

ORCID: 0000-0002-6784-924X

DOI 10.53278/2306-9139-2024-2-23-13-23

УДК 624.131.1

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ГИПОТЕЗЫ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКОЙ ПРОСАДОЧНОСТИ ПРИ АГРОМЕЛИОРАЦИИ МАССИВОВ ГРУНТОВ**CONFIRMATION OF THE ALLUVIAL HYPOTHESIS OF EPIGENETIC SUBSIDENCE DURING AGROMELIORATION OF MASSIVE SOILS**© 2024 г. А. Ю. Герасимов¹, А. А. Лаврусевич², И. А. Лаврусевич³© 2024 A. U. Gerasimov¹, A. A. Lavrusevich², I. A. Lavrusevich³¹ ООО «Гипростроймост-Геотех», Волгоградский пр., д. 16, Москва, 109316, Российская Федерация¹ LLC "Giprostroymost-Geotech", Volgogradskiy pr., 16, Moscow, 109316, Russian Federation^{1,3} Кафедра Инженерных изысканий и геоэкологии (ИИиГЭ) НИУ МГСУ «Московский Государственный Строительный Университет», Ярославское шоссе, д. 26, Москва, 129337, Российская Федерация^{1,3} Department of Engineering Surveys and Geoecology (IE&GE) NIU MGSU «Moscow State Construction University», Yaroslavl'shoye shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation² Кафедра гидрогеологии и инженерной геологии ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», ул. Миклухо-Маклая, д. 23, Москва, 117997, Российская Федерация² Department of hydrogeology and engineering geology FGBOU VO «Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting», Miklouho-Maclay st., 23, Moscow, 117997, Russian Federationalexandergerasimovmo@yandex.ru¹, lavrusevich@yandex.ru², 4914907@gmail.com³

Аннотация. В статье проведен анализ результатов изучения свойств современных техногенно преобразованных аллювиальных грунтов в условиях развития агромелиорации в Краснодарском крае. Их просадочность на объекте исследования носит эпигенетический характер происхождения. Преобразованные грунты по генезису относятся к аллювиальным. Устройство рисовой оросительной системы всестороннее повлияло на приповерхностную толщу грунтов, термодинамические условия которой, характерные для пойменных отложений, сменились условиями надпойменной террасы с более низкими значениями природной влажности грунтов.

Условия формирования свойства просадочности носят единый характер на территориях, подверженных развитию агромелиорации. В определенных случаях исследуемые грунты раньше, чем другие современные техногенно преобразованные аллювиальные грунты, находящиеся в схожих условиях, приобретают эпигенетическое свойство просадочности в силу наличия более благоприятных факторов для развития этого процесса. Стоит отметить, что процесс просадочности грунтов развивается неравномерно в геологическом массиве и носит приобретенный характер в результате воздействия совокупности природных и техногенных факторов.

Современные преобразованные аллювиальные грунты в условиях агромелиорации приобретают свойство просадочности, что в целом соответствует аллювиальной гипотезе Н. Я. Денисова и Н. И. Кригера, уточненной В. Т. Трофимовым.

Abstract. The article analyzes the results of research on the properties of modern technogenically transformed alluvial soils in the conditions of agromelioration development in Krasnodar Krai.

Subsidence on the object of research has epigenetic character of origin. The transformed soils by origin belong to alluvial soils. During the construction of the rice irrigation system there was a comprehensive impact on the near-surface layer of soils, which subsequently changed its thermal-moisture conditions characteristic of floodplain deposits to the conditions of the overflow terrace, which is characterized by lower values of natural moisture content of soils and subsequent transformation into highly porous rocks.

The conditions of formation of subsidence property have a uniform character in the territories subjected to agro-reclamation development. In certain cases soils have already acquired epigenetic property of subsidence due

to more favorable factors for the process development than other modern technogenically transformed alluvial soils in similar conditions. It should be noted that subsidence develops unevenly in the geological massif and has an acquired character due to a combination of natural and anthropogenic factors.

Current modified alluvial soils under agromelioration conditions have acquired the property of subsidence in accordance with the alluvial hypothesis of N. Y. Denisov and N. I. Krieger, refined by V. T. Trofimov.

Ключевые слова: Современные преобразованные аллювиальные грунты, аридный климат, аллювиальная гипотеза просадочности, условия надпойменной террасы, эпигенетическая просадочность, техногенез в условиях агромелиорации, трансформация территории.

Keywords: Modern technogenically transformed alluvial soils, arid climate, alluvial subsidence hypothesis, supra-floodplain terrace conditions, epigenetic type of subsidence, technogenesis in agromelioration conditions, area transformation.

Введение. Развитие агромелиорации на участке исследования

Участок исследования расположен в границах Курчанского сельского поселения, Темрюкский район, Краснодарский край (рис. 1).

Развитие агромелиорации в Краснодарском крае началось в 1920 году. Первыми исследователями грунтов Западно-Кубанской низменности и дельты реки Кубань были В. С. Богдан и С. И. Тюрменов, Е. В. Тонконоженко, Е. С. Блажний.

В. С. Богдан в своих трудах обратил внимание на засоленность почв Закубанских плавней [1]. Также им была отмечена солонцеватость плавнево-луговых почв, которую он связывал с близостью

грунтовых вод [2].

С. И. Тюрменов отметил огромный потенциал исследуемых грунтов для развития опытного рисоводства в Краснодарском крае, так как рис является фитомелиорантом [3].

В низовье и среднем течение реки Кубани были проведены детальные исследования Е. В. Тонконоженко. Он установил, что солонцы здесь встречаются в комплексе с солонцеватыми почвами и приурочены обычно к пониженным элементам рельефа. Они в большинстве могут быть отнесены к подтипу луговых и реже степных [4].

Е. С. Блажний считал, что первым источником накопления солей, приводящим к засолению

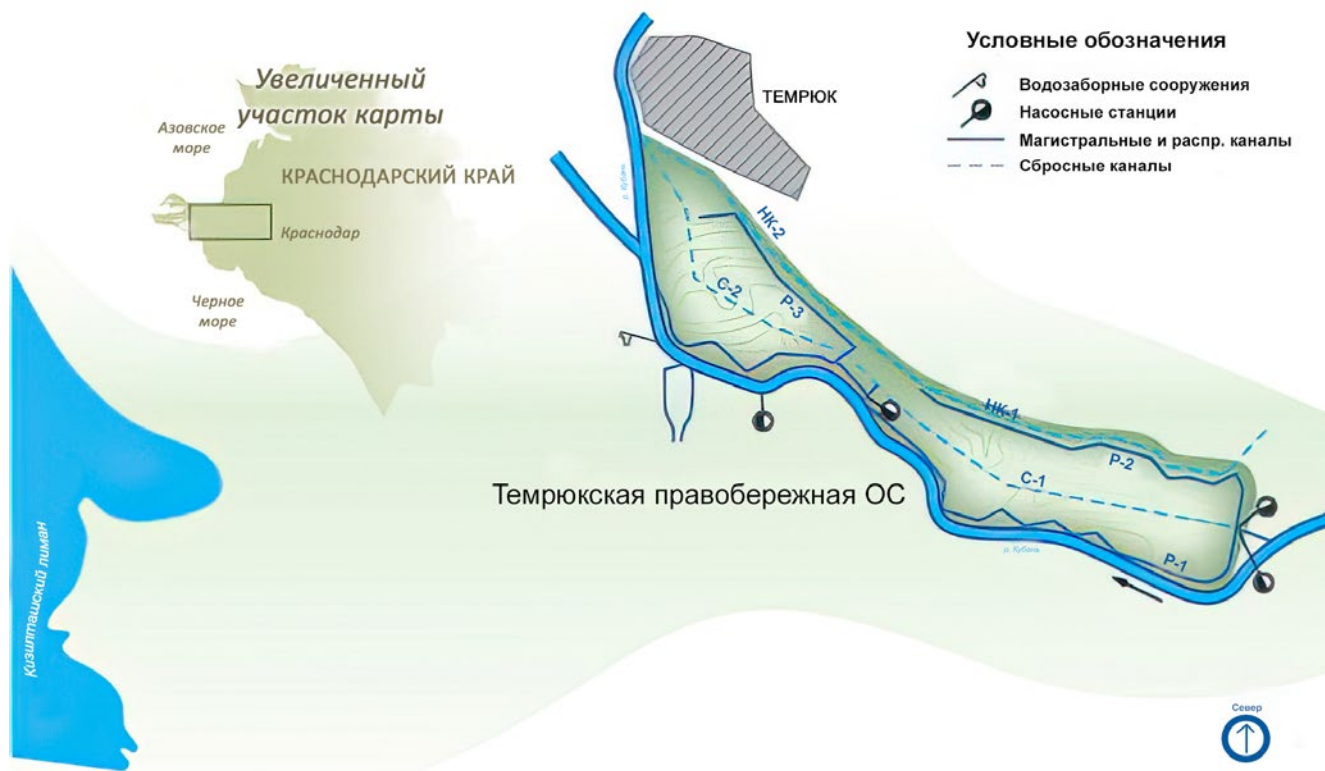


Рис. 1. Схема расположения Темрюкской оросительной системы (<https://www.kmnh.ru/mhm2.html>)

грунтов дельты р. Кубани, являются воды реки. В результате сезонного затопления низменных частей рельефа прикубанской территории соли поступают в грунтовые воды [5]. После разливов вода застаивается и при ее испарении в днище испарин скапливается некоторое количество солей, вызывающих постепенное засоление почв [6].

Таким образом, современная дельта реки Кубань является естественным аккумулятором солей, что приводит к широкому распространению засоленных грунтов в данном регионе.

Стоит отметить, что все, кто исследовал особенности состава и свойств грунтов кубанской поймы подходили с определенной позиции, учитывающей выращивание риса в условиях засоленных грунтов. Фитомелиорантом на территориях рисо-опытных хозяйств являлись люцерна, горчица, рапс. Применялся севооборот: 3 года рисовые культуры в затопленных условиях, 1–2 года фитомелиоранты без затопления площади. Также исследователи сходились в едином мнении о подтоплении и затоплении из-за особенностей рельефа прирусловой территории.

Реки Азово-Кубанской низменности (степные) в основном текут в северо-западном направлении

и впадают в Азовское море. У степных рек в пределах рассматриваемой территории низкие берега, неглубокие речные долины, спокойное течение. Большая часть стока этих рек зарегулирована в силу крупномасштабного аграрного освоения района исследования.

Все вышесказанное предопределило сооружение в Краснодарском крае рисовых оросительных систем (РОС), относящихся к земляным сооружениям IV типа. На рисунке 2 представлена схема устройства рисового чека [7].

Основной период развития строительства оросительных систем Краснодарского края пришелся на 60–70-ые гг. прошлого столетия. Краснооктябрьская оросительная система, построенная в 1969 г. и отнесенная в дальнейшем к правобережной Темрюкской РОС, расположена на правом берегу Кубани между рекой и Курчанской грядой.

Геологическая изученность участка исследования

Объектом исследования стали современные аллювиальные просадочные грунты, которые претерпели техногенное преобразование в условиях развития и формирования агромелиорации на территории

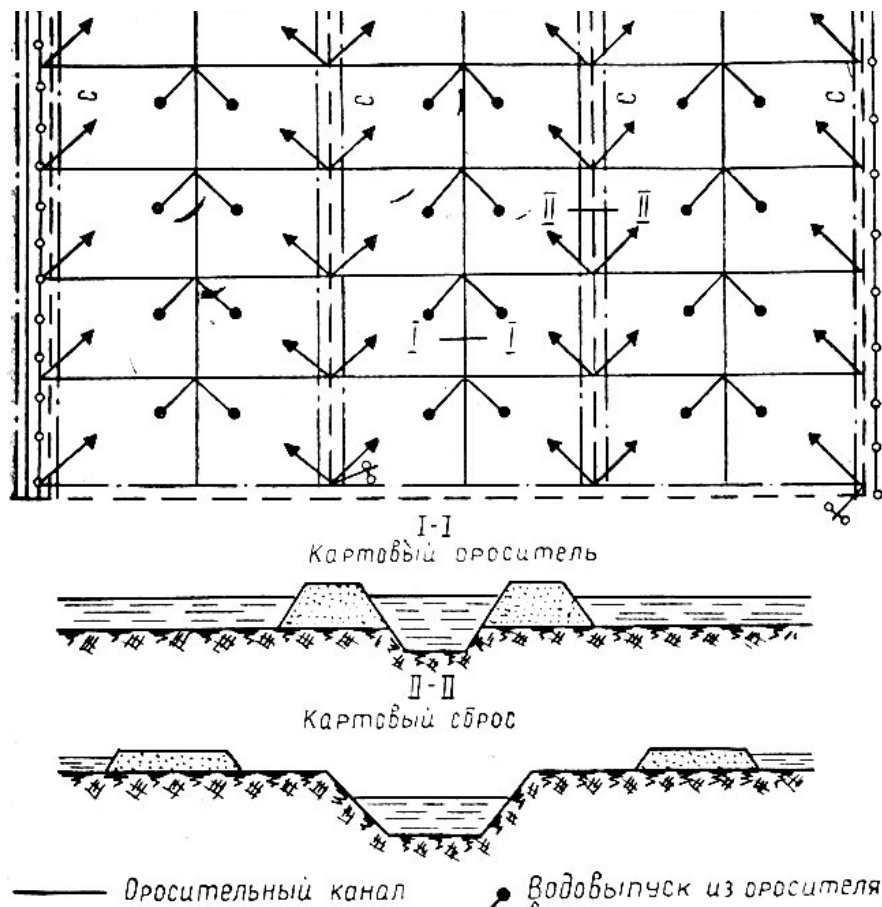


Рис. 2. Схема устройства рисового чека и условные обозначения [7]

Краснодарского края, Темрюкского района, Курчанского сельского поселения, совхоза «Красный Октябрь» (рис. 3).

До 1950-х гг. участок исследования представлял собой затопливаемую пойму реки Кубань, где были широко распространены болота в западинах рельефа. Стоит отметить, что характер затопления носил систематический и неконтролируемый характер, на территории впоследствии образовались старицы, которые приобрели вид пойменных озер. На американских картах 1954 г. (квадрат L-37) масштаба 1:250000 явно выражены водные объ-

екты, имеющие застой поверхностных вод (рис. 4). В границах исследования до устройства рисовой оросительной системы были следующие водные объекты: лиман Кривой, озеро Круглое, плавни Шмоталиевские.

Множество старичных озер, лиманов, плавней при развитии агромелиорации были осушены с последующим планированием территории. Грунты, находящиеся в состоянии постоянного водонасыщения, при развитии агромелиорации изменили свое состояние и общую дренированность массива. Верхняя часть геологического раз-

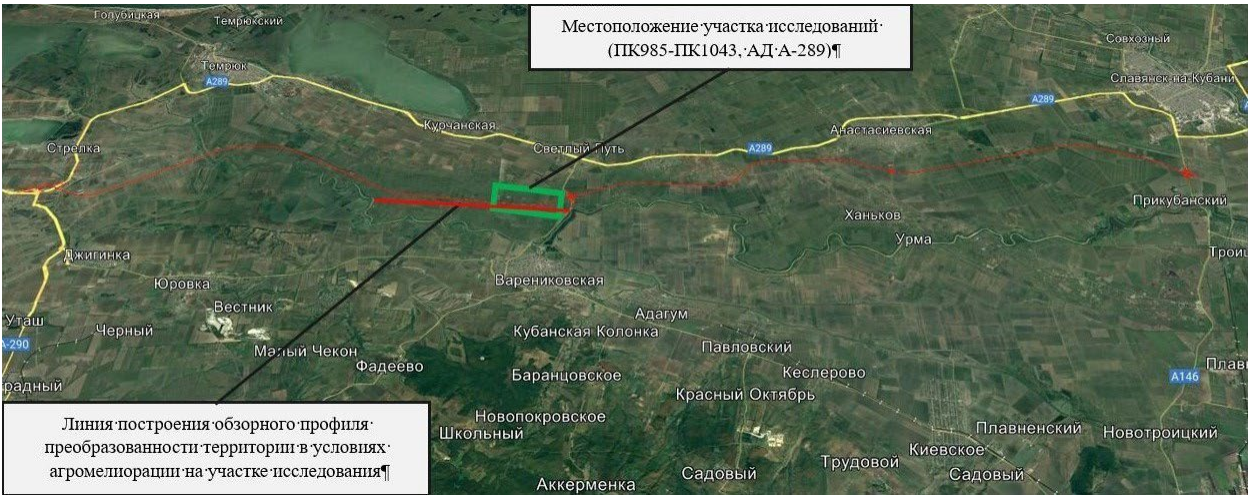


Рис. 3. Местоположение участка исследований



Рис. 4. Фрагмент карты 1954 года масштаба 1:250000 (квадрат L-37, американская карта)
(https://retromap.ru/14194312_0020090_z12_45.154079,37.637786&leftfull=100)

реза территории исследования сменила пойменные условия на условия надпойменных террас, что повлекло за собой изменения показателей как влажности, так и плотности грунтов с последующей их трансформацией в современные геологические тела, формирующиеся в условиях аридного климата.

Возможность проявления процесса просадочности в первоначальных условиях территории отсутствовала из-за полного водонасыщения массива аллювиальных грунтов.

При производстве земляных объемно-планировочных работ по устройству территории под рисовую оросительную систему был преобразован природный профиль поверхности земли. Перед этим были уплотнены грунты основания с целью предотвращения утечек с заливаемых участков и смешивания их с грунтовыми водами первого от поверхности регионально развитого аллювиального водоносного горизонта, имеющего гидравлическую связь с лиманами Краснодарского края. Строительство Краснооктябрьской оросительной системы заняло 4 года. При этом изменились термодинамические условия в приповерхностном слое аллювиальных грунтов, часть из которых была перемещена и отложена методом обратной засыпки при планировке территории. Кроме этого, поменялись и гидрогеологические условия территории РОС.

Рисовые чеки представляют собой прямоугольные земляные карты с уплотненным глинистым грунтом в основании, а также водонепроницаемой обваловкой вокруг с устройством глиняного замка. Изменение при планировке территории условий залегания грунтов в основании земляных сооружений привело в дальнейшем к неконтролируемому их преобразованию. Большое количество органических, а также органо-минеральных грунтов было перемещено методом обратной засыпки и спланировано в чашах рисовых чеков в качестве плодородной основы для выращивания рисовых культур.

Исследуемые рисовые чеки в 1990 г. перестали полноценно функционировать в связи с их неудовлетворительным состоянием, а также засолением в них грунтов. По мнению авторов, именно с прекращением регулируемого затопления рисовых

чеков процесс дегидратации массива в условиях аридного климата ускорился, так как в него оказалась вовлечена еще и сезонно-затапливаемая толща грунтов до 0,7 м.

Сводные характеристики просадочных грунтов на участке исследования по глубинам отбора образцов представлены в таблице 1 и [8].

Стоит отметить, что грунты, относящиеся к среднепросадочным грунтам в соответствии с таблицей Б.18 ГОСТ 25100-2020, имеют в своем минеральном составе преобладающее содержание смектитов и иллитов [8].

По результатам анализа полученных лабораторных данных можно утверждать, что массив изучаемых грунтов мощностью до 2,0 м, а местами до 3,7 м, обладает схожими влажностными и плотностными характеристиками в интервалах исследования. Это свидетельствует о первоначально едином процессе осадконакопления отложений, а также схожего техногенного воздействия на грунты в природном сложении. Начальное просадочное давление в образцах просадочных грунтов значительно превышает бытовое давление образцов на глубине при их полном водонасыщении, что позволяет говорить об отсутствии просадочности от собственного веса и необходимости внешней нагрузки для проявления этого процесса.

Участок исследования на ПК 985-1043 в границах бывшего рисо-опытного совхоза «Красный Октябрь» относится к I типу просадочности. Дисперсные связные грунты в большинстве случаев являются слабопросадочными, в соответствии с таблицей Б.18 ГОСТ 25100-2020. Однако среди изученных образцов грунтов часть классифицировалась как среднепросадочные [8].

В интервалах отбора проб с глубины более 2,0 м от дневной поверхности у ряда образцов, обладающих низкой плотностью и невысокими значениями природной влажности, отмечены следующие особенности: начальное просадочное давление на глубине отбора значительно ниже значений бытового давления на той же глубине при полном водонасыщении. Значения относительной деформации просадочности при нагрузке на первой ступени дав-

Таблица 1. Сводные характеристики просадочных грунтов по глубинам исследования [8]

Интервал отбора, м	Природная влажность, %	Природная плотность грунтов, г/см ³	Начальное просадочное давление, МПа	Относительная деформация просадочности ε_{sl} , д.е.	
				слабопросадочные	среднепросадочные
0,00–1,00	11,2–38,1	1,65–1,95	0,066–0,027	0,015	0,034
1,00–2,00	13,0–28,7	1,69–1,92	0,046–0,240	0,019	0,037
2,00–3,00	10,5–28,4	1,62–1,92	0,036–0,245	0,017	0,048
> 3,00	16,7–27,3	1,66–1,91	0,026–0,207	0,013	0,047

ления 0,05 МПа зафиксированы в диапазоне 0,01–0,04 д.е. Принимая во внимание все вышесказанное, авторы считают, что данные образцы просадочных грунтов относятся к II типу просадочности [8].

Этапы трансформации участка исследования

Обзорные схемы трансформации верхней части геологического разреза построены на основании материалов инженерно-геологических изысканий, выполненных организацией ООО «Гипрострой-мост-Геотех» в 2019–2020 гг. на участке исследования. Кроме этого, в 2021 г. были пройдены шурфы с целью отбора проб грунтов для дополнительных лабораторных исследований.

Природный профиль до строительства рисовой оросительной системы, 1950 год

В период аграрного освоения территории лишь к концу 1950-х гг. начались объемно-планировоч-

ные земляные работы по устройству рисовой оросительной системы. До этого момента площадь исследования была свободна от техногенных нагрузок. Схематичный природный профиль поверхности земли до устройства рисовой оросительной системы представлен на рисунке 5 (1950 г.), на котором отображены водоемы. Стоит отметить, что большинство водоемов солоноватые из-за застойности вод и засоленности грунтов.

Первый этап техногенеза участка исследования, 1960 год

В 1959–1960 гг. началось активное освоение территории исследования. Природный профиль поверхности был серьезно преобразован, существующие понижения были перезаполнены местным грунтом. Использование современных аллювиальных отложений из-за их высокой природной влажности позволяло эффективно производить уплот-

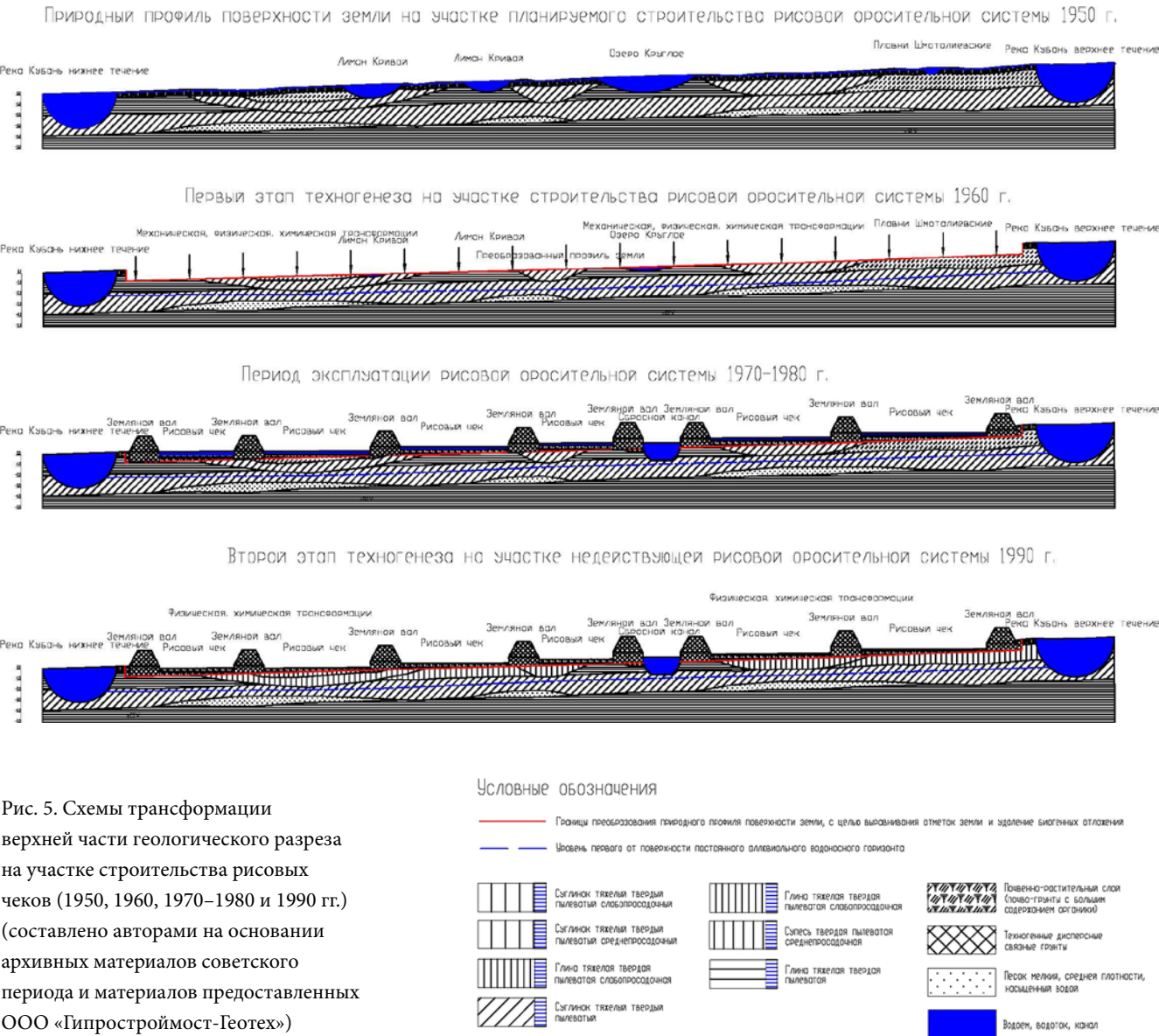


Рис. 5. Схемы трансформации верхней части геологического разреза на участке строительства рисовых чеков (1950, 1960, 1970–1980 и 1990 гг.) (составлено авторами на основании архивных материалов советского периода и материалов предоставленных ООО «Гипрострой-мост-Геотех»)

нение глинистых грунтов, а также устройство глиняных замков. При строительстве рисовой оросительной системы грунтовый массив претерпел трансформацию, которая включала в себя механическое, физическое, химическое воздействие на исследуемые грунты. В 1969 г. было завершено строительство рисовой оросительной системы. Водоотводный канал вокруг РОС в период строительства (водопонижение) был ликвидирован. Затем через систему водозаборов от р. Кубани были заполнены оросительные и магистральные каналы, началось функционирование системы. Обзорная схема трансформации природного профиля поверхности на площади исследования представлена на рисунке 5 (1960 г.).

Ниже описаны основные механизмы преобразования современных аллювиальных грунтов на участке в границах совхоза «Красный Октябрь».

Механическая трансформация, которая заключается в изменении формы (границ) залегания грунтов, а также разрушении природного строения. На участке исследования это произошло при целенаправленном изменении рельефа и последующем уплотнении массивов грунтов, а также повторных ремонтов земляных сооружений рисовой оросительной системы.

Физическая трансформация, которая включает в себя изменение температурного режима грунтов, их плотности и влагосодержания (фазового состояния).

Химическая трансформация грунтов, которая заключается в изменяющемся составе слагающих их веществ. Первый признак химической трансформации — это засоление грунтов, показатели которого позволяют классифицировать их как засоленные. Засоление сульфатное, из-за чего карбонаты на контактах пылеватых частиц в массиве грунтов были разрушены и замещены. Вторым признаком химической трансформации является нарушение окислительно-восстановительных процессов, протекающих в грунтах и почвах рисовой оросительной системы. В период эксплуатации РОС окислительно-восстановительные процессы в грунтах замедлялись в период с апреля по октябрь, когда спускалась вода с гидроузлов [9].

Период эксплуатации рисовой оросительной системы, 1970–1980-ые годы

В период с 1970 по 1985 гг. рисовая оросительная система функционировала полноценно. Единичные техногенные аварии, случавшиеся при эксплуатации подобного рода сооружений, допустимы. Устранялись они оперативно, поэтому не влияли на функционирование всей Темрюкской оросительной

системы. В большинстве своем экстренные работы касались укрепления откосов земляных сооружений рисовых чеков, которые в процессе эксплуатации разрушались от эрозии. За указанный период 4 раза применялся севооборот с целью снижения содержания солей в грунтах основания рисовых чеков. Обзорная схема действующей рисовой оросительной системы в 1970–1980-ые гг. на участке исследования представлена на рисунке 5.

Второй этап техногенеза участка исследования, 1990 год по настоящее время

Из-за накопленных техногенных нарушений при эксплуатации рисовой оросительной системы в 1990 году возникла необходимость планомерного вывода орошаемых земель из водооборота. Мелиораторами было принято решение об исключении рисовых чеков из водооборота для высадки влаголюбивой растительности. С 1990-х гг. по настоящее время на участке исследования происходит дегидратация изучаемых грунтов. После вывода из эксплуатации рисовых чеков изменился температурный режим грунтов. Обзорная схема недействующей рисовой оросительной системы на участке исследования представлена на рисунке 5 (1990 г.).

Стоит отметить, что на каждом этапе техногенеза ранее затапливаемой поймы р. Кубань проявляются различные типы трансформации состава и свойств грунтов.

В настоящей статье рассмотрены следующие особенности трансформации свойств грунтов на участке рисо-опытного хозяйства с учетом описанного ранее в [8] и [9]:

- механизм происхождения просадочности у современных аллювиальных отложений в условиях агромелиорации на объекте исследования, который соответствует аллювиальной гипотезе Н. Я. Денисова и Н. И. Кригера, уточненной В. Т. Трофимовым;
- эпигенетическое происхождение свойства просадочности у преобразованных современных аллювиальных грунтов.

Результаты исследования и обсуждения

Авторами статьи проанализирована аллювиальная гипотеза происхождения просадочности современных техногенно преобразованных аллювиальных грунтов, в условиях агромелиорации, а также эпигенетичность свойства просадочности у грунтов.

Содержание гипотезы Н. Я. Денисова, уточненной Н. И. Кригером и В. Т. Трофимовым

В соответствии с этой гипотезой просадочность у аллювиальных отложений возникает вследствие

изменения термодинамических условий уже после завершения их накопления и превращения в высокопористые породы (преимущественно скрыто- и линзовиднослоистых микрофаций аллювия) в условиях поймы. В силу этого они (породы) теоретически за счет описанного далее процесса могут реализовать просадочность только под дополнительной нагрузкой [10,11].

Н. Я. Денисов обосновал возможность появления просадочности у аллювиальных пылеватых пород после смены пойменных условий обстановкой надпойменной террасы в условиях засушливого климата. Им логически показаны пути образования этого свойства у таких пород как в ходе естественного геологического развития территории (увеличение внешней нагрузки за счет формирования в аридных условиях перекрывающей аллювий делювиальной, пролювиальной или другой по генезису субаэральной толщи), так и в процессе инженерно-хозяйственной деятельности человека (например, вследствие увеличения внешней нагрузки под действием возведенного сооружения).

Развитие процесса уплотнения аллювиальных пылеватых отложений пойменной фации представляется следующим. При накоплении пылеватых осадков в пределах поймы давление, испытываемое их элементарным слоем в связи с увеличением мощности последующих перекрывающих образований с 0 до h м, возрастает от 0 до P_1 . Поскольку осадки водонасыщены (или сильно увлажнены), то их уплотнение эффективно и совпадает с кривой нормального уплотнения.

В ходе геологического развития пойменные условия сменяются обстановкой надпойменной террасы, что вызывает некоторое подсыхание, усадку и упрочнение аллювиальных отложений. Если затем эти породы будут перекрыты образованиями делювиального (пролювиального) происхождения (или на них возведут инженерное сооружение), то суммарная нагрузка на рассматриваемый слой возрастет до большей по сравнению с разрезом поймы величины (до P_2). Под её влиянием маловлажные упрочненные породы этого слоя начнут уплотняться. Их уплотнение идет существенно медленнее по сравнению с полностью водонасыщенным осадком. Вследствие этого возникает эпигенетическая недоуплотненность аллювиальных пород (при этом, чем больше величина дополнительной пригрузки и чем меньше влажность этих пород, тем большей будет степень такой недоуплотненности). В соответствии с этим, увлажнение такого грунта вызовет его доуплотнение и дополнительную просадку.

Н. И. Кригер в своих работах обращал внимание на формирование свойства просадочности

породы под воздействием множества факторов. С термодинамической точки зрения, основными факторами, вызывающими трансформации пород, являются статическое давление, вибрация, температура и физико-химическое воздействие воды [12].

Формирование просадочности у грунтов аллювиального генезиса происходит, как следует из приведенного описания, в несколько этапов.

Этапы и факторы, указывающие, по мнению авторов, на аллювиальную гипотезу происхождения эпигенетической просадочности грунтов у современных техногенно преобразованных аллювиальных грунтов в условиях агромелиорации на участке исследования [13]:

1. Современные аллювиальные грунты, первоначально образовавшиеся в пойме реки Кубань в обстановке аридного климата, являются водонасыщенными в природных условиях и содержат большое количество органических веществ. При развитии агромелиорации макро- и мезоформы существующего рельефа изменились, территория подверглась планировке, поверхность земли стала стационарна, прекратилась сезонная затопляемость площадей водами реки Кубань, хотя приуроченность к единому геоморфологическому элементу осталась.

В период развития агромелиорации росла зарегулированность р. Кубани и её притоков. Большие территории затопляемых пойм перестали существовать (в том числе, Лиман Кривой, озеро Круглое, плавни Шмоталиевские), и на их месте создали гидротехнические сооружения, основанием для которых стали переувлажненные пойменные грунты биогенного происхождения.

2. При планомерном сельскохозяйственном развитии Краснодарского края район исследования (пойма реки Кубань) перестал затопливаться, рельеф территории был спланирован. Особое отношение при строительстве рисо-опытных систем уделялось созданию прослойки слабо проницаемых грунтов в основании рисовых сезонно-затопляемых чеков. При подготовке территории грунты уплотнялись и создавался так называемый глиняный замок, предотвращающий утечки с чеков и водопритоков из первого регионально развитого водоносного аллювиального горизонта. Уплотненные грунты в основании рисовых чеков оказались в особых условиях, которые заключались в следующем: сезонное водонасыщение грунтов в карте рисового чека над уплотненной толщей, постоянное водонасыщение аллювиальных верхнечетвертичных грунтов, подстилающих уплотненные грунты. Уплотненные грунты основания рисовых чеков

стали локальным водоупором как поверхностным водам, так и грунтовым водам. При уплотнении грунтов методом вибротрамбования произошло отжатие воды из толщи грунтов, вследствие чего имело место структурное преобразование первоначальной породы и формирование нового техногенного осадка (грунта) в условиях агромелиорации. Природная влажность уплотненных грунтов в основании чеков значительно ниже, чем в интервале от 0 до 4 м по глубине и чем у грунтов, подстилающих зону исследования. Стоит отметить, что в разрезе преобладают дисперсные связные грунты, которые находятся в состоянии полного водонасыщения.

В 1990-х гг. рисо-опытное хозяйство пришло в упадок, не стало сезонного затопления рисовых чеков. Последней посадкой на чеках правобережной Темрюкской РОС была люцерна, которая влияет на дегидратацию грунтов, т. к. ее корневая система поглощает из них капиллярную воду вместе с легко-растворимыми солями, и таким образом, оказывает положительное влияние и уменьшает засоленность грунтов.

Грунтовое основание рисовых чеков, по мнению авторов, дважды подвергалось изменению строения: в 1960 г. при планировке и устройстве территории механическая, физическая, химическая трансформации и в 1990-х гг. под действием температурного воздействия на грунты и при отсутствии зарегулированного сезонного затопления – физическая и химическая трансформации.

Свойства уплотненных грунтов формировались на площади исследования в изменяющихся условиях. Просадочность как свойство проявилась у аллювиальных отложений, которые подверглись механической (уплотнение вибротрамбованиями и виброкатками, изменение профиля земли) и физической (водоотведение поверхностное на период строительства) трансформациям при агро-мелиорации.

3. После подготовительных строительных работ, направленных на уплотнение грунтов в основании рисовых чеков, была произведена планировка откосов бортов чеков и устройство биогенного культурного слоя в основании чека. На уплотненные грунты были переотложены методом обратной единоразовой засыпки излишки современных аллювиальных грунтов мощностью до 1,0 м. Мощность биогенного культурного слоя для выращивания риса составила до 0,7 м в зависимости от отметок рисового чека. Стоит отметить, что грунты, перекрывающие ранее уплотненный слой, имели разную консистенцию (от текучей до полутвердой) и различные коэффициенты водонасыщения.

Иссушение массива уплотненных грунтов началось с момента строительства рисовой оросительной системы, которое ускорилось, когда перекрывающий массив связных грунтов перестал сезонно замачиваться в 1990-х гг. На данном этапе техногенного развития и изменения территорий произошло дополнительное иссушение массива грунтов, а также повышение их температуры. Все вышеуказанные факторы свидетельствуют об изменении термодинамических условий уплотненных грунтов.

С мая по конец сентября температуры грунтов на поверхности земли превышают 30°C, а в июне-августе составляют 40–50°C, в соответствии с климатической справкой метеостанции Славянск-на-Кубани, что напрямую указывает на недостаточность увлажнения грунтов основания рисовых чеков.

В своих исследованиях В. Т. Трофимов отметил, что при высоких температурах (40°C) на поверхности образца формируется зона просадочности, проявляющаяся при замачивании под очень небольшим давлением (0,01 МПа).

Более интенсивная просадочность грунтов (в частности, лессовых), формирующаяся при воздействии более высоких температур обусловлена, по мнению В. Т. Трофимова, изменением микро-строения пород, возникающим при дегидратации сильноувлажненных осадков и молодых грунтов при одинаковых температурах на поверхности толщи [13].

По мнению авторов, носящее приобретённый характер свойство просадочности для исследуемых грунтов ускорило свое пространственное развитие в период упадка рисо-опытного хозяйства в 1990-х гг., выразившегося в дегидратации грунтов. Такая просадочность техногенно преобразованных современных аллювиальных грунтов по отношению ко времени их формирования является более поздней. Стоит отметить, что проявление в исследуемом грунтовом массиве просадочных свойств носит островной характер и в большинстве своем зависит от состава, структуры и свойств грунтов.

Сама земляная конструкция рисовых чеков, сложенная слабопроницаемыми связными разностями, является перекрывающей (консервирующей, изолирующей) просадочные грунты. Тем не менее на территории рисо-опытного хозяйства в настоящее время грунты находятся в активной стадии прогрессивного техногенеза и в будущем могут проявить свои просадочные свойства.

Однако на объекте исследования только часть грунтов, с наиболее подходящими для этого составом, свойствами, структурой, обладала эпигенети-

ческим свойством просадочности при благоприятных термодинамических условиях. По мнению авторов, в дальнейшем непросадочные грунты тоже могут проявить свойство просадочности, из-за чего будет расти пораженность территории опасным геологическим процессом.

Выводы

В период аграрного освоения в 1950-х гг. участок исследования с одновременно существующими постоянными озерами, лиманами и плавнями был затоплен или затапливался, а грунты постоянно находились в состоянии полного водонасыщения.

Серьезные преобразования природного профиля земли при развитии агромелиорации, а также физические, химические, механические трансформации грунтового массива привели к образованию новых условий, в которых грунты природного сложения были уплотнены, таким образом, уменьшилась их проницаемость и изменились влажностные показатели. В период упадка рисо-опытных хозяйств в 1990-х гг. к вышеприведенным изменениям добавились температурные, возникшие из-за прекращения сезонного затопления рисовых чеков и просушки массива при помощи высадки фитомелиорантов на долгие годы, что также привело к дополнительной дегидратации грунтов в условиях аридного климата.

Верхняя часть (2–3 м) геологического разреза имела минимум 2 явные стадии трансформации непосредственно при техногенном освоении территории. Первая стадия проходила при первичной дегидратации массива во время планировочных работ по строительству рисовой оросительной системы, когда высокопористые глинистые грунты, претерпевали уплотнение и переходили из состояния полного водонасыщения в условия недостаточной влажности. Вторая стадия трансформации имела место, когда у глинистых уплотненных грунтов уменьшилась природная влажность после ввода в эксплуатацию рисовой оросительной системы и создавался единый влажностный режим. В 1990-х

гг. территория подверглась повторной серьезной дегидратации в условиях прекращения сезонного затопления рисовых чеков и благодаря высадки влаголюбивой растительности (люцерны), поэтому произошел следующий скачок снижения природной влажности исследуемых грунтов. В период полевых работ 2020 года коэффициент их водонасыщения составлял 0,3–0,7 д.е. [8].

По результатам анализа имеющейся информации авторы предполагают, что свойство просадочности изучаемых техногенно измененных современных аллювиальных грунтов по отношению ко времени их образования является более поздним. Принимая во внимание вышесказанное, просадочность на объекте исследования была отнесена авторами к эпигенетическому типу. Сам же механизм формирования просадочности следует называть последегидратационно-доуплотнительным [14].

Степень поражения территории опасным геологическим процессом (в т. ч. и специфических грунтов) будет возрастать, так как, по мнению авторов, участок исследования благоприятен для формирования свойства просадочности как по геологическим, гидрогеологическим, так и по температурным условиям в обстановке аридного климата. Кроме этого, одним из основных признаков, присущим всей площади, на которой расположены рисовые чеки, является смена пойменных условий формирования свойств грунтов на абсолютно отличные от них условия надпойменной террасы. Авторы считают, что аллювиальная гипотеза происхождения свойства просадочности грунтов может быть распространена и на техногенно освоенные территории с переменными условиями формирования свойств грунтов в обстановке аридного климата. При этом следует учитывать индивидуальные особенности самих технических сооружений и их взаимодействие с геологической средой, которые в определенных случаях носят основополагающий характер при формировании свойств техногенно преобразованных современных аллювиальных грунтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блажний Е. С. О засоленных почвах дельты и долины реки Кубани и закономерностях их распределения / Е. С. Блажний // Вопросы генезиса почв. — М., 1957. — С. 207–217.
2. Блажний Е. С. Почвы равнинной части Абинского и Северского районов Кубанского округа / Е. С. Блажний // Тр / Гос. Ин-т Табаководения. — Краснодар, 1960. — Вып. 75. — С. 38–49.
3. Богдан В. С. Закубанские плавни в почвенно-ботаническом и мелиоративном отношении / В. С. Богдан, В. А. Шумаков // Тр. / Кубань. СХИ. — 1925. — Т. 3. — С. 15–69.
4. Герасимов А. Ю., Лаврусевич А. А., Лаврусевич И. А. Состав и свойства грунтов современных техногенных геологических тел, образованных в условиях агро-мелиорации //

- Грунтоведение. — 2024. — Вып. 22. — № 1. С. 44–56.
5. Герасимов А. Ю., Лаврусевич А. А. Минеральный состав современных просадочных отложений в основании строящейся автомобильной дороги А 289 / А. Ю. Герасимов, А. А. Лаврусевич // Вестник Евразийской науки. — 2023. — Т 15. — № 2.
 6. Кригер Н. И. Лёсс. Формирование просадочных свойств. — М.: Наука, 1986. — 120 с.
 7. Осипов А. В. Изменение свойств и солевого режима рисовых почв современной дельты реки Кубани: монография / А. В. Осипов; под общ. ред. В. Н. Слюсарева. — Краснодар: КубГАУ, 2016. — 131 с.
 8. Тонконоженко Е. В. Засоленные почвы дельты реки Кубани и изменение их свойств при окультуривании / Е. В. Тонконоженко, Р. Ф. Аль-Шайеб // Почвоведение. — 1979. — № 6. — С. 136–144.
 9. Трофимов В.Т. Генезис просадочности лёссовых пород (гипотезы, экспериментальные данные, задачи дальнейших исследований). Статья 2 // Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология. — 1986б. — № 2. — С. 60–76.
 10. Трофимов В. Т. Модели формирования просадочности лёссовых пород // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. — 1990в. — № 2. — С. 3–19.
 11. Трофимов В. Т. Основы теории формирования просадочности аллювиальных лёссовых пород // Геоэкология. — 2001в. — № 6. — С. 531–535.
 12. Трофимов В. Т. Теория формирования просадочности лёссовых пород. — М.: ГЕОС, 2003. — 275 с., 85 илл.
 13. Тулякова З. Ф. Рис на Северном Кавказе Текст. Ростов — Н/Д., 1973. — 116с., 21 илл.
 14. Тюремнов С. И. Классификация почв Западного Предкавказья в связи с общей системой классификации почв / С. И. Тюремнов // Почвоведение. — 1926. — № 2.