixth method, using a registered trademark, is being considered for industrial use. The existence and ap-

жайшие годы сбор роялти – один из центральных вопросов взаимодействия селекции, семеноводства и товарного производства семян. По всей видимости, какой-то определенной модели сбора роялти в нашей стране не будет.

В мире существует пять механизмов, которые обеспечивают основу для предъявления прав на сорта растений как объекты интеллектуальной собственности, в то время как шестой метод, включающий зарегистрированную торговую марку, рассматривают для использования в промышленности. Применение этих механизмов обсуждено в 14 регионах мира (Smith, Parr, 1994; Березкин и др., 2006, 2012, 2019; Evkad, 2008).

1. Права селекционеров (plant breeders' rights, PBR), или охрана сортов растений (plant variety protection, PVP). Это стандартный метод защиты сортов растений в большинстве юрисдикций. Правовую основу PBR в той или иной стране обеспечивает Международный союз по охране новых сортов растений (UPOV). В настоящее время 75 стран (по состоянию на 4 июля 2018 г.) являются членами UPOV. Перед вступлением в эту организацию каждая страна проходила тестирование своего семеноводческого законодательства со стороны UPOV, поэтому все государства-члены имеют адекватное и в значительной степени единообразное законодательство в целях поддержки семеноводства. В дополнение к Конвенции UPOV страны, которые входят в состав Всемирной торговой организации (ВТО), присоединяются к Соглашению по торговым аспектам прав интеллектуальной собственности (TRIPs). Соглашение устанавливает минимальное количество защиты, т. е. страны-члены должны обеспечить в области интеллектуальной собственности безопасность, в том числе введение эффективной системы для сортов растений, если они исключены из патентной защиты.

2. Патенты на новые гены, свойства, процессы или сорта растений. В большинстве стран живые организмы, включая сорта растений и продукты их переработки (например, семена), не имеют права претендовать на патентную защиту. Однако в некоторых странах, в частности в США, Австралии и Японии, закон предусматривает эту процедуру для владельцев сортов растений, чтобы их изобретения были защищены патентами.

В Европе сорта растений не могут быть запатентованы. Однако если сорт растений обладает свойством, которое характеризуется новым геном или трансгенным событием, то ген или событие (один или более чем один принципиально отличающийся новый признак сорта и растения), могут быть патентоспособными в соответствии с Европейской патентной конвенцией. Специальные сорта, несущие запатентованное свойство, также могут быть защищены PVP.

В США любой живой организм, который служит продуктом человеческого вмешательства, в том числе сорт растения, патентоспособен (USPTO, 2012). Тем не менее права, предоставляемые патентообладателям, в основном аналогичны во всех трех случаях.

3. Договорное право. Договоры широко и часто используют для поддержки других форм PVP. Как правило, наиболее обеспечены гарантиями те договоры, которые подкреплены PBR-законодательством (Ekvad, 2008). Примеры включают договоры, которые обязывают про-

plication of these mechanisms were examined in 14 regions of the world (Smith, Parr, 1994; Berezkin et al., 2006, 2012, 2019; Evkad, 2008).

1. Plant breeders rights (PBR), or plant variety protection (PVP). This is the standard method for plant variety protection in most jurisdictions. The legal framework for implementing PBR in a country or state is provided by the International Union for the Protection of New Varieties of Plants. (UPOV). Currently, 75 countries (as of July 4, 2018) are UPOV members, and before joining this organization, each country underwent testing of its seed legislation by the UPOV. Therefore, each Member State has adequate and largely uniform legislation to support seed production. In addition to the UPOV Convention, countries that are members of the World Trade Organization (WTO) accede to the International Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights (TRIPs). This agreement sets out the minimum amount of protection, i. e. member countries should ensure intellectual property security, including the introduction of an effective system for plant varieties if they are excluded from patent protection.

2. Patents for new genes, properties, processes or plant varieties. In most countries, living organisms, including plant varieties and their processed products (e. g. seed), are not eligible for patent protection. However, in some countries, including the United States, Australia and Japan, the law provides for this procedure for plant variety owners to protect their inventions by patents.

In Europe, plant varieties cannot be patented. However, if a plant variety has a property that is characterized by a new gene or transgenic event, then the gene or event is no more than one distinguishing characteristic of the variety; and plants containing it may be patentable under the European Patent Convention. Special varieties bearing a patented property can also be protected by PVP.

In the United States, any living organism that is a product of human intervention (including a plant variety) is patentable (USPTO, 2012). However, the rights granted to patent holders are basically the same in all three cases.

3. Use of contract law. Contracts are widely and often used to support other forms of PVP. Typically, the strongest and most secured contracts are those supported by PBR legislation (Ekvad, 2008). Examples include contracts that oblige growers to comply with a wide variety of specific conditions determined by the rights holder (for example, the resale of all crop production of a protected variety to an agent designated by the rights holder). Such contracts have proven invaluable in the PBR implementation process.

4. Biological mechanisms such as hybrid varieties of agricultural plants. Hybridization is widely used in today's seed market as a means to achieve superior performance in varieties. Hybrid varieties of agricultural plants are also well protected against unauthorized use, as only the grower has reliable access to the benefits of a hybrid variety within one generation as the result of seed acquisition. Protection for hybrids can be obtained through the PVP system and invention patent. For example, PVP laws can be used to protect both a hybrid and its parent lines. As a rule, parental lines are not sold, but are "trade secret."

5. Professional secrets. Professional secrets exist widely in

изводителей соблюдать конкретные условия, определяемые держателем прав (например, перепродажи всей продукции урожая охраняемого сорта агенту, назначаемому правообладателем). Такие договоры оказались бесценными в процессе исполнения PBR.

4. Биологические механизмы, например гибриды сельскохозяйственных растений. Гибридизацию широко применяют на современном рынке семян для достижения высокой производительности сортов. Гибриды сельскохозяйственных растений также хорошо защищены от несанкционированного использования, поскольку только производитель имеет надежный доступ к преимуществам гибридов в течение одного поколения – в результате приобретения семян. Защита для гибридов может быть получена через систему PVP и патент на изобретение. Например, законы PVP могут быть применены для защиты как гибрида, так и его родительских линий. Как правило, родительские линии не продаются, но являются коммерческой тайной.

5. Профессиональные тайны. Профессиональные тайны широко представлены в промышленности как средство защиты собственности изобретений, компьютерных программ; бизнес – один из наиболее известных примеров. Профессиональные секреты имеют ограниченное применение в защите сортов растений, кроме гибридов, но могут быть более пригодны для защиты методов или процессов в селекции растений или примеров знаний и умений, которые не могут быть зарегистрированы через систему патентов или PVP.

6. Зарегистрированные торговые марки. Торговые марки (®, ™) не используют повсеместно в области PVP на полевых культурах, но есть примеры, когда хорошо продуманные товарные знаки сортов поддерживают стратегию защиты и защищают PVP или патентом на растение или изобретение. Лучшие примеры можно найти среди плодовых и декоративных растений, где фрукты или срезанные цветы конкретной формы, размера, цвета и вкуса могут быть распространены и продаются только в сочетании с зарегистрированной торговой маркой. Примеры этой практики включают сорта яблок, продаваемые под марками SweeTango® и Pink Lady®. В данных случаях это не сорт, но сам плод, который торговоотличим и упакован, распространен и продаваем только тогда, когда индивидуально обозначен. Это добавляет продукту значительную ценность, а также повышает видимость бренда среди потребителей.

Системы сертификации обеспечивают степень прозрачности в движении семян охраняемых (и незащищенных) сортов, и во многих странах продажи сертифицированных семян служат основой для сбора роялти селекционерами. Высокие уровни продажи сертифицированных семян в некоторых странах приводят к значительному сбору роялти на собственные сорта: известные примеры – Швеция и Ирландия, где 65–80 % зерновых культур сеют с использованием сертифицированных семян. В других государствах промежуточные уровни использования сертифицированных семян в достаточной степени поддержаны системами для сбора вознаграждения селекционеров за FSS (внутрифермерское семеноводство).

Во Франции для защиты экономических интересов в

industry as a means of protecting the property of inventions, computer programs; business is one of the most famous examples. Professional secrets are of limited use in protecting plant varieties other than hybrids, but may be more suitable for protecting plant breeding methods or processes, or for examples of knowledge and skills that cannot be registered through the patent system or PVP.

6. Registered trademarks. Trademarks (®, ™) are not widely used in the field of PVP in field crops, but there are examples where well-designed cultivar trademarks support a protection strategy and are protected by PVP or a plant or invention patent. The best examples can be found among fruit and ornamental plants, where fruits or cut flowers of a specific shape / size / color / taste can be distributed and sold only in combination with a registered trademark. Examples of this practice include apple varieties marketed under the brand name "SweeTango®" and "Pink Lady®." In these cases, it is not the variety, but the fruit itself, which is trademarked and packaged, distributed and sold only when each fruit is individually identified. This adds significant value to the product and also has the advantage of making a powerful brand visible to consumers.

Seed certification systems provide a degree of transparency in the movement of seed, protected (and unprotected) varieties, and in many countries, sales of certified seed provide a basis for breeders to collect royalties. Very high sales of certified seed in some countries result in excellent royalty collection rates for their own varieties, notable examples are Sweden and Ireland, where 65–80 % of crops are planted using certified seed. In other states, intermediate levels of certified seed use are well supported by systems for collecting breeders' remuneration for FSS (In-Farm Seed Production).

In France, to protect economic interests in the public and private breeding sectors, an effective and relatively inexpensive organization has been created – the Agricultural Society for the Cooperation of Breeders (SICASOV). Participation in its work is based solely on voluntary, declarative principles. SICASOV provides the owners of varieties with a guarantee that they will receive remuneration in the event of their use, and the money will be returned for the development of breeding. In addition, the impossibility of falsifying seed by the holder of a license for their production is ensured. By this, the organization contributes to the progress of the entire agriculture of the country.

The average royalty percentage of seed sales in France is about 10 % for cereals; 12–15 % for corn, 15–20 % for sunflower, about 25 % for vegetables. The determination of the amount of royalties is the exclusive right of the patent holder. The total collection of royalties in the country is approximately 83 US million dollars.

Meanwhile, the collection of selection fees for one million tons of grain seeds (approximately 10 % of their use in the country) in the amount of 5 % of the cost of 15 thousand rubles for one ton will be 750 million rubles. To represent the level of this amount, let us compare it with the annual budget of the plant growing and breeding sector of the Russian Academy of Sciences, which is approximately equal to this amount. Thus, a well-functioning mechanism for collecting selection rewards is capable of providing full-scale funding for selection in the country.

государственном и частном секторах селекции создана эффективная и сравнительно недорогая организация – Сельскохозяйственное общество по кооперации селекционеров (SICASOV). Участие в ее работе основано исключительно на добровольных, заявительных принципах. SICASOV обеспечивает владельцам сортов гарантию того, что они будут получать вознаграждение в случае их использования, а денежные средства – возвращаться на развитие селекции. Кроме того, становится невозможной фальсификации семян обладателем лицензии на их производство. Этим организация способствует прогрессу всего сельского хозяйства страны.

Средний процент роялти от объема продаж семян во Франции составляет: по зерновым около 10 %, по кукурузе 12–15 %, по подсолнечнику 15–20 %, по овощным около 25 %. Установление размера роялти – исключительное право патентообладателя. Общий сбор роялти по стране насчитывает примерно 83 млн долларов США.

Сбор селекционного вознаграждения с одного миллиона тонн семян зерновых культур (примерно 10 % от их использования в стране) в размере 5 % от стоимости 15 тыс. рублей за одну тонну составит 750 млн рублей. Чтобы представить уровень этой суммы, сравним ее с годовым бюджетом сектора растениеводства и селекции РАН, примерно равным этой сумме. Таким образом, отлаженный механизм сбора селекционного вознаграждения способен поддержать финансирование селекции в стране.

Заключение

Становление и развитие системы семеноводства в рыночных условиях требует дальнейшего усиления координации деятельности всех ее звеньев. Только на первый взгляд кажется, что рынок развивается стихийно, в действительности все подчинено законам и строгой профессиональной этике. Несмотря на множество нерешенных проблем в деятельности ряда ассоциаций и союзов, эти организации не только созданы, но и эволюционируют. Подобные объединения смогут обеспечить профессиональный контроль лицензирования производства и сертификации семян, достойно представлять отрасль в государственных органах, помогать патентообладателям в сборе роялти, отстаивать интересы селекции и семеноводства перед смежными отраслями сельского хозяйства и промышленности.

Conclusion

The formation and development of the seed production system in market conditions requires further strengthening of the coordination of the activities of all its links. Only at first glance it seems that the market is developing spontaneously, in fact, everything is subject to laws and strict professional ethics. Despite the fact that many problems remain unresolved in the activities of a number of associations and unions, we note that these organizations are not only created, but also evolve. Such associations could best provide professional control over the procedures for licensing production and seed certification, adequately represent the industry in government bodies, assist patent holders in collecting royalties, protect the interests of selection and seed production in front of related sectors of agriculture and industry.

Список литературы

Березкин А.Н., Малько А.М., Минина Е.Л., Лапочкин В.М., Чередниченко М.Ю. Нормативно-правовые основы селекции и семеноводства. 2-е изд., испр. СПб.: Лань, 2019.

Березкин А.Н., Малько А.М., Пыльнев В.В. Основы сертификации семян сельскохозяйственных растений и ее структурные элементы. М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2010.

Березкин А.Н., Малько А.М., Смирнова Л.А., Исламов М.Н., Горбачев И.В., Березкина Л.Л. Факторы и условия развития семеноводства сельскохозяйственных растений в Российской Федерации. М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2006.

Березкин А.Н., Малько А.М., Чередниченко М.Ю. Международный опыт развития селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур. М.: РГАУ-МСХА, 2012.

Исламов М.Н. Организационно-экономический механизм региональной системы семеноводства. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2015;3(54):31-34.

Малько А.М. Научно-практические основы контроля качества и сертификации семян в условиях рыночной экономики. М.: ИКАР, 2004.

Нечаев В.И., Алтухов А.И., Медведев А.М. Под ред. Нечаева В.И. Система семеноводства сельскохозяйственных культур в Российской Федерации. М.: КолосС, 2010.

Сандухадзе Б.И. Селекция озимой пшеницы в центральном регионе Нечерноземья России: избранные труды. Книга 2. М., 2021.

Ekvad M. Contracts in Relation to Plant Breeder's Rights. UPOV Symposium 2008. http://www.upov.int/news/en/2008/4_Ekvad.pdf

Geschäftsbericht Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e.V. Bonn: BDP, 2016/17;56.

Smith G.V., Parr R.L. Valuation of Intellectual Property and Intangible Assets. 2nd edn. New York, 1994.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 19.11.2021. После доработки 20.01.2022. Принята к публикации 26.01.2022.

References

Berezkin A.N., Malko A.M., Minina E.L. Lapochkin V.M., Cherednichenko M.Yu. Legal and regulatory framework for selection and seed production: textbook. 2nd edn, rev. St.-Petersburg: "Lan" Publ., 2019. (in Russian)

Berezkin A.N., Malko A.M., Pylnev V.V. Fundamentals of seed certification of agricultural plants and its structural elements: textbook. Moscow: Moscow Timiryazev Agricultural Academy Publ., 2010. (in Russian)

Berezkin A.N., Malko A.M., Smirnova L.A., Islamov M.N., Gorbachev I.V., Berezkina L.L. Factors and terms for the development of seed production of agricultural plants in the Russian Federation. Moscow: Moscow Timiryazev Agricultural Academy Publ., 2006. (in Russian)

Berezkin A.N., Malko A.M., Cherednichenko M.Yu. International experience in the breeding development and seed production of agricultural crops: textbook. Moscow: Moscow Timiryazev Agricultural Academy Publ., 2012. (in Russian)

Ekvad M. Contracts in Relation to Plant Breeder's Rights. UPOV Symposium 2008. http://www.upov.int/news/en/2008/4_Ekvad.pdf

Islamov M.N. Organizational and economic mechanism of the regional system of seed production. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2015;3(54):31-34. (in Russian)

Malko A.M. Scientific and practical foundations of quality control and seed certification in market economy. Moscow: IKAR Publ., 2004. (in Russian)

Nechaev V.I., Altukhov A.I., Medvedev A.M. Nechaev V.I. (Ed.). The system of seed production of agricultural crops in the Russian Federation. Moscow: KolosC Publ., 2010. (in Russian)

Sandukhadze B.I. Selection of winter wheat in the central region of the Non-Chernozem region of Russia: selected works. Book 2. Moscow, 2021. (in Russian)

Geschäftsbericht Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e.V. Bonn: BDP, 2016/17;56.

Smith G.V., Parr R.L. Valuation of intellectual property and intangible assets. 2nd edn. New York, 1994.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received November 19, 2021. Revised January 20, 2022. Accepted January 26, 2022.

«Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции» – сетевое научное издание открытого доступа. Основано в 2015 году (до 2019 года выходило под названием «Письма в Вавиловский журнал»). На страницах издания публикуются результаты экспериментальных, методических и теоретических исследований, аналитические обзоры по всем разделам генетики и селекции, а также по смежным областям биологических и сельскохозяйственных наук; материалы и документы по истории генетики и селекции; описания сортов растений и пород животных; рецензии; письма, адресованные редактору; персоналии и мемориальные статьи; хроника и информация из региональных отделений Вавиловского общества генетиков и селекционеров.

Всем статьям присваивается DOI.

Входит в РИНЦ и DOAJ.

Цель издания – донести новейшие результаты фундаментальных и прикладных исследований в области генетики растений, животных, человека, микроорганизмов, описание новых методов и селекционных достижений до наибольшего числа ученых, включая специалистов из смежных областей науки и техники, а также до преподавателей вузов, читающих курсы лекций по генетике и селекции.

Регистрационное свидетельство СМИ Эл № ФС77-75536 выдано 08 мая 2019 года Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Прием статей осуществляется через электронную почту редакции: pismavavilov@bionet.nsc.ru

Адрес издания в сети интернет: http://pismavavilov.ru/

При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна.

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики
Сибирского отделения Российской академии наук» (ИЦиГ СО РАН)
Адрес учредителя и издателя: проспект Академика Лаврентьева, 10, Новосибирск, 630090
Адрес редакции: проспект Академика Лаврентьева, 10, Новосибирск, 630090
Телефон редакции: (383) 363 4963, доб. 5316
✉ Электронный адрес редакции: pismavavilov@bionet.nsc.ru

Выпуск подготовлен информационно-издательским отделом ИЦиГ СО РАН

Дата публикации: 01.07.2022