ПРИРОДА АРИДНЫХ ЗОН И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Монография

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ОРЕНБУРГСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСУИЙ ЦЕНТР

ПРИРОДА АРИДНЫХ ЗОН И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Монография

Электронное текстовое издание

Под редакцией д.г.н. Ю. М. Нестеренко

Санкт-Петербург
Наукоемкие технологии
2020

© Оренбургский ФИЦ УрО РАН, 2020
ISBN 978-5-6045558-2-8

УДК 504.062+502.3(470.5)
ББК 20.18
П77

Коллектив авторов
Нестеренко Ю. М., Бакиров Ф. Г., Нестеренко М. Ю., Владов Ю. Р., Поляков Д. Г.,
Соколов А. Г., Халин А. В., Цвяк А. В.

Рецензенты
доктор географических наук **С. В. Левыкин**;
доктор геолого-минералогических наук **П. В. Панкратьев**

Природа аридных зон и природопользование [Электронный ресурс]: монография / Ю. М. Нестеренко, Ф. Г. Бакиров, М. Ю. Нестеренко, Ю. Р. Владов, Д. Г. Поляков,
П77 А. Г. Соколов, А. В. Халин, А. В. Цвяк; под ред. Ю. М. Нестеренко; отдел геоэкологии Оренбургского ФИЦ УрО РАН. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2020. – 289 с. – URL: https://publishing.intelgr.com/archive/priroda-aridnyih-zon.pdf.

ISBN 978-5-6045558-2-8

В книге представлены работы, отражающие современные проблемы развития природных систем в условиях интенсивного антропогенного воздействия. Рассмотрены теоретические, методологические и прикладные аспекты состояния и развития аридных зон на примере вододефицитного Южного Урала в естественном и при антропогенном воздействии. Показано системообразующее значение водной компоненты на развитие его природы, социума и экономики. Особое внимание уделено формированию и эффективности использования водных ресурсов природными степными биоценозами и агроценозами в различных системах земледелия. Представлены исследования геологической среды и гидрогазодинамики в районах добычи углеводородов в Южном Предуралье. Предложены методические подходы к комплексному природопользованию, обеспечивающему развитие природы, ее биопродуктивности с участием человека и учетом его интересов в системе природа-человек на принципах биоценоза.

Книга рассчитана на природоведов, гидрологов, гидрогеологов, геологов, природопользователей, специалистов по управлению состоянием природно-техногенных объектов, работников сельского хозяйства и интересующихся природой и природопользованием.

UDC 504.062+502.3(470.5)
Nature of the arid zone and nature management / ed. Yu. M. Nesterenko; Department of Geoecology, Orenburg FSC UB RAS. Saint Petersburg, Naukoemkie tehnologii Publishing House, 2020. 289 p. (in Russian).

ISBN 978-5-6045558-2-8

The book presents works that reflect current problems of natural systems development under conditions of intense anthropogenic impact. Theoretical, methodological and applied aspects of the condition and natural systems development of water-deficient South Urals in natural and anthropogenic impacts are considered. The system-forming importance of a water component on development of its nature, society and economy is shown. Particular attention is paid to formation and efficient use of water resources by natural steppe biocenoses and agrocenoses in various farming systems. The research of geological environment and hydrodynamics in hydrocarbon production areas in the South Urals is presented. Methodological approaches to integrated nature management, which ensure the development of nature, its bio-productivity with the participation of man and taking into account his interests in a nature-man system based on principles of biocenosis, are proposed.

The book is intended for natural scientists, hydrologists, hydrogeologists, geologists, nature users, specialists in managing the state of natural and technogenic objects, agricultural workers and those interested in nature and nature management.

ISBN 978-5-6045558-2-8 © Оренбургский ФИЦ УрО РАН

Научное издание

Нестеренко Юрий Михайлович
Бакиров Фарит Галиуллиевич
Нестеренко Максим Юрьевич
Владов Юрий Рафаилович
Поляков Дмитрий Геннадьевич
Соколов Александр Григорьевич
Халин Александр Васильевич
Цвяк Алексей Владимирович

Природа аридных зон и природопользование

Монография
Электронное текстовое издание

Подписано к использованию 10.12.2020.
Объем издания – 13,7 МБ

Издательство «Наукоемкие технологии»
ООО «Корпорация «Интел Групп»
https://publishing.intelgr.com
E.mail: publishing@intelgr.com
Тел.: +7 (812) 945–50–63

ISBN 978-5-6045558-2-8

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 9

ГЛАВА 1. ПРИРОДА ЮЖНОГО УРАЛА 12

1.1. Методология исследований природы Южного Урала 12
1.2. Компоненты природы Южного Урала 14
1.2.1. Рельеф и геоморфология 18
1.2.2. Геологическое строение 21
1.2.3. Климат 24
1.2.4. Гидрография и речной сток 28
1.2.5. Растительность 31
1.2.6. Почвы и их развитие в условиях водного дефицита 34
1.2.7. Экономическое и социальное развитие Южного Урала 46

ГЛАВА 2. ПРИРОДНЫЕ ВОДЫ, ФОРМИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 55

2.1. Природные воды Южного Урала 58
2.1.1. Методика исследования 58
2.2. Атмосферные осадки 62
2.3. Поверхностные воды Южного Урала и их использование 70
2.3.1. Речной сток 72
2.3.2. Озера 79
2.3.3. Водохранилища 82
2.4. Подземные воды и их использование 86
2.5. Формирование водного стока на водосборе 91
2.5.1. Поверхностный водный сток на водосборах Южного Урала 96

ГЛАВА 3. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ 111

3.1. Виды сельскохозяйственного землепользования 111
3.2. Природа и системы земледелия на Южном Урале 113
3.2.1. Влага чистых паров и ее использование 118
3.2.2. Эффективность использования влаги и плодородия почв на Южном Урале 120
3.3. Развитие и использование почвы 132
3.4. Пахотные земли и их использование 147
3.4.1. Эффективность использования пашни 148
3.4.2. Система земледелия – основа оптимального землепользования 148
3.4.3. Технология подзимнего посева яровых ранних культур на примере пшеницы 162
3.4.4. Чередование культур и использование агроценозов степной зоны Южного Урала 166

ГЛАВА 4. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА ЮЖНОГО УРАЛА: ФОРМИРОВАНИЕ, ГЕОДИНАМИКА И НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ 172

4.1. Геология Южного Урала 172
4.1.1. Геология Южного Предуралья и его изучение 174
4.1.2. Уральские горы Южного Урала 204
4.1.3. Геология Южного Зауралья 207
4.2. Анализ современных геодинамических и тектонических процессов в Южном Предуралье 207

4.2.1. Методика определения современных движений земной коры с использованием глобальных навигационных спутниковых систем 213
4.2.2. Результаты наблюдений за современными движениями земной коры в Южном Предуралье 217

ГЛАВА 5. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ 224

5.1. Управление природопользованием 224
5.1.1. Проблемы управления 224
5.1.2. Закономерности природопользования 226
5.1.3. Основные вопросы, рассмотренные в работах известных экологов 227
5.2. Закономерности и принципы управления природопользованием вододефицитной территории 229
5.2.1. Закономерности антропогенного изменения компонентов природы 229
5.2.2. Принципы управления развитием компонентов природы 229
5.2.3. Разработка классификации сложных объектов исследования 230
5.2.4. Агрегированные географические модели состояния природных компонентов, расположенных на вододефицитной территории 232
5.2.5. Геоинформационные технологии интеллектуального управления состоянием природных компонентов на вододефицитной территории 232
5.3. Природно-ресурсный потенциал административных районов Оренбуржья 234
5.3.1. Методика разработки технологии 234
5.3.2. Выбор показателей, характеризующих относительное состояние администрантов 235
5.3.3. Определение водных ресурсов вододефицитной территории с учетом административного деления 237
5.3.4. Изучение территориальных природных ресурсов 243
5.3.5. Определение индекса состояния администрантов Оренбургской области 244
5.3.6. Группирование администрантов на зоны 246
5.3.7. Выбор способа группирования администрантов 249
5.3.8. Комплексный климатический критерий 251
5.3.9. Расширенный индекс состояния администранта с учетом социально-экономических условий 253
5.4. Подземные воды бассейна реки вододефицитной территории 259
5.4.1. Постановка цели и задачи исследования 260
5.4.2. Характеристика бассейна реки 260
5.4.3. Построение границы бассейна 262
5.4.4. Оцифровка наблюдательных скважин 262
5.4.5. Зональное агрегирование территории бассейна 265
5.4.6. Агрегирование территории бассейна реки 265
5.4.7. Анализ изменения минерализации подземных вод вододефицитного бассейна реки 266

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 270

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 274

CONTENTS

INTRODUCTION *(M.Yu. Nesterenko)* 9
Chapter 1 NATURE OF THE SOUTH URAL *(M.Yu. Nesterenko)* 12
1.1 Research Methodology of the Nature of the Southern Urals 12
1.2 Nature components of the Southern Urals 14
1.2.1 Relief and geomorphology 18
1.2.2 Geological structure 21
1.2.3 Climate 23
1.2.4 Hydrography and river runoff 28
1.2.5 Vegetation 31
1.2.6 Soils and their development in conditions of water scarcity 34
1.2.7 Economic and social development of the Southern Urals 46
Chapter 2 NATURAL WATERS, FORMATION AND USE *(M.Yu. Nesterenko)* 55
2.1 Natural waters of the Southern Urals 58
2.1.1 Research Method 58
2.2 Precipitation 62
2.3 Surface waters of the Southern Urals and their use 70
2.3.1 River runoff 72
2.3.2 Lakes 79
2.3.3 Reservoirs 82
2.4 Groundwater and its use 86
2.5 The formation of water flow on the catchment 91
2.5.1 Surface water runoff in the catchments of the Southern Urals 96
Chapter 3 AGRICULTURAL LAND USE 111
3.1 Types of agricultural land use *(F.G. Bakirov)* 111
3.2 Nature and farming systems in the Southern Urals *(M.Yu. Nesterenko)* 113
3.2.1 Moisture of pure vapors and its use 118
3.2.2 Efficiency of using moisture and soil fertility in the Southern Urals 120
3.3 Soil development and use *(D.G. Polyakov)* 132
3.4 Arable land and their use *(F.G. Bakirov)* 147
3.4.1 Arable land use efficiency 148
3.4.2 Farming system – the basis for optimal land use 148
3.4.3 The technology of winter sowing of early spring crops using wheat as an example *(F.G. Bakirov, A.V. Halin)* 162
3.4.4 The alternation of crops and the use of agrocenoses of the steppe zone of the Southern Urals *(A.V. Halin)* 166
Chapter 4 THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT OF THE SOUTHERN URALS: FORMATION, GEODYNAMICS AND SUBSOIL USE *(Yu. M. Nesterenko, A. G. Sokolov, A. V. Tsviak)* 172
4.1 Geology of the Southern Urals 172
4.1.1 Geology of the South Urals and its study 174
4.1.2 Ural Mountains of the Southern Urals 204
4.1.3 Geology of the South Trans-Urals 207
4.2 Analysis of modern geodynamic and tectonic processes in the South Urals 207
4.2.1 Methodology for determining the modern movements of the earth's crust using global navigation satellite systems 213
4.2.2 Observations of modern movements of the earth's crust in the South Urals 217

Chapter 5 GEOINFORMATION TECHNOLOGIES OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE SOUTH URALS *(Yu.R. Vladov)* 224
5.1 Environmental Management 224
5.1.1 Management Issues 224
5.1.2 Patterns of environmental management 226
5.1.3 The main issues considered in the works of famous ecologists 227
5.2 Laws and principles of nature management of water-deficient territory 229
5.2.1 Patterns of anthropogenic changes in the components of nature 229
5.2.2 Principles of nature component development 229
5.2.3 Development of the classification of complex objects of study 230
5.2.4 Aggregated geographical models of the state of natural components located in a water-deficient territory 232
5.2.5 Geoinformation technologies of intellectual management of the state of natural components in a water-deficient territory 232
5.3 Natural resource potential of the administrative regions of the Orenburg region 234
5.3.1 Technology development methodology 234
5.3.2 The choice of indicators characterizing the relative state of administrators 235
5.3.3 Determination of water resources of a water-deficient territory taking into account administrative division 237
5.3.4 The study of territorial natural resources 243
5.3.5 Determination of the state index of administrators of the Orenburg region 244
5.3.6 Grouping of administrators into zones 246
5.3.7 The choice of method for grouping administrators 249
5.3.8 Integrated climate criterion 251
5.3.9 Extended index of the state of the administrator, taking into account socio-economic conditions 253
5.4 Groundwater in the river basin 259
5.4.1 Setting goals and objectives of the study 260
5.4.2 River Basin Feature 260
5.4.3 Pool boundary 262
5.4.4 Digitization of observation wells 262
5.4.5 Zone aggregation of the basin 265
5.4.6 Aggregation of the territory of the river basin 265
5.4.7 Analysis of changes in the salinity of groundwater in the water-deficient river basin 266
CONCLUSION *(M.Yu. Nesterenko)* 270
LITERATURE 274

Этот мир не шутка, не юдоль испытания и перехода в мир лучший, вечный, а это один из вечных миров, который прекрасен, радостен и который мы не только можем, но и должны нашими усилиями сделать прекраснее и радостнее для живущих с нами и для всех, которые после нас будут жить в нем.

Лев Толстой, 1864

Природа разнообразна. Она имеет широтную зональность по тепловым и водным ресурсам и по соотношению между ними. На широтную зональность накладываются различия в геологическом строении земной коры и обусловленный им рельеф. В совокупности они создают территориальное разнообразие условий для биосферы, в которой формируются адаптированные биогеосистемы с биогеоценозами, наиболее приспособленными к конкретным природным условиям.

В соответствии с общими закономерностями формирования и развития общепланетарной природы сформировалась природа Южного Урала. Его удаленное расположение от океанов и морей, при относительно благоприятном широтном обеспечении тепловыми ресурсами, обусловило формирование на равнинной и всхолмленной его частях степного типа природы с умеренно недостаточным обеспечением водными ресурсами с коэффициентом увлажнения 0,3–0,7.

Общее и частное неразрывно связаны между собой, как лист со стеблем. Сорванные листья погибают, погибает и стебель без листьев. Едины почвы и растения, развиваясь в биогеоценозе. Атмосфера, гео – гидросфера и биосфера в динамичном взаимодействии и во взаимозависимости формируют мир природы. Он состоит из неживой и живой материи, которые взаимно проникают друг в друга, участвуют в создании природных структур. Живая материя создается из неживых элементов почти всей таблицы Д.И. Менделеева, а живая материя и продукты ее жизненного цикла проникают на многие километры вглубь Земли. (Оборин, Стадник, 1996).

Человек, как часть природы, не может жить и осуществлять свою деятельность вне мира природы. Он с ним един, зависим от него и должен строить взаимодействие с природой на принципах симбиоза, а не на потребительском природопользовании. Необходимо, познав законы существования и развития природы, приспосабливаться к ней, улучшая ее качества в своих интересах. В.И. Вернадский (2004) в учении о биосфере отмечает: «В действительности, ни один живой организм в свободном состоянии на Земле не находится. Все эти организмы неразрывно и непрерывно связаны – прежде всего, *питанием и дыханием* – с окружающей средой. Вне ее в природных условиях они существовать не могут» (с. 472).

ВВЕДЕНИЕ*

Природа в климатических зонах и на их территориях различна, различна ее продуктивность. Но нельзя сказать, где она лучше или хуже, она просто везде другая. В различных природных условиях различны также социумы и экономики человечества.

Сложившиеся особенности мира природы Южного Урала, существенно отличающегося от окружающих его территорий Поволжья, Башкортостана, Западной Сибири и полупустынь Республики Казахстан, определяют соответствующие адаптированные системы социума, экономики и природопользования в условиях ограниченности водных ресурсов.

Природа и человечество на Земле, взаимодействуя, развиваются. Гераклит из Эфеса (ок. 535–475 гг. до н.э.), сказал, что в природе нет ничего постоянного. Все подобно движению реки, в которую нельзя войти дважды. Одно постоянно переходит в другое, меняя свое состояние (Энциклопедия мудрости, 2007). В районах интенсивного природопользования их взаимное влияние достигло критического уровня. Природа не успевает адаптироваться к высокому уровню антропогенного воздействия. Трансформируются биогеоценозы с уменьшением продуктивности и биоразнообразия и часто негативно для человека изменяются природные воды, атмосфера, почвы и недра. По данным В.И. Данилов-Данильяна (2000) мире к концу XX века осталось ненарушенными 60% суши, в России – 65%, а в США – 4%. Большинство исследователей считает, что главная задача в обеспечении экологической безопасности – это охрана природы и ограничение потребления пределами хозяйственной емкости биосферы или недопустимости превышения в глобальном масштабе порога устойчивости естественной биоты путем решения четырех основных задач, обеспечивающих переход к устойчивому развитию: сохранение уцелевших и восстановление до уровня естественной продуктивности ряда деградировавших экосистем; рационализация потребления; экологизация производства и нормализация численности населения на уровне начала XVIII века (Clark W.C., Munn R., 1986; Cross M.C., Hohenberg P.C., 1993; Данилов-Данильян, 2000 и др.).

---

* *Автор: Ю. М. Нестеренко*

По нашему мнению и результатам исследований ограничения в природопользовании в пределах хозяйственной емкости естественной биосферы должны дополняться антропогенной помощью природе по увеличению ее хозяйственной емкости.

В регионах интенсивного хозяйствования безвозвратно сформировалась иная, отличная от естественной, окружающая среда. Поэтому в них под понятиями «охрана природы, охрана окружающей среды» следует понимать не сохранение настоящего или восстановление чего-то безвозвратного прошлого, а разработка и применение экологически безопасной высокоэффективной системы природопользования, при которой обеспечивается гармоничное эволюционное развитие природы, увеличение ее биопродуктивности и биоразнообразия, с участием человека и с учетом его интересов на принципе симбиоза. На принципе симбиоза следует организовывать использование гидросферы, атмосферы и геологической среды, обеспечивая их состояние, благоприятное для развития всей природной системы и человека, как ее части. В.И. Вернадский (2004) сказал: «Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой. И перед ним, перед его мыслью и трудом, становится вопрос о *перестройке биосферы в интересах свободно мыслящего человечества как единого целого*. Это новое состояние биосферы, к которому мы, не замечая этого, приближаемся, и есть «ноосфера»» (с. 480).

Наряду с усилением охраны природы необходимы исследования и использование в практической деятельности системы «природа-человек», создаваемой на принципах обеспечения совместного их развития. На этой основе увеличивать хозяйственную емкость и адаптацию природы (биоты, почвы, гидро- и геосферы) к потребностям человека. В районах интенсивного природопользования социально-экономические системы развития регионов необходимо рассматривать в совокупности с природой, расширив их определение до природно-социально-экономических систем и разработать научные основы и технологии их создания.

Для вододефицитного Южного Урала важно увеличение обеспеченности водными ресурсами и повышение эффективности их использования в экономике и социуме. Улучшение природных условий жизни населения уменьшит его отток в районы с лучшими условиями. На сельскохозяйственных угодьях урожайность зерновых культур на уровне 1 т/га и снижается плодородие почв. Необходима разработка технологий увеличения их продуктивности, повышения плодородия почв. В отделе геоэкологии Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН по этому направлению начата разработка природоподобной системы земледелия, основанной на эффективном использовании всех годовых атмосферных осадков. В последние три года в производственных условиях получено 1,5–2-кратное увеличение урожайности яровой пшеницы в сравнении с действующей системой ее возделывания на соседних полях. Увеличение растительной биомассы увеличивает поглощение ею CO2 и выделение O2. Это

уменьшит темпы парникового процесса и увеличит хозяйственную емкость биоты, повышая порог ее устойчивости.

Интенсификация недропользования, особенно добыча углеводородов, нарушила геодинамическое равновесие в геологической среде, многократно увеличив ее сейсмичность на тысячах квадратных километров. Для снижения риска природно-техногенных катастроф необходимо повышение эффективности мониторинга экологического состояния природно-техногенных объектов, разработка научно-методологических основ мониторинга геодинамической и сейсмической активности в районах недропользования и управления ими.

Необходима разработка комплексной территориальной системы природопользования на принципе симбиоза человека с природой, охватывающей ее биосферу, атмосферу, гидросферу и геологическую среду. Вопросам познания процессов, идущих в природе вододефицитного интенсивно эксплуатируемого, но мало изученного по организации научно обоснованного природопользования Южно-Уральского региона с разработкой эффективных ресурсосберегающих технологий и обеспечению экологически безопасного природопользования посвящена настоящая работа.

Человек не может вернуться к состоянию дочеловеческой гармонии с природой, поэтому он должен искать единства с ней при помощи развития и совершенствования своих разумных, истинно человеческих способностей.

Эрих Фромм (1900–1980). Философ
Антология мудрости / Сост.
В.Ю. Шойхер – М.; Вече, 2007, 848 с. (с. 124)

Глава 1. ПРИРОДА ЮЖНОГО УРАЛА*

К Южному Уралу относятся Республика Башкортостан, Челябинская и Оренбургская области. Основная его часть расположена в степной зоне. В Оренбургской области лесная растительность занимает всего 3,6% территории. В соседних Челябинской области и Башкортостане лесистость увеличивается соответственно до 30 и 35%. В связи с преобладанием степей на Южном Урале, основные исследования компонентов природы и влияния на них антропогенного фактора проводились в Оренбуржье, расположенного в основном в бассейне р. Урал и частично на Общем Сырте степного левобережья р. Волги.

1.1. Методология исследований природы Южного Урала

Исследования природы Южного Урала и антропогенных изменений в ней основывались на комплексном ее изучения с выделением системообразующих факторов. Ведущим фактором развития его природы являются водные ресурсы. Их дефицит, ограничивает влияние тепла, химических веществ, света и других компонентов природы на процессы функционирования живой и неживой материи. Обобщение знаний об обеспеченности водой и выявление влияния естественных и антропогенных изменений в ней на процессы, идущие в природе ,позволяют понять и выявить причины современных изменений в природных и антропогенных системах. При отсутствии существенных изменений в водообеспеченности подконтрольные ей процессы в природе адаптируются к ее уровню, и их стабильность может быть нарушена под влиянием каких-либо других факторов.

Регулированием обеспеченности водой, можно управлять функционально связанными с ней природными процессами, обеспечивая гармоничное развитие природы с участием человека и с учетом его интересов. Поэтому комплексное исследование природы вододефицитных территорий в естественных и антропогенно измененных условиях основано на ее зависимости от уровня

* *Автор: Ю. М. Нестеренко*

обеспеченности водными ресурсами, контролирующих биогеохимические процессы, а также условия жизни населения и являющихся основополагающими в оптимизации природопользования.

Южный Урал имеет высокий уровень развития промышленности и сельскохозяйственного землепользования. Поэтому его природа испытывает двойной пресс антропогенного воздействия: промышленных зон, тяготеющих к городам, расположенных на 2% территории региона, и сельскохозяйственных угодий, занимающих около 90% территории Южного Урала.

Уровень антропогенного воздействия на единицу площади в сельском хозяйстве значительно меньше, чем в промышленности. Но в расчете на всю площадь земель, используемых сельским хозяйством, его нагрузки на природу в совокупности значительно превышают промышленные. Сельскохозяйственное землепользование изменило водно-физические свойства и качество почвы, в результате изменился баланс вод зоны активного водообмена и их качество. Изменения в водной системе природы повлекли за собой изменения в формировании биоценозов, почв, грунтов, в процессах, идущих в верхней части земной коры и в процессах природопользования. В связи с преобладающим влиянием сельскохозяйственного землепользования на водный баланс Южного Урала основные исследования нами проведены на сельскохозяйственных угодьях.

Качественные и количественные отличия процессов, идущих в природе степной зоны, существенно отличаются от процессов, идущих в зонах избыточного увлажнения. Это обусловливают необходимость разработки соответствующей методологии их исследования. Использование природы степной зоны по методикам, применяемым в других зонах без адаптации к условиям исследуемого региона, может привести к выводам, не соответствующих реальному ходу процессов, идущих в них. Поэтому для учета особенностей вододефицитных территорий и хозяйствования на них разработаны специальные и адаптированные методики их исследования и разработки технологий природопользования.

В основу работы положены результаты исследований авторов, полученные в ходе обобщения и оценки многолетних (1969–2017 гг.) исследований на Южном Урале. Проводились полевые, лабораторные и стационарные опыты на сельскохозяйственных и других угодьях, наблюдения за гидрологическими, гидрогеологическими и гидрогеохимическими процессами, водно-физическими свойствами почв и грунтов зоны аэрации, режимом их влажности в естественных и антропогенно измененных условиях, погодными условиями. Выполнялись теоретические и экспериментальные разработки, основанные на использовании методик, научных и практических достижений отечественных и зарубежных авторов по вопросам развития природы в естественных и антропогенно измененных условиях. На основе комплексного исследования процессов, идущих в природе и недрах, разрабатывались научные основы и технологии эффективного природопользования, формирования поверхностного и

подземного стока, эффективности использования почв и атмосферных осадков в сельскохозяйственном землепользовании и экологически безопасной добычи полезных ископаемых. В исследованиях использовались современные методы сравнительного анализа, полевых и лабораторных экспериментов, статистической обработки и оценки их результатов, математического моделирования.

К исследованию приняты основные компоненты природы Южного Урала, их взаимодействие в естественных и антропогенно изменённых условиях. Исследовались почвы, природные воды и геологическая среда верхней части земной коры, антропогенные изменения в них и эффективность их использования.

Для достижения поставленной цели выполнены теоретические обобщения и рассмотрено дальнейшее развитие представлений о взаимодействиях в системе вода – почва – биота – верхняя часть земной коры в естественных и антропогенно измененных условиях; исследованы закономерности формирования природных вод и влияния их на природу; разработаны теоретические основы прогноза изменений в природе под влиянием антропогенных воздействий.

1.2. Компоненты природы Южного Урала

В природе верховенствует системность. Природа Южного Урала состоит из систем и подсистем различных уровней. Идущие в природе процессы являются частью той или иной системы. Не опирающиеся на системный подход исследования, часто лишь констатируют наблюдаемые в природе факты, и не раскрывают их причин. По мнению С.А. Двинских и Г.В. Бильтюкова «…системный подход является общенаучным, он дает возможность представить мир как единое целое, развивающееся по основным законам диалектики…» (1992, с. 5). Соглашаясь с ними, в основу наших исследований природы, социума и экономики Южного Урала положено комплексное изучение его природных систем и процессов, идущих в них, в условиях водного дефицита. Для этого сначала выявлялись особенности этих систем и условий, обеспечивающих их существование. Природные системы и их компоненты на Южном Урале, расположенном в основном в степной зоне, рассмотрены в сравнении с природными системами других климатических зон всего Уральского региона от полупустынь до тундры. К основным природным системообразующим компонентам всех климатических зон на Земле относятся тепловые ресурсы, вода, атмосфера и геологическая среда.

Тепловые ресурсы, обеспечивая энергией земную поверхность, являются важнейшим фактором прохождения многих процессов, идущих в живой и неживой материях, определяют их скорость. Вода также один из основных компонентов, определяющий состояние природы и темпы ее развития. О значимости воды на Земле академик В.И. Вернадский (1960) сказал: «Вода стоит

особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных самых грандиозных геологических процессов. Нет земного вещества – минерала, горной породы, живого тела, которое ее бы не заключало. Все земное вещество ею проникнуто и охвачено» (с. 16). Количество воды (ее недостаток или избыток), наряду с температурой, определяет структуру биогеоценозов и их состояние, влияет на ход и направление геохимических процессов в земной коре, воздействует на другие региональные и глобальные процессы, идущие в природе. Поэтому разработка систем оптимального природопользования невозможна без учета температурного и водного факторов.

Геологическая среда третий из основных природообразующих факторов. Взаимодействуя с температурным и водным факторами, она является материальной основой земного мира: земной коры, гидросферы, атмосферы, биосферы, почв, неживой и живой материи. Испытывая все усиливающуюся антропогенную нагрузку, основные природообразующие факторы изменяются сами и изменяют ход развития природы, ускоряя, замедляя или прекращая идущие в ней процессы, воздействуют на естественные и искусственные биоценозы, в ряде случаев вызывая экологические катастрофы. Экологический мониторинг территорий предусматривает преимущественно контроль за состоянием атмосферы и гидросферы; возрастает необходимость улучшения мониторинга геологической среды.

Распределение и изменения основных природообразующих факторов по земной суше обусловливают формирование соответствующих природных зон. Зональные изменения в обеспеченности водными ресурсами и теплом общепризнаны и не требуют особого доказательства.

Зависимость количественных и качественных показателей конкретных участков и объемов земной коры от широты местности не так явно выражена и требует соответствующего доказательства. Влияние широты на изменения в земной коре завуалировано дрейфом материков и изменениями климата в геологической истории Земли. Отдельные слои земной коры разного возраста существенно различаются. что обусловлено особенностями климата того или иного периода, обеспечением водой и тепловыми ресурсами. Последующие изменения в них также происходили и происходят с учетом изменений в водном и тепловом факторах.

Зональность формирования окружающей среды обусловливает целесообразность зонального подхода в пользовании природой и ее охране на основе выявления и изучения самих зональных особенностей с последующей разработкой зональных систем природопользования. Развитие природы всех климатических зон зависит от уровня обеспеченности теплом и водными ресурсами и соотношения между ними. По этим факторам устанавливаются границы между ними. Согласно закону развития растительности (Либих,1850 и др.), минимальный по уровню обеспеченности фактор, является определяющим в этом процессе. В зависимости от уровня обеспеченности им в сравнении с

обеспеченностью другими факторами, необходимыми для того или иного процесса, он определяет его направление и темпы. Следовательно, фактор или компонент системы, находящийся в наибольшем минимуме следует назвать системообразующим.

Для выявления системообразующего компонента природы Южного Урала проведем сравнительный анализ компонентов природы всего Урала и значимость тех или иных факторов в формировании природно-климатических зон. Их границы принято устанавливать по различиям в растительном покрове земной поверхности.

Для растительности особую значимость имеют сумма биологических температур ($\sum$ t > 10 ºС) и количеством атмосферных осадков (Р) с учетом испаряемости (E_o). По соотношению количества осадков и испаряемости определяется коэффициент увлажнения территории ($К_{ув}$), вычисляемый по формуле, предложенной Д.И. Шашко (1940) и А.Р. Константиновым (1968)

$$К_{ув} = Р / E_o. \quad (1.1)$$

Климатическая характеристика природных зон восточной части Европейского материка от р. Волги до Уральских гор в границах, установленных агроклиматическим районированием (СХЭ, т. 5, 1974) показана на рис. 1.1, составленным по агроклиматическим справочникам Башкортостана (1972), и Оренбургской областей (1971), Пермской (1959), СХЭ (1969–1975) и БЭС (1969–1978).

Показатели, характеризующие тепловые ресурсы в Предуралье (сумма температур более +10 ºС и испаряемость – E_o мм), по мере движения с севера на юг синхронно возрастают от величин минимального обеспечения холодостойких растений до величин, необходимых для теплолюбивых растений.

Влагообеспеченность территории определяется соотношением количества атмосферных осадков и испаряемости, т.е. коэффициентом увлажнения, определяемому по формуле 1.1. Годовая сумма атмосферных осадков (Р) в тундре и лесотундре равна сумме осадков в лесостепной зоне, но при малых тепловых ресурсах она в 1,3–1,4 раза больше возможностей тепловых ресурсов. В результате в тундре избыточное увлажнение, высокое положение грунтовых вод, заболоченность равнинных территорий и преобладание бескислородных процессов в земной коре при интенсивном выносе растворимых соединений из активной зоны водообмена.

В северной тайге при больших тепловых ресурсах и значительном увеличении атмосферных осадков сохранились большой коэффициент увлажнения на уровне 1,3–1,4 и бескислородные процессы в живой и неживой материях в зоне активного водообмена верхней части земной коры. Но при более высоких температурах эти процессы интенсифицировались.

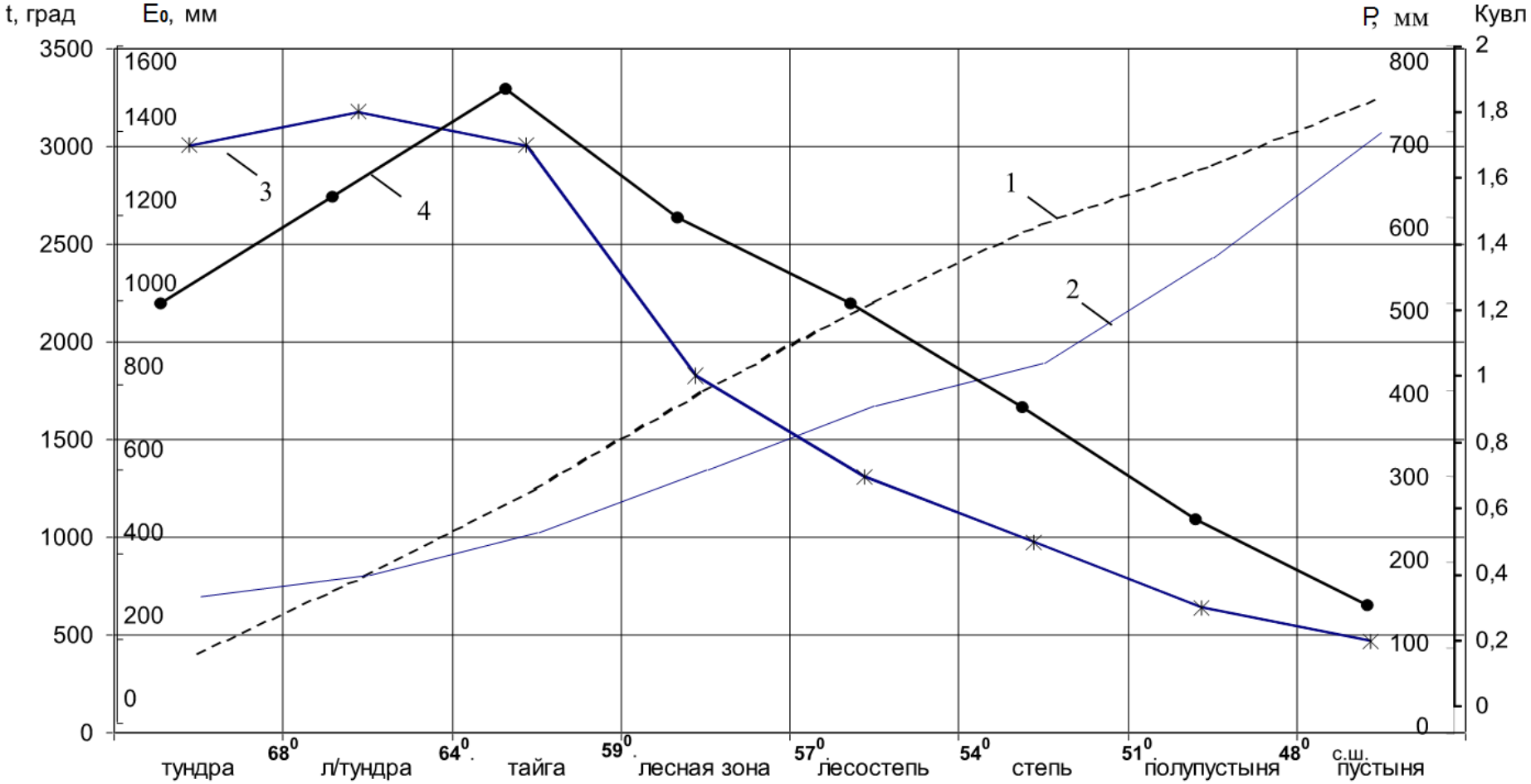


Рис. 1.1. Климатическая характеристика природных зон Предуралья (по материалам климатических справочников Башкортостана, Оренбургской и Пермской областей, БСЭ и СХЭ): 1 – сумма температур более 10 °С (t), град; 2 – испаряемость (E_o), мм; 3 – коэффициент увлажнения ($К_{ув}$); 4 – атмосферные осадки (Р), мм

В лесостепной зоне установилось оптимальное соотношение количества атмосферных осадков и тепловых ресурсов. При относительно высоких температурах и $К_{ув}$ = 1,0–0,7 в условиях большей обеспеченности газом зоны активного водообмена процессы в земной коре не только еще более интенсифицировались, но и изменились качественно, вовлекая в них более глубокие ее горизонты. Интенсивность развития растительности в лесостепной зоне при оптимальном соотношении водных и тепловых ресурсов ограничивается общим уровнем обеспеченности ими.

Степная зона Предуралья качественно отличается от увлажненных зон заменой избыточности или достаточности водных ресурсов на их дефицит и увеличением тепловых ресурсов. В результате в степной зоне увеличивается доля возврата атмосферных осадков в атмосферу за счет испарения и уменьшается доля их стока, что ведет к увеличению засоленности зоны аэрации за счет поступления солей с атмосферными осадками, имеющими в степной зоне повышенную минерализацию.

В степной зоне и зоне полупустынь основным фактором, ограничивающим рост растительности, становится недостаточное обеспечение водой. Коэффициент увлажнения уменьшается до 0,7–0,2 при увеличении тепловых ресурсов. Сумма температур более +10 °С увеличивается до 2500–4000 °С.

Следовательно, для лесной зоны и тундры изменения в тепловых ресурсах являются основными в развитии природы. В зонах недостаточного увлажнения изменения в обеспеченности водными ресурсами в наибольшей мере влияют на развитие природы. Поэтому целесообразно считать обеспеченность влагой системообразующим фактором, определяющим развитие природы вододефицитных территорий, и принять его основополагающим в исследованиях, а другие факторы рассматривать во взаимосвязи с обеспеченностью водными ресурсами.

1.2.1. Рельеф и геоморфология

В рельефе Южного Урала выделены четыре части: всхолмленную западную, Уральские горы, Зауральский пенеплен и Тургайские равнины (рис. 1.2). Такое деление Южного Урала принято географами и геологами, (Самарина, Гаев, Нестеренко и др., 1999; Овчинников, 1966, 1970; Гаев, 1984;), гидрогеологами и экологами (Нестеренко, Куксанов, 1998 и др.).

Сложившиеся формы рельефа Южного Урала обусловлены различием в геологическом строении территории и климатом.

Р е л ь е ф з а п а д н о й ч а с т и представлен высокорасположенными (100–350 м над ур. м.) всхолмленными равнинами Южного Предуралья и высокого Сыртового Заволжья. Они расчленены оврагами, балками и ложбинами. Расчлененность Южного Предуралья усиливают увалы с различной крутизной склонов. Южные склоны увалов круты, а северные в основном пологие, постепенно переходящие в балки и равнины.

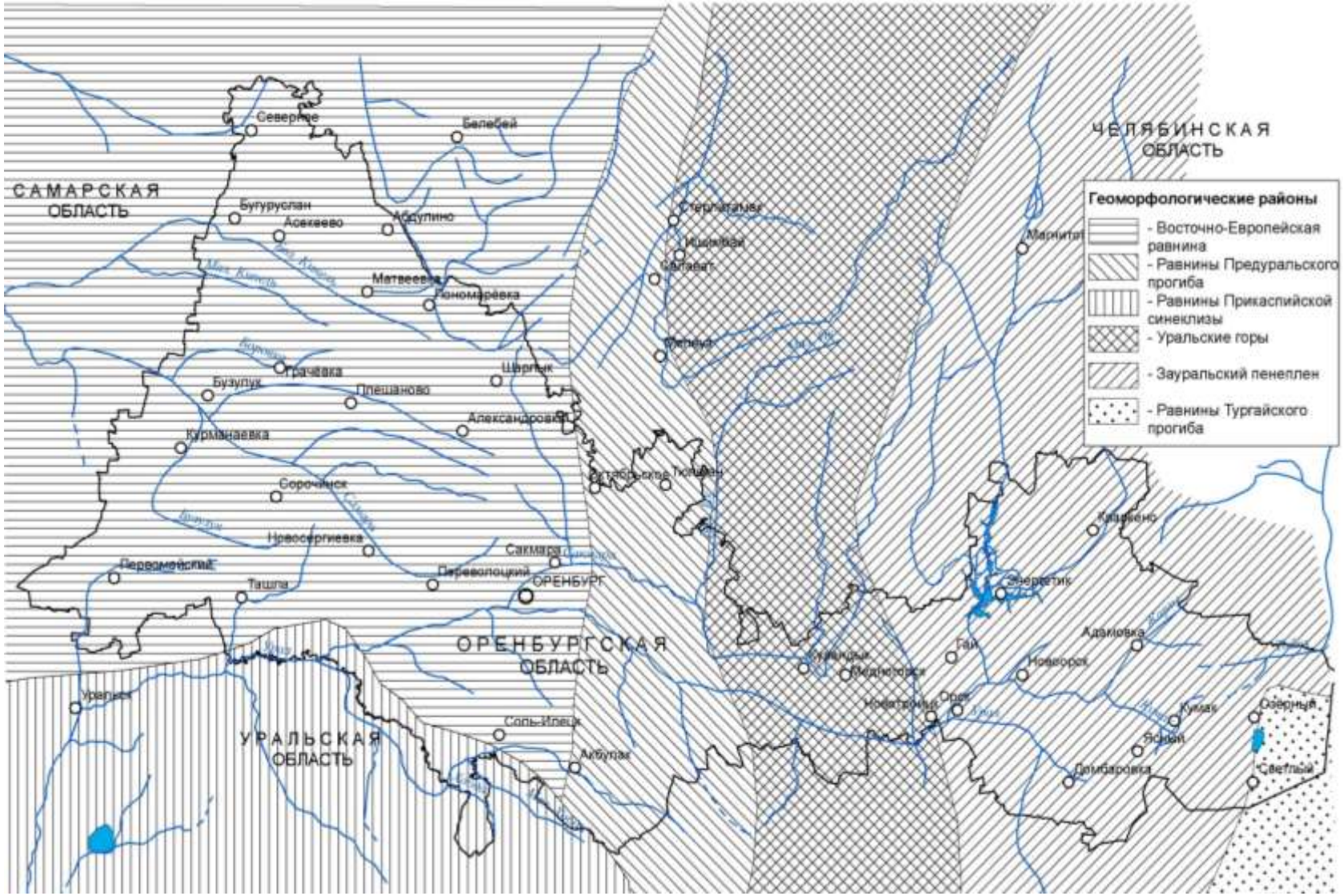


Рис. 1.2. Карта-схема геоморфологического районирования Южно-Уральского региона (по данным Оренбургского геолкома)

Равнины Предуралья сформировались в результате аккумуляции осадков в конце палеозоя, в мезозое и частично в кайнозое. Последующее усложнение рельефа происходило за счет ветровой и водной эрозионной деятельности в засушливых условиях. Равнины сложены в основном из грунтов глинистых пород с прослоями и линзами песчаных фракций, усложняющих миграцию воды и химических элементов. В долинах рек значительно распространены аккумулятивные равнины. Из них самая большая расположена на левобережье р. Урал. На формирование рельефа равнин Южного Предуралья существенно повлияла соляная тектоника. На ряде соляных куполов гипсы и соли выходят на поверхность, формируя холмы и карстовые западины. Близость солей к земной поверхности создает условия для засоления зоны аэрации и почвы, а также подземных и поверхностных вод. На соляных куполах часто выходят соленые и солоноватые родники (урочище Тузлук-Коль, г. Боевая и др.). Важнейшей частью рельефа Южного Предуралья являются речные долины и примыкающие к ним ложбины и балки, создающие гидрографическую сеть по сбору и отводу водного стока. Морфология равнин обусловлена тектоническим строением и литологическим составом горных пород, выходящих на земную поверхность. На Общем Сырте водоразделы преимущественно плоские, останцы имеют расплывчатые очертания, а на юге равнины Южного Предуралья сливаются с плоским рельефом аккумулятивной Прикаспийской низменности.

У р а л ь с к и е г о р ы формируют рельеф центра Южного Урала. Их стержневой хребет Урал-Тау переходит в Зилаирское и Саринское плато. Саринское плато с юга оконтуривается Губерлинскими горами, сильно расчлененными р. Урал и его притоками. Уральские горы имеют складчатое строение, усложняющее подземный водный сток.

Грунты зоны аэрации в Уральских горах сформировались в результате длительного их разрушения. В долинах они покрыты осадочными породами древнего моря. Уральские горы представлены вытянутыми в меридиональном направлении низкими плосковерхими хребтами и межгорными понижениями. На основных водоразделах абсолютные отметки составляют 400–500 м, а долины врезаются на глубину до 200 м.

Южнее р. Урал располагается крупная морфоструктура Подуральское плато. Его слагают почти горизонтально залегающие породы верхней юры, мела, палеогена с общим уклоном в сторону Прикаспийской впадины.

З а у р а л ь с к и й п е н е п л е н сформировался на складчатом основании Восточно-Уральского поднятия (Наумов, 1981), осложненного многочисленными интрузиями и срезанном эрозией до плоской поверхности. Его абсолютные высоты 300–400 м, местами достигающие 450–500 м. Водораздельные пространства преимущественно плоской формы с небольшими возвышенностями мелкосопочника. Речные долины врезаются на глубину не более 100 м. На Зауральском пенеплене множество бессточных котловин и небольших возвышенностей, связанных с денудацией складчатого основания.

Над коренными породами расположена кора выветривания, сложенная глинами, суглинками с прослоями супесей и песков. Глинистые отложения мощностью от 2 до 15–20 м. Зона интенсивной трещиноватости имеет мощность до 70–150 м, что определяет глубину залегания подземных вод. Равнинный характер поверхности пенеплена препятствует дальнейшему развитию трещиноватости и значительно влияет на формирование подземных вод и их химический состав.

На водоразделах коренные породы перекрываются отложениями, представленными глинами и аргиллитами. На склонах и в понижениях они заменяются более крупнозернистыми породами – супесями и песками с прослоями суглинков и глин.

Равнины Тургая располагаются на востоке пенеплена, понижающегося к Тургайской впадине. Они представляют собой молодую денудационную равнину, сложенную неогеновыми и четвертичными отложениями с отметками до 300–320 м. На равнинах Тургая много замкнутых понижений с непересыхающими и пересыхающими большими и малыми озерами, вносящими разнообразие в равнинную поверхность.

Тургайский прогиб сложен эффузивными и вулканогенно-осадочными породами девона – нижнего карбона, представленными порфиритами, их туфами, песчаниками и кремнистыми сланцами. При мощности зоны трещиноватости до 20–70 м, подземные воды залегают на глубине от 2–4 до 70 м и более. В случае перекрытия синклинальных складок глинами подземные воды приобретают напорный характер.

Неоген-четвертичные отложения представлены глинами, песчанистыми глинами и песками общей мощностью до 500 м с увеличением на восток и юго-восток, что при равнинном рельефе усложняет разгрузку подземных вод, и они приобретают застойный характер с минерализацией до 3–5 г/л. В понижениях рельефа горные породы обводнены, а на относительных повышениях они безводны. Поэтому в равнинах Тургая подземные воды распространены локально с глубиной залегания до 20 м.

1.2.2. Геологическое строение

Геологическое строение земной коры оказывает большое влияние на формирование природных вод и их химический состав. Тектоника Южного Урала сложна. В нем представлены юго-восточная часть Восточно-Европейской платформы, северный борт Прикаспийской впадины, Предуральский краевой прогиб, Уральская складчатая система и северо-западная часть Тургайского прогиба.

Западная платформенная область расположена в юго-восточной части Восточно-Европейской платформы. Основные ее формы: южная часть Волго-Уральской антиклизы и часть северного борта Прикаспийской синеклизы. На востоке платформенные структуры осложнены

Предуральским краевым прогибом, в котором пермские и каменноугольные галогенные и терригенно-карбонатные породы имеют большие мощности. Платформенные тектонические структуры непосредственно влияют на рельеф (Бузулукская впадина, Оренбургский свод, Урало-Сакмарская седловина и др.). Осадочный чехол платформенной части имеет меньшую мощность и сложен терригенными рифей-вендскими, главным образом, карбонатными палеозойскими породами, перекрытыми сульфатно-галогенно-карбонатными пермскими породами, в основном кунгурскими образованиями. Мощные слои глинистых пород в зоне аэрации с прослоями суглинков создают условия для формирования в них верховодок над подземными водами.

Геология Южного Предуралья представлена докембрийскими, нижнепалеозойскими, девонскими, каменноугольными и пермскими отложениями, которые образуют палеозойский сложно деформированный фундамент. В период мезозойского пенеплена на нем образовались коры выветривания, а во впадинах сформировались отложения триасовой, юрской, меловой, палеогеновой и неогеновой систем.

С е в е р н ы й б о р т Прикаспийской впадины граничит с Восточно-Европейской платформой в долине р. Урал и занимает небольшую часть исследуемой территории. Прикаспийская впадина осложнена разломами широтного простирания, по которым происходит постепенное ступенчатое погружение блоков в южном направлении.

П р е д у р а л ь с к и й к р а е в о й п р о г и б на Южном Урале расположен в ста километрах восточнее меридиана г. Оренбурга. Он состоит из внешней части прогиба, рифовой и приосевой зон и зоны Киндебулакских складок, переходящих в Уральскую складчатую систему (Хоментовский, 1950). Осадочный чехол прогиба осложнен многочисленными флексурами, валообразными и антиклинальными поднятиями, согласующихся с тектоническими нарушениями в кристаллическом фундаменте.

В Предуральском краевом прогибе распространены пермские отложения. В западной части его нижнего отдела находятся образования ассельского яруса, представленные органогенно-обломочными известняками мощностью до 150 м. Восточная часть прогиба представлена терригенными отложениями артинского яруса. В центральной его части повсеместно распространен кунгурский ярус. Он сформирован галогенно-сульфатными отложениями, мощность которых в ядрах соляных антиклиналей и в диапировых складках, достигает 2000 м (Горяинов и др., 1972). В восточной части прогиба мощность кунгурского яруса уменьшается до 250–300 м.

Верхний отдел пермской системы в Предуральском краевом прогибе представлен отложениями алевролитов, глин и песчаников уфимского яруса общей мощностью до 300–500 м и красноцветными терригенными образованиями татарского и казанского ярусов мощностью до 200–800 м.

Четвертичные отложения в Южном Предуралье повсеместно распространены и представлены аллювиальными, делювиальными,

элювиальными и лиманными образованиями. Аллювиальные отложения распространены в долинах рек, слагают террасы и русловые образования. Делювиальные отложения распространены в основном на склонах возвышенностей.

Уральская складчатая система Южного Урала по классификации В.В. Сагло (1967) включает:

1. Западно-Уральскую зону внешней складчатости, смятую в систему складок меридионального простирания.

2. Центрально-Уральское поднятие, состоящее из Зилаирского синклинория, Сакмарского, Уралтаусского и Эбетинского антиклинориев, Хабарнинской седловидной синклинали и Вознесенско-Присакмарского синклинория.

3. Магнитогорский прогиб с Ирендыкский антиклинорией и Кизило-Уртазымский синклинорией.

В Уральской складчатой системе верхнепротерозойские отложения часто выходят на земную поверхность в антиклинальных структурах. Отложения ордовикской системы расположены в крыльях ее крупных антиклинальных структур. В складчатой системе имеются силурийские, девонские, каменноугольные, пермские, мезозойские, неогеновые и четвертичные отложения (Гаряинов, 1972).

Геологический разрез Западно-Уральской зоны складчатости в интервале пород среднедевонского-нижнепермского возраста близок к платформенному. Центральное Уральское поднятие сложено метаморфическими и осадочными породами доордовикского периода, простирающимися субмеридионально. В ядрах антиклинориев расположены обломочные и метаморфические породы в основном рифейского возраста. Синклинальные складки сложены песчаниками, ордовикско-нижнекаменноугольными сланцами, карбонатно-терригенными и карбонатными разностями с подчиненным развитием глинистых сланцев (Наливкин, 1941; Ярош, 1965; Огаринов, 1969 и др.).

Южное Зауралье представлено восточной частью Магнитогорского прогиба и Восточно-Уральским поднятием. Магнитогорский прогиб состоит из синклинориев, сложенных вулканогенными и осадочными отложениями среднедевонско-нижнекаменноугольного возраста. В центральной части синклинориев залегают известняки среднекаменноугольного возраста, в грабенах и мульдах имеются мезозойские угленосные образования. Восточно-Уральское поднятие состоит в основном из антиклинориев. Его синклинальные структуры сложены вулканогенными породами силурийского и ордовикского возраста, а также угленосными осадками, сланцами и известняками нижнекаменноугольного возраста.

1.2.3. Климат

Климат Южного Урала определяется большим его удалением от морей и океанов, рельефом и отсутствием значительных горных преград для движения воздушных масс к нему со всех сторон. Летом здесь жарко, а зимой холодно. Его внутриматериковое положение и близость к пустыням Казахстана обусловили континентальность климата, увеличивающаяся с северо-запада на юго-восток, с уменьшением в этом направлении количества атмосферных осадков, более редким проникновением западных и северо-западных циклонов и увеличением годовых амплитуд среднемесячных температур. Большую часть года формируется антициклонический тип погоды. Зимой он связан с сибирским антициклоном, а летом – с Казахстанским максимумом давления.

Существенное разнообразие в климат Южного Урала вносят рельеф и значительные его размеры. С запада на восток его протяженность до 1000 км, а с севера на юг – до 700 км. Уральские горы, рассекающие в центре его территорию с севера на юг, создают значительный барьер для проникновения западных циклонов в Зауралье.

Температура воздуха на северо-востоке Южного Урала в среднем за год около 0 °С, а на юге она увеличивается до +4 °С. Температурный режим региона зависит от рельефа и высоты местности (табл. 1.1).

Таблица 1.1. **Характеристика температурного режима Южного Урала (Агроклиматические ресурсы Оренбургской области, 1971)**

Показатели	Возвышенности выше 250 м	Вершины сыртов и равнины	Долины рек
Средняя температура месяца, °С: июль январь	20,1 –17,3	21,0 –15,2	20,9 –14,9
Абсолютный максимум температуры воздуха, °С	40	41	41
Абсолютный минимум температуры воздуха, °С	–45	–41	–46
Годовая амплитуда температуры воздуха, °С (абс.)	85	85	87
Продолжительность теплого периода со средней суточной температурой воздуха >0 °С, сут	197	205	206
Продолжительность безморозного периода в воздухе, сут	121	133	127

Анализ температурных условий на Южном Урале на примере г. Оренбурга в 1887–2018 гг. (рис. 1.3) при относительной стабильности средней годовой температуры до 1940 года выявил ускоряющееся ее возрастание во второй половине XX века. Но анализ внутригодового распределения температур показывает относительную их стабильность в летние наиболее жаркие июль и август месяцы (рис. 1.4) и относительно быстрое ее увеличение в самые

холодные январь и февраль месяцы (рис. 1.5). Увеличение количества зимних атмосферных осадков и повышение зимних температур при относительной их стабильности в летний период свидетельствует об уменьшении континентальности климата в Южном Предуралье, для выяснения причин которой необходимы дополнительные исследования.

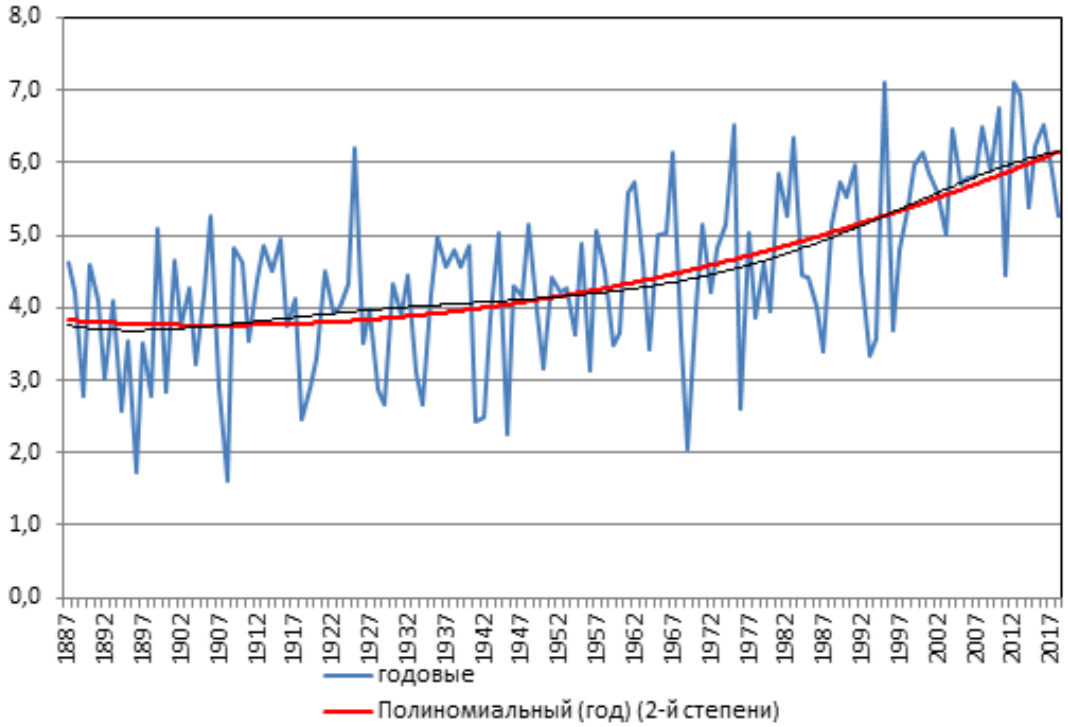


Рис. 1.3. Средние годовые температуры воздуха в г. Оренбурге в 1887–2018 гг. и их полиномы

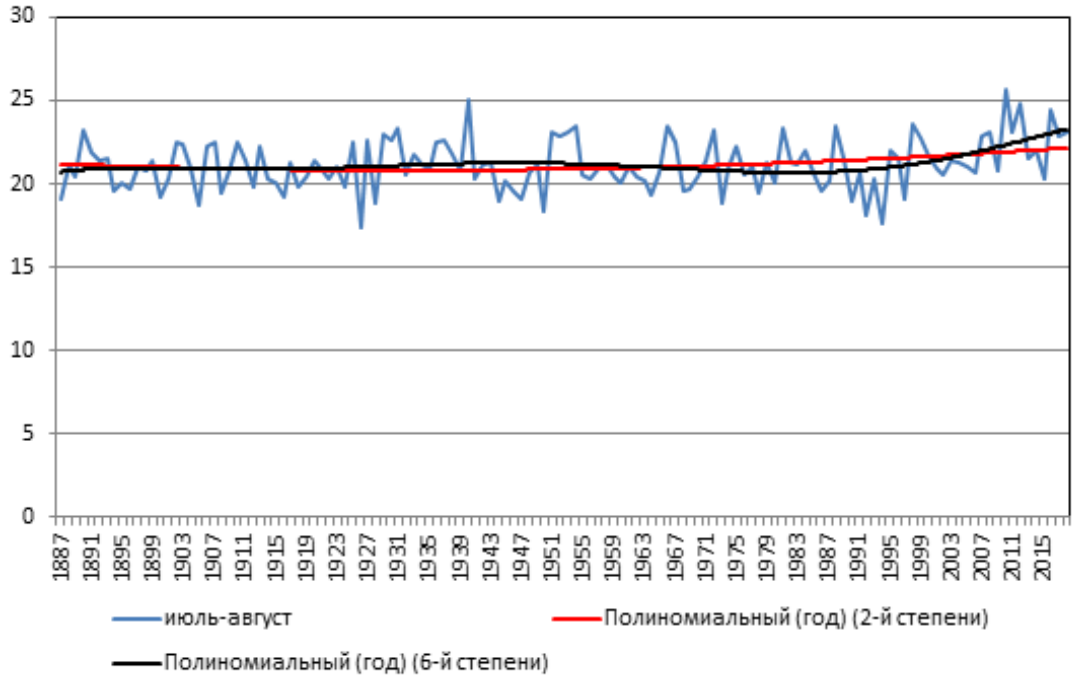


Рис. 1.4. Средние температуры воздуха в г. Оренбурге в 1887–2018 гг. за июль-август и их полиномы

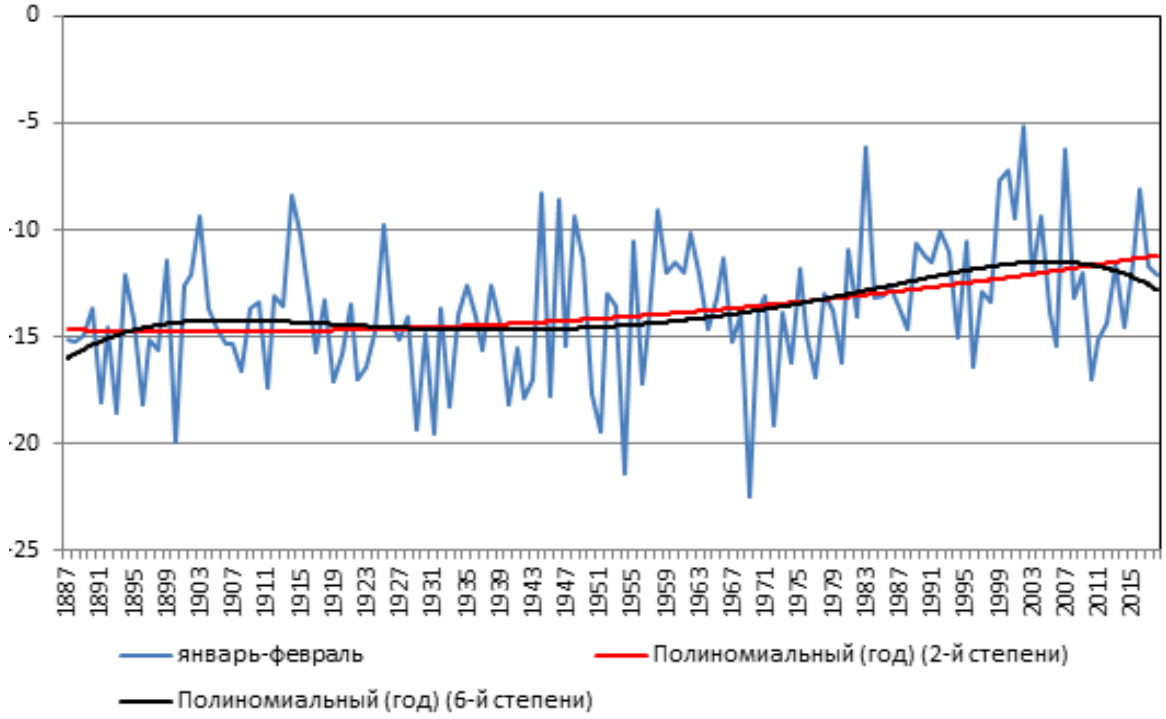


Рис. 1.5. Средние температуры воздуха в г. Оренбурге в 1887–2018 гг. за январь-февраль и их полиномы

А т м о с ф е р н ы е о с а д к и и к о э ф ф и ц и е н т у в л а ж н е н и я. Осадки по территории Южного Урала распределяются неравномерно. Наибольшее их количество выпадает на западном склоне Уральских гор. Их увеличение идет с запада на восток и с юга на север, подчиняясь общим закономерностям увеличения атмосферных осадков с увеличением отметок местности и широтного их распределения. Совместное действие этих закономерностей обусловило увеличение средней годовой суммы атмосферных осадков с 350 мм на юге Предуралья до 600 мм в Уральских горах на севере рассматриваемого региона.

В Предуралье годовая сумма атмосферных осадков постепенно увеличивается с запада на восток по мере приближения к горному Уралу, сохраняя тенденцию их увеличения с юга на север. В Южном Предуралье годовое количество осадков находится в пределах 350–450 мм, а севернее в Южном Зауралье по мере удаления от гор оно быстро уменьшается до 300 мм на юге и 350 мм в северной его части.

Изменения в количестве выпадающих атмосферных осадков в зависимости от изменений в климате и хозяйственной деятельности рассмотрены в гл. 2.

Но только сведения о количестве атмосферных осадков не дают объективной оценки обеспеченности ими территории. Дать оценку обеспеченности территории атмосферными осадками можно по коэффициенту увлажнения ($K_{ув}$), который определяется по формуле 1.1 ($K_{ув} = P / E_o$).

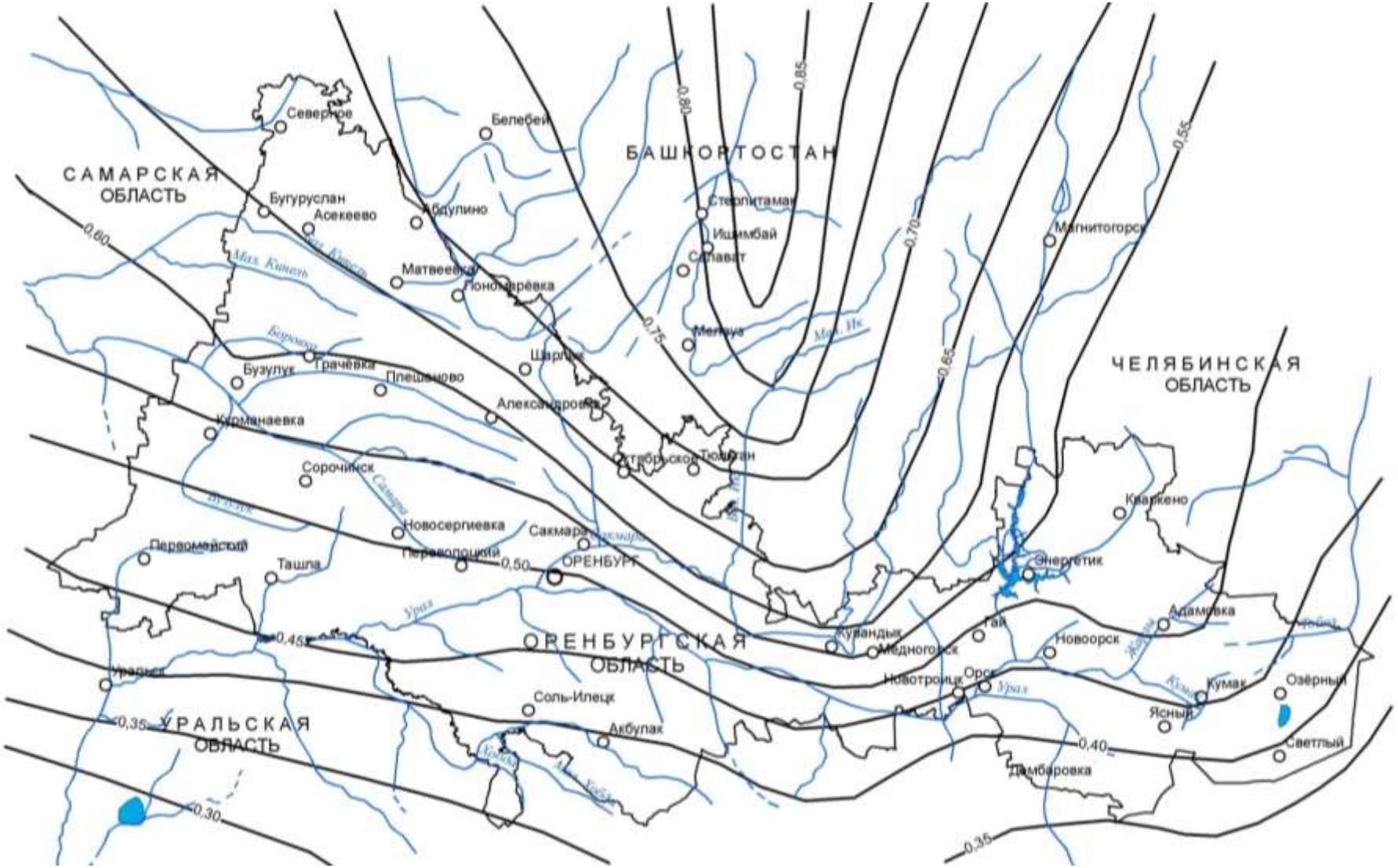


Рис. 1.6. Карта-схема распределения коэффициента увлажнения (Кув) на Южном Урале (составлена по материалам об испаряемости гидрометслужбы (1971), А.И. Будаговского (1964)

Изолинии коэффициента увлажнения (рис. 1.6) показывают, что в Предуралье он относительно быстро увеличивается с 0,40–0,45 на юге до 0,65–0,70 на севере и климат меняется от острозасушливого климата к малозасушливому. В северных горах Южного Урала коэффициент увлажнения увеличивается до 0,85, и климат становится влажным. Увлажненность Южного Зауралья не поднимается выше 0,50, создавая условия проникновению степи далеко на север.

Коэффициент увлажнения определяет общие условия бытия живой и неживой материи. В соответствии с общим законом природы, ограничивающего роль фактора, находящегося в наибольшем минимуме, значение уровня обеспеченности влагой возрастает по мере его уменьшения относительно уровня обеспеченности другими необходимыми факторами для тех или иных физико-химических и биологических процессов. Различия в уровне обеспеченности атмосферными осадками при высокой обеспеченности Южного Урала тепловыми ресурсами определяют зональность в видовом разнообразии растительности.

1.2.4. Гидрография и речной сток

Основная часть Южного Урала находится в бассейне р. Урал (63%) и в бассейне р. Волги (31%). Незначительная его часть расположена в бассейне р. Тобол. В Челябинской области средняя плотность речной сети составляет 0,20 км/км^2, Оренбургской области – 0,25 и Республики Башкортостан 0,40 км/км^2. Распределение годового речного стока на Южном Урале показано на рис. 1.7. Изолинии годового стока показывают, что его величина возрастает с увеличением высоты местности. Соблюдается также выявленная Н.Н. Дрейдером (1969), М.И. Львовичем (1969, 1986) и другими закономерность уменьшения речного стока за счет уменьшения величины атмосферных осадков: на юге Предуралья при осадках 300 мм/год речной сток всего 20 мм/год, а коэффициент стока ($K_{ст}$) всего около 0,07; на севере степного Предуралья при 400–450 мм атмосферных осадков сток увеличивается до 75–100 мм, а его $K_{ст}$ – до 0,20; в горной части Южного Урала коэффициент стока достигает 0,25–0,40.

Разнообразие природных условий Южного Урала и различия в обеспеченности водными ресурсами обусловливают необходимость выделения районов с различным уровнем их объема и особенностями режимов стока рек (рис. 1.8):

1. Северо-западный равнинный и северный горный в лесостепной зоне с повышенной величиной стока (100–170 мм/год). Они охватывают верховья рек Урала и Сакмары, бассейны рек Большого Ика и Большого Кинеля.

2. Западный степной со средним годовым стоком 60–80 мм. Он формируется на Общем Сырте и дренируется в основном р. Самарой бассейна р. Волги и ее притоками, а его южные отроги дренируются небольшими речками бассейна р. Урал.

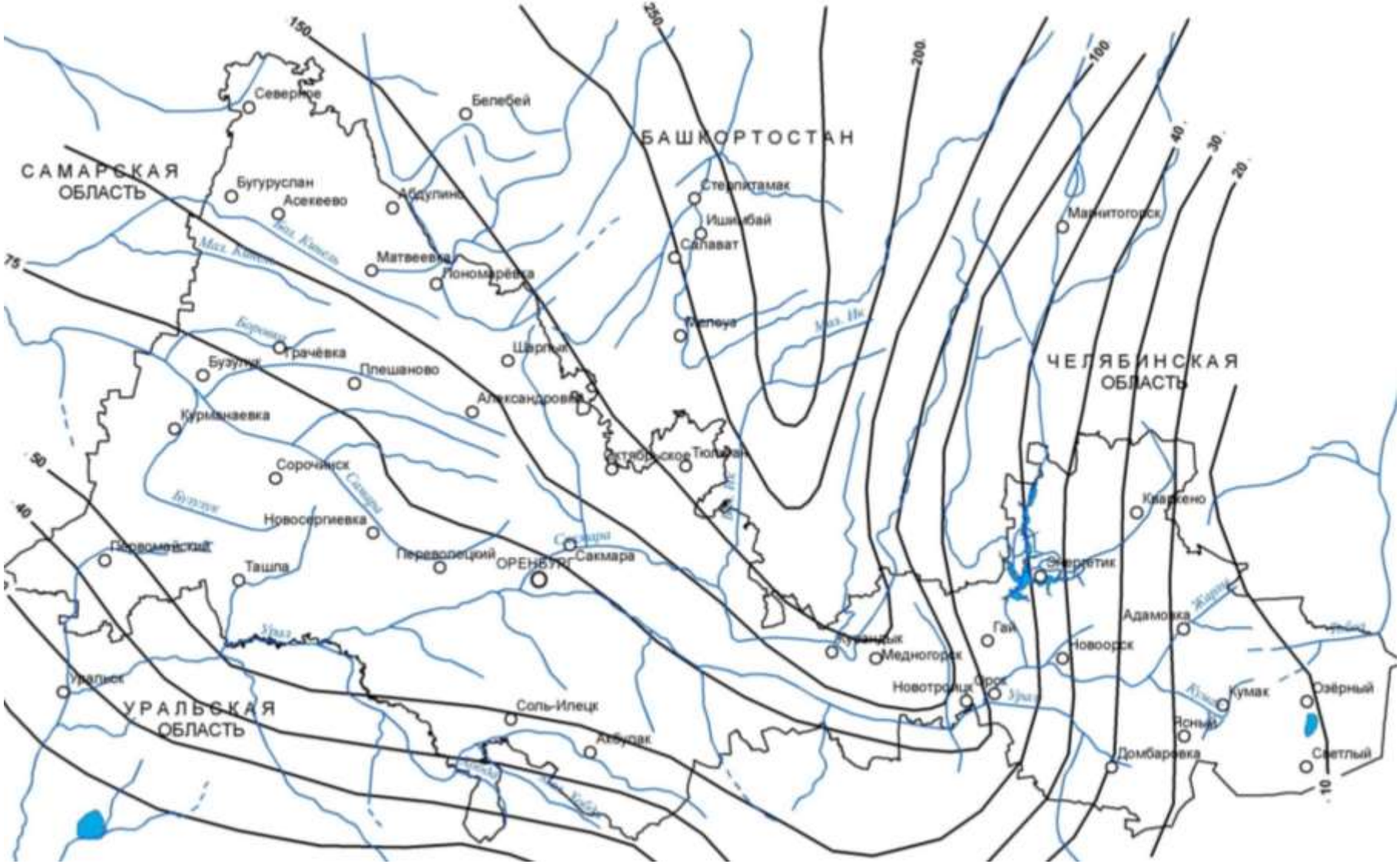


Рис. 1.7. Карта-схема суммарного годового речного стока на Южном Урале, мм (составлена по данным гидрометслужбы и гидрогеологического атласа, 1983)

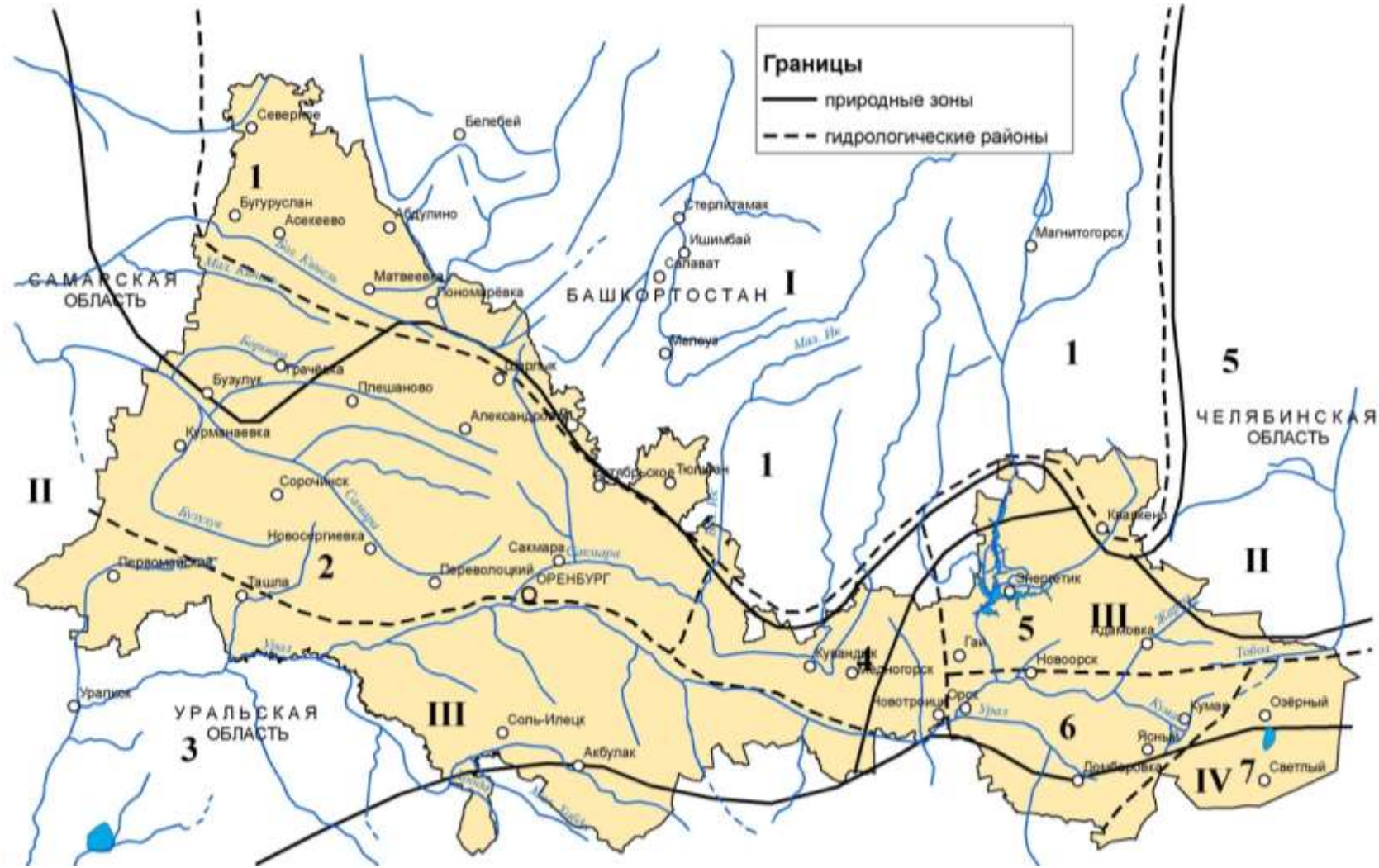


Рис. 1.8. Карта-схема распределения природных зон и гидрологических районов на Южном Урале:
Природные зоны: I – лесостепь; II – разнотравно-типчаково-ковыльные степи; III – типчаково-ковыльные степи; IV – полынно-типчаково-ковыльные степи и полынно-типчаковые степи (Атлас Оренбургской области, 1993 г.). Гидрологические районы: 1 – северный; 2 – западный степной; 3 – юго-западный и центральный; 4 – центральный горный; 5 – восточный степной; 6 – восточный-сухостепной и пол

3. Юго-западный и центральный степной со стоком 40–60 мм/год расположены в бассейне р. Урал после его выхода из Уральских гор и с левыми его притоками и р. Чаган, впадающего в него справа.

4. Центральный горный район характеризуемый большими колебаниями годового стока – от 70 до 250 мм. Его дренируют реки Урал, Сакмара, Белая и их притоки.

5. Восточный степной равнинный с годовым стоком 20–40 мм. Его основные реки Жарлы, Суундук, Тобол и их притоки.

6. Восточный равнинный сухостепной и полупустынный с годовым стоком 10–20 мм. Основные реки этого района – Кугутык и Орь, берущие с истоками в полупустынях северного Казахстана.

7. Бессточный район сухих степей и полупустынь Зауралья площадью более 5000 км^2. Он слабо дренирован, водный сток всего 5–10 мм/год. Основные реки Буруктал и Кара-Су, имеющие сток лишь в весеннее время. В района имеются крупные бессточные бассейны озер Шалкар-Ега-Кара, Жеты-Коль и Айкне.

1.2.5. Растительность

Растительность степной зоны Южного Урала изучалась многими исследователями природы. Большой вклад в её изучение внесли С.С. Неуструев (1950), А.А. Чибилев (1998, 2008, 2011), Ф.Н. Мильков (1977), З.Н. Рябинина (1998, 1999, 2010), С.В. Левыкин (2005, 2006) и др. Распределение природных зон на Южном Урале представлено на рис. 1.8 (Атлас Оренбургской области, 1993).

Атмосферные осадки, ведущий фактор в формировании биоценозов вододефицитных зон, обусловливают ту или иную распространенность естественных видов растительности по территории в зависимости от их засухоустойчивости. На юге Южного Урала при увлажненности 0,3 сформировалась подзона естественной полупустынной растительности с преобладанием вострец, типчака и полыни, а также эфемеров и эфемероидов (лютик прямороги, осока уральская, мятлик луковичный) с небольшими включениями на увлажненных землях низкорослой древесной растительности. Севернее расположена подзона сухих степей с преобладанием ковылей и типчака с включениями на засоленных и возвышенных участках растений полупустынь, а в понижениях – донника, костра безостого и др.

Подзона степей занимает основную часть территории Южного Урала. Количество атмосферных осадков обеспечивают возможность произрастания в ее естественных условиях разнообразной злаковой (костер безостый, ковыли, пырей) и бобовой растительности с увеличением лесистости до 3–4%. В северной степи дополнительно появляются многие виды южной лесостепи. Увеличивается количество лесных колков в балках и лощинах. С увеличением атмосферных осадков до 450 мм/год и более. При коэффициенте увлажнения 0,7–0,8 степная зона переходит в южную лесостепь, в которой 15–20%

территории занимает древесная растительность. В северной части Южного Урала на западных отрогах его гор при коэффициенте увлажнения, близком к единице, леса занимают до 40% территории, формируя лесные массивы с включением хвойных пород.

При последующей детализации условий в каждой подзоне Южного Урала в зависимости от рельефа, почв и экспозиции, местной водообеспеченности можно встретить биоценозы, типичные в соседних подзонах. Это формирует биоразнообразие и динамическое равновесие между биоценозами с различной требовательностью к влагообеспеченности. По нашим наблюдениям, регулятором в положении границы их распространения является чередование лет и многолетних периодов с увеличенным или уменьшенным количеством атмосферных осадков. В табл. 1.2 приведены средние значения годовых сумм атмосферных осадков и за вегетационный период по 5-летним периодам в г. Оренбурге. Годовые их суммы по пятилеткам изменяются в пределах 75–111% от среднего многолетнего, а вегетационного периода в пределах 77–115% от средних многолетних за вегетационный период с апреля по октябрь.

В маловодные годы в полупустыне подвижные пески наступают на ее скудную растительность. В степи более засухоустойчивые виды трав наступают на менее устойчивые к засухе виды и имеющуюся там древесную растительность. Такой же, но менее выраженный, процесс идет и в лесостепной зоне. В годы и периоды с повышенной обеспеченностью водными ресурсами идет обратный процесс. Более требовательные к влаге и отзывчивые на обеспеченность ею растения начинают закреплять пески, лес наступает на степную растительность, степные травы вытесняются луговыми и т.д.

Таблица 1.2. **Средние значения атмосферных осадков на Южном Урале по пятилетним периодам (метеостанция г. Оренбург), в % от многолетнего среднего**

Годы	За календарный год	За вегетацию (IV-X)	Годы	За календарный год	За вегетацию (IV-X)
1936–1940	75	81	1976–1980	101	96
1941–1945	111	131	1981–1985	96	95
1946–1950	106	115	1986–1990	108	106
1951–1955	81	77	1991–1995	96	94
1956–1960	106	112	1996–2000	99	90
1961–1965	106	105	2001–2005	103	96
1966–1970	111	111	2006–2010	106	101
1971–1975	94	91	2011–2015	96	108

Изменения в количестве атмосферных осадков изменяют почвообразовательный процесс и сток поверхностных и подземных вод. В связи с цикличностью в обеспеченности атмосферными осадками оценивать

антропогенное воздействие на естественную растительность следует с учетом возможных ее изменений в результате изменений в атмосферных осадках.

Л е с о с т е п н а я з о н а охватывает территорию бассейна р. Урал в Башкортостане и северную часть Оренбургской области. В восточной ее части рельеф преимущественно равнинный. В центральной части и в правобережье р. Урал он предгорный и горный, с возвышенными плато и плоскогорьями с врезками местных базисов эрозии на глубину до 300 м. На востоке зоны абсолютные отметки местности порядка 300 м с увеличением до 600 м в западной и центральной её частях. В лесостепной зоне средняя многолетняя годовая сумма атмосферных осадков составляет 530 мм/год, а коэффициент увлажнения 0,6–0,8. Средняя годовая сумма атмосферных осадков. На западе сумма осадков 550–600 мм/год, в Зауралье она уменьшается до 400 мм. В лесостепной зоне в пределах бассейна р. Урал леса занимают от 40 до 70% территории, сельскохозяйственные угодья около 35%, в том числе пахотные земли менее 12%. Незначительная доля сельскохозяйственных угодий и особенно пахотных земель в лесостепной зоне ограничивают их воздействие на общий водный баланс и изменения в нем. В лесостепной зоне основным водорегулирующим фактором становится древесная растительность. Ее значимость возрастает в связи с обрамлением лесом сельскохозяйственных угодий и перехватыванием возможного стока вод с полей.

С т е п н а я з о н а преобладает на Южном Урале. Уральские горы делят ее на две подзоны: западную и восточную. Западная подзона расположена в Южном Предуралье и имеет 350–400 мм/год атмосферных осадков и $K_{ув}$ = 0,4–0,6. В ней более длительный вегетационный период сельскохозяйственного, в том числе пахотного, землепользования. На севере Предуральская степная подзона постепенно переходит в лесостепь, а на юге она распространяется в левобережье бассейна р. Урал со значительно меньшей обеспеченностью атмосферными осадками. Сельскохозяйственные угодья в земельном балансе подзоны составляют 90%, в том числе пахотные земли – 60% ее территории. Лесная растительность приурочена к балкам и поймам рек. На равнинах, возвышенностях и склонах естественная лесная растительность практически отсутствует. В поймах малых рек степной зоны она часто утрачивает основные признаки леса – нет сомкнутого древостоя с подлеском и лесной подстилкой. Лесная растительность в основном III–V бонитетов и находится в основном в затапливаемых широких поймах средних и больших рек. Леса и изреженная древесная растительность вдоль небольших постоянных и временных водотоков выполняют преимущественно противоэрозионную роль и мало влияют на поверхностный сток, имеющего здесь в основном сосредоточенный характер. Лесистость в центральной части степей Предуралья около 3% с увеличением на северной границе подзоны до 7% и уменьшением на юге до 1%.

Восточная подзона степи находится в Южном Зауралье. Она меньше обеспечена атмосферными осадками (300–350 мм/год при $K_{ув}$ = 0,4–0,6) в условиях большой континентальности климата и сравнительно недавнего

интенсивного сельскохозяйственного освоения. Сельскохозяйственные угодья занимают 90%, А пахотные земли 40–50% от площади подзоны. До освоения целинных земель в 50-е годы XX века её распаханность не превышала 5%. Лесная растительность занимает около 3,5% северной части подзоны и менее 0,5%. В подзоне слабо развиты поймы и в связи с пересыханием многих водотоков в летнее время пойменные лесные массивы почти отсутствуют. В северной части подзоны в условиях выраженного рельефа и большей увлажненности в балках встречаются лесные колки. Увеличивается степная кустарниковая растительность по понижениям рельефа, способствующая переводу аккумулированного в них поверхностного стока в запасы влаги почвы и питание подземных вод.

С у х о с т е п н а я з о н а и з о н а п о л у п у с т ы н ь расположены на юге Южного Урала. Они мало обеспеченны атмосферными осадками (200–350 мм/год при $K_{ув}$ менее 0,5). Распашка земель ограничена участками с относительно благоприятными условиями накопления влаги в почве, и поэтому доля пахотных земель, по отчетам статистических управлений России и Республики Казахстан, она составляет около 30% сухостепной зоны и 20% полупустыни. Лесистость сухой степи 0,2–0,3%, а полупустыни 0,1% и менее. Древесная растительность сосредоточена вдоль постоянных водотоков, обеспечивающих подпитку ее корневой системы прирусловыми подземными водами в летний период, и почти не имеет водорегулирующего значения. Основной естественной растительностью здесь являются засухоустойчивые степные травы: житняк пустынный, типчак, ковыли, осока уральская и полыни.

1.2.6. Почвы и их развитие в условиях водного дефицита

Растительность и почвенный покров степной зоны находятся в большой зависимости от водообеспеченности, и сами воздействуют на формирование природных вод. Поэтому исследование их взаимного влияния является важнейшим в познании процессов, идущих в природе степной зоны.

Почвенная оболочка Земли имела и имеет большое значение в ее истории. По определению В.А. Ковды (1973, 1981) почвенный покров – это часть биосферы, обладающая наибольшими плотностью жизни и геохимической энергией живого вещества. Находясь на границе атмосферы и земной поверхности, почвенный покров в большой мере влияет на процессы движения влаги от атмосферы к суше и обратно, а также определяет соотношение поверхностного и подземного стока вод, участвует в формировании их минерализации. Химический состав речных вод и речных наносов непосредственно связан с химическим составом почв. Химический состав океанов, морей и их осадочных отложений связан с химизмом рек и через них с почвами суши.

Атмосфера, земная кора суши, биосфера, гидросфера и почвенный покров непрерывно взаимодействуют, обеспечивая этим свое развитие, и почвенный

покров, являясь продуктом земных сфер, играет в них большую роль. Сложные взаимодействия в биосфере обусловливают разнообразие почв различия их состава, скорости почвообразовательных процессов, что в свою очередь влияет на сферы Земли.

Одним из основных факторов образования и развития почв является водообеспеченность. Рассмотрим особенности формирования почв и их взаимодействие с природными водами Южного Урала и антропогенные изменения в них.

Важным фактором в формировании основных типов почв Южного Урала является дефицит водообеспеченности. Недостаток влаги при высокой обеспеченности теплом обусловил формирование степных биоценозов и соответствующей микрофлоры почв. Биохимические и химические процессы в почвах и подстилающих их грунтах основную часть года также протекают в условиях малой их увлажненности.

С заселением Южного Урала человеком и переходом его к скотоводству и, особенно к земледелию, все возрастающее влияние на развитие почв оказывают антропогенные воздействия. В настоящее время интенсивное антропогенное воздействие испытывают все почвы сельскохозяйственных угодий, под зонами отдыха, дорожной сетью и др.

Распределение типов почв на Южном Урале в границах Оренбургской области (рис.1.9) с учетом особенностей отдельных территорий в общих чертах соответствует обеспеченности их водными ресурсами (рис. 1.6).

Являясь продуктом живой материи и ее содержащая, почва играет важную роль в биологическом и геологическом круговороте вещества на Земле. По данным А.Е. Ферсмана (1955) и В.И. Вернадского (1967) в состав земной коры входит 0,35% углерода. На Южном Урале в пахотном горизонте чернозема тучного его содержится до 6% от веса почвы, что. значительно больше, чем в земной коре. Следовательно, растительность и другая живая материя через почвы возвращают углерод в недра и, таким образом, почва участвует в современных геохимических процессах, осуществляя его круговорот. Присутствие органического углерода в грунтах, подстилающих почвы Южного Урала, выявлено нами на больших глубинах. На пахотных землях на Общем Сырте под понижениями рельефа на глубине 1–3 м содержание гумуса 0,70 %, а под возвышениями 0,55%. На глубине 3–8 м под пахотными землями его содержится 0,3–1%. На выбитой целине, на глубине 1–3 м содержание гумуса под возвышениями – 0,9%, а под понижениями – 0,7%.

В вододефицитном Южном Урале почвы, их состояние и изменения в них оказывают значительное влияние на развитие всей его природы и без анализа идущих в почвах процессов, невозможно объяснить многие изменения, которые наблюдаются в окружающей среде: воде, недрах и воздухе.

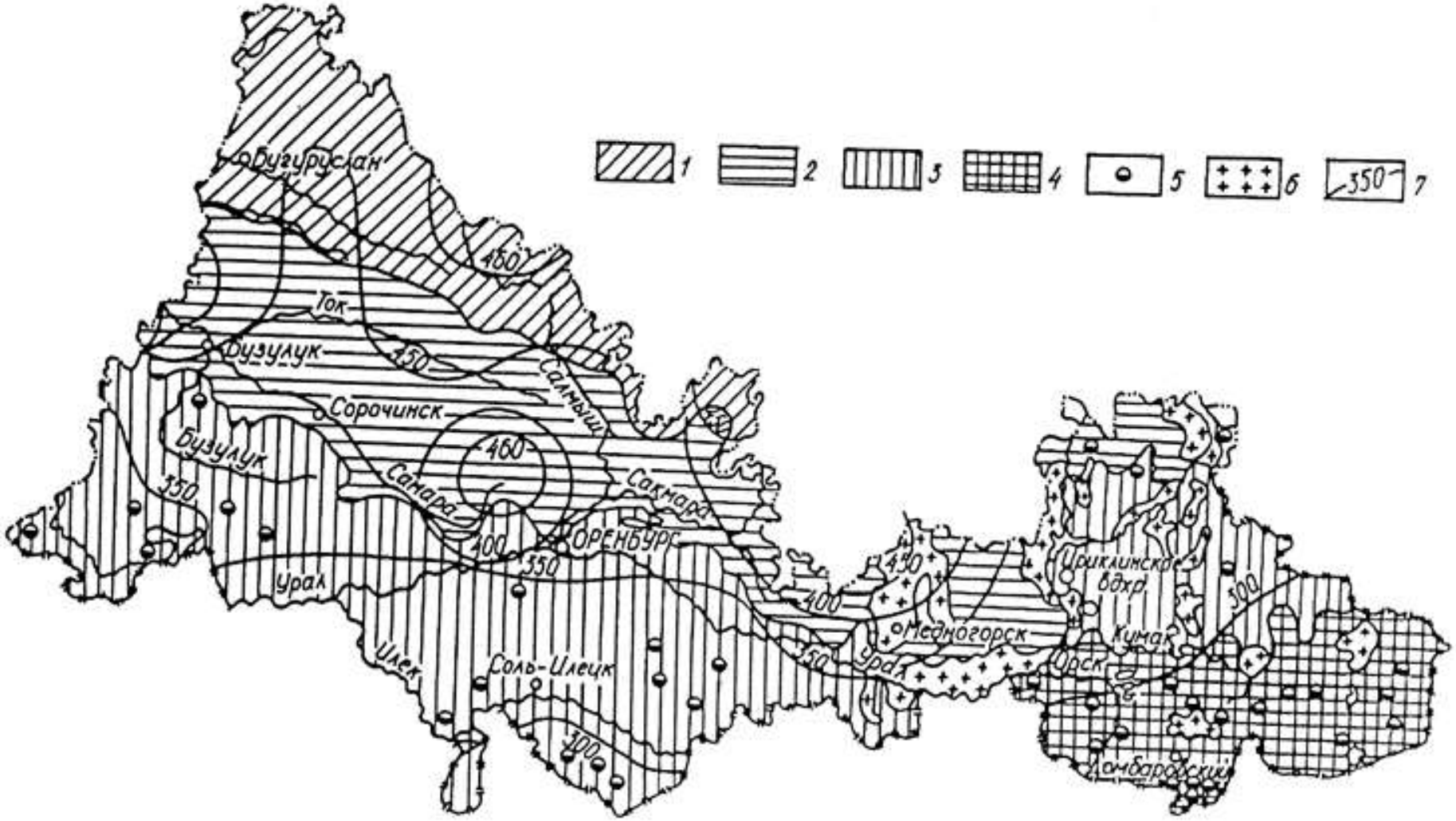


Рис. 1.9. Почвенно-климатические условия Оренбургской области. 1–5 – почвы: 1 – черноземы типичные; 2 – обыкновенные; 3 – южные; 4 – темно-каштановые; 5 – комплексы солонцов; 6 – метаморфические и изверженные; 7 – изогиеты, мм (Блохин 1997).

1.2.6.1. Развитие почв естественной степи в условиях водного дефицита

На почвообразовательный процесс влияет комплекс природных условий, в которых он протекает. Важнейшими из природных условий факторами почвообразования являются: почвообразующие породы, климат, растительность и животный мир, рельеф местности и возраст почв (И.Ф. Гаркуша, 1969). В формировании почв вододефицитных территорий особую значимость имеет водообеспеченность. В условиях дефицита воды при высокой обеспеченности теплом сформировался особый тип почв – черноземы.

Без интенсивного антропогенного воздействия в почве устанавливается динамическое равновесие между поступлением органического вещества от растений, с одной стороны, и его расходованием после разложения гумуса на их питание и миграцию за пределы активного слоя почвы, с другой, при частичном его накоплении в этом слое, обеспечивается медленное увеличение мощности черноземов.

В естественных степях при отсутствии или умеренном уровне антропогенной нагрузки значительную водорегулирующую роль играет дернина многолетних дерновинных злаков (типчак, ковыли, тонконог и др.), многолетних двудольных растений, полукустарников и вегетирующих обычно весной однолетних растений. В пониженных рельефа кустарники и засухоустойчивые лиственные древесные породы обеспечивают перехват основной части стока талых и ливневых вод. Высокая начальная скорость впитывания воды в дерновый покров (рис.1.10), значительно превышающая возможную интенсивность таяния снега и ливней, создает условия для быстрого проникновения влаги в нижерасположенные слои почвы. Там она под защитой дернины сохраняется от непродуктивного испарения. Но на создание дернины расходуется наземная часть растений, и чем большая ее часть будет уходить в зиму и расходоваться на образование дернины и гумуса, тем эффективнее будет использование атмосферных осадков. Отмершие степные травы и полукустарники, оставшиеся после умеренной пастьбы диких и домашних животных уменьшают сдувание снега, равномерно его распределяя.

Естественные степи – совокупность саморегулирующихся биогеоценозов, включающих растительность и обитающий в них животный мир, в основном с внутренним замкнутым оборотом органического и минерального вещества в преимущественно замкнутой трофической цепи. Не съеденные животными, грызунами и другой живностью растения или их части отмирают и совместно с корневой системой, создают дернину. Она обогащается продуктами жизнедеятельности обитающих в степи животных, да и самими животными после смерти. Дернина, а лучше сказать опадно-дерновое покрытие (степной войлок), с высокими фильтрационными свойствами в условиях дефицита влаги обеспечивает постепенное увеличение под ней мощности почвенного горизонта и, защищая его от перегрева, поддерживает высокую эффективность использования накопленных атмосферных осадков.

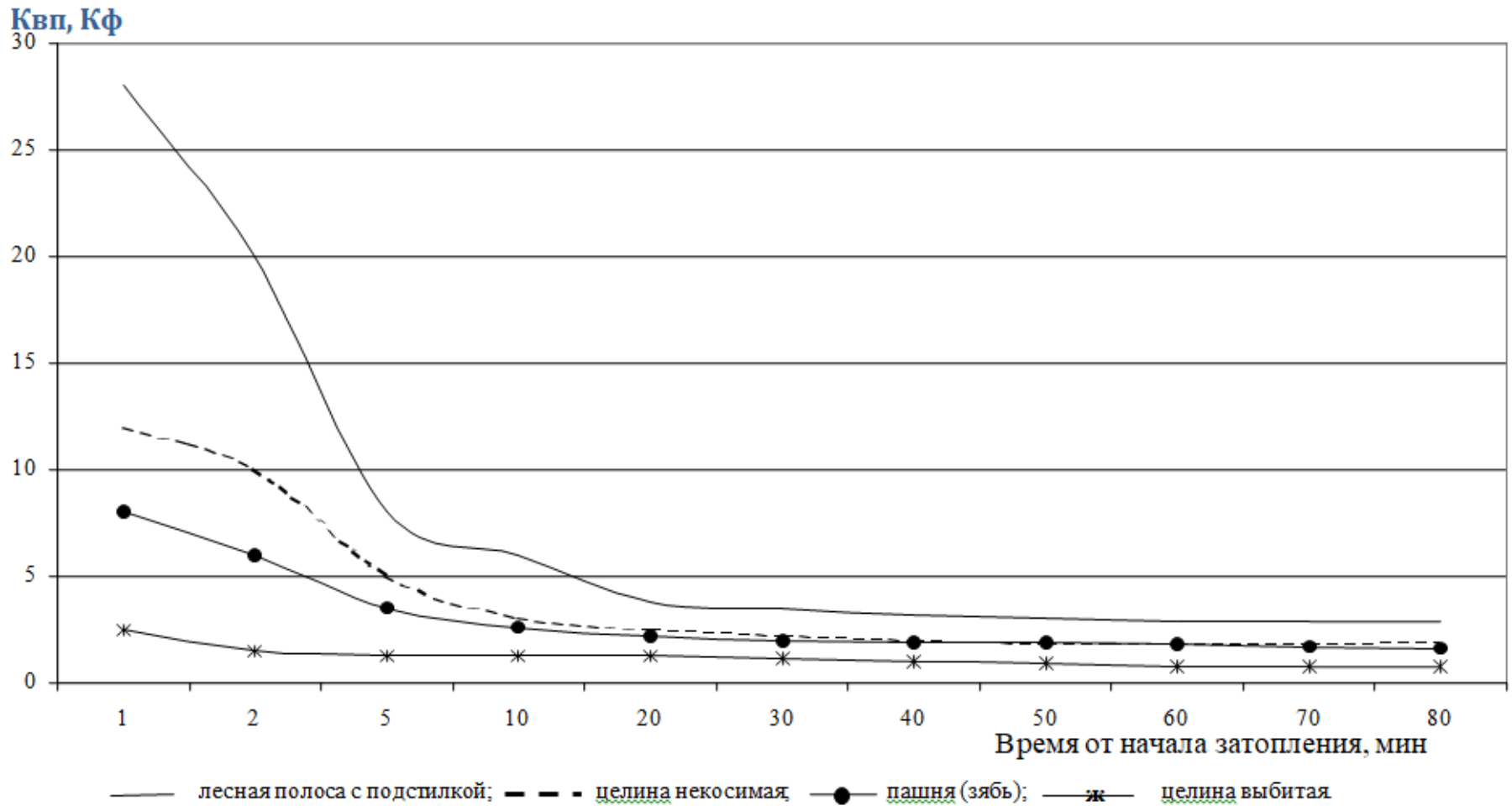


Рис. 1.10. Динамика впитывания воды в почву и коэффициент фильтрации тяжелосуглинистых южных черноземов Предуралья в зависимости от угодья по данным Ю.М. Нестеренко (2006)

Естественные степи имеют высокую биологическую продуктивность в замкнутой системе, которая в основном расходуется на сохранение самой степи. Это стало результатом приспособления степных биоценозов в ходе его длительного развития к условиям дефицита влаги. Эти биоценозы не приспособлены к значительному отчуждению органического вещества за их пределы и имеют очень низкую хозяйственную продуктивность.

Отчуждение человеком значительной части органического вещества из замкнутой естественной степной системы приводит сначала к уменьшению мощности дернины, затем почвенного горизонта и гумуса в нем, увеличению стока талых и ливневых вод. Ухудшение водообеспеченности степной растительности ускоряет дальнейшую деградацию естественной степи, превращая ее в выбитую степь.

Сравнительная характеристика водно-физических свойств тяжелосуглинистых черноземов южных в зависимости от уровня их антропогенной трансформации в условиях Общего Сырта на Южном Урале по результатам наших исследований показана в табл. 1.3. Ее данные подтверждают значительное ухудшение фильтрационных свойств выбитой целины.

Аналогичные результаты по исследованию влияния интенсивной пастьбы скота и сенокошения на скорость фильтрации в степи получили А.М. Грин, С.В. Басс и Т.В. Назарова (1969), И.П. Сухарев, 1959; Р.К. Линслей и др.,1962.

Приведенные сведения убедительно доказывают, что интенсивная антропогенная нагрузка на степь разрушает ее естественное развитие и снижает биопродуктивность степных биоценозов. Хозяйственная урожайность слабо выбитой степи на черноземах южных Южного Урала в 1982–1985 гг. составила 2,8 т/га сухой массы, выбитой – 1,2 т/га и сильно выбитой всего 0,2 т/га. Аналогичные результаты получены С.С. Саркисяном и Э.Ф.Шур-Багдасаряном (1968) в нагорной степи на темно-каштановых почвах Армении.

Уровень антропогенной нагрузки на степь можно установить по количеству скота, приходящегося на единицу площади. В табл.1.4 представлена динамика численности всего травоядного скота в пересчете на условную голову с 1936 по 2000 гг. в речных бассейнах Южного Урала. Видно, что во всех исследуемых бассейнах независимо от уровня освоенности идет увеличение нагрузки скотом в расчете на 1 км^2.

В ранее освоенных бассейнах рек Самары и Большой Кинель до освоения целинных земель в 1954 г. численность скота в расчете на 1 км^2 естественных кормовых угодий увеличилась соответственно с 9,8 и 12,6 голов до 12 и 18,6 голов, т.е. соответственно на 20 и 48 процентов. В основных районах освоения целинных земель в Южном Зауралье в степном бассейне р. Жарлы нагрузка на естественные кормовые угодья за это же время увеличилась с 1,1 до 1,7 головы на 1 км^2, т.е. на 55%, а в острозасушливой степи в бассейне р. Кугутык уменьшилась с 2,6 до 2,4 головы на 1 км^2.

Таблица 1.3. **Динамика впитывания воды в почву, коэффициент фильтрации и объемный вес тяжелосуглинистых черноземов южных на Покровском опытном участке в Предуралье в зависимости от угодья**

Угодье	Показатель, единица измерения	Время от начала затопления площади по Н.С. Нестерову (t), мин								Коэффициент фильтрации, мм/мин	Объемный вес в слое 0–20 см
		2	5	10	20	30	40	50	60		
Целина некосимая	скорость впитывания, мм/мин	10	5	3	2,5	2,2	2,0	1,8	1,8	1,8	1,05
	впитывание за время t, мин	20	35	50	75	97	117	135	153		
Целина выбитая	скорость впитывания, мм/мин	1,5	1,3	1,25	1,20	1,15	1,0	0,9	0,8	0,8	1,20
	впитывание за время t, мин	3	7	13	25	37	47	56	64		
Пашня (зябь)	скорость впитывания, мм/мин	6	3,5	2,6	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,05
	впитывание за время t, мин	12	23	36	58	78	97	115	132		
Лесная полоса с подстилкой	скорость впитывания, мм/мин	20	8	6	3,8	3,5	3,2	3,0	2,9	2,8	0,93
	впитывание за время t, мин	40	64	94	132	167	199	229	258		

Таблица 1.4. **Динамика численности скота в исследуемых речных бассейнах Южного Урала, условные головы/км^2 (определена по данным статистического управления Оренбургской области)**

Речной бассейн	В расчете на всю площадь бассейна по годам								В расчете на естественные кормовые угодья бассейна по годам							
	1936	1953	1960	1967	1976	1991	1995	2000	1936	1953	1960	1967	1976	1991	1995	2000
р. Большой Кинель	8,7	11,2	16	20	23,3	2,38	18	16	12,6	18,6	38,1	48	56	53	43	38
р. Самара	7,6	8,6	13	16	20,5	18,6	15,5	14,8	9,8	12,0	28,3	36	45	41	34	32
р. Жарлы	1,0	1,6	3,1	4,0	8,2	7,5	5,2	4,9	1,1	1,7	4,1	5,2	14,9	13,6	9,5	9
р. Кугутык	2,5	2,3	3,6	4,5	8,1	7,2	3,5	3,2	2,6	2,4	5,2	6,6	12,7	11,3	5,5	5

Уменьшение поголовья скота в острозасушливой степи можно объяснить сокращением кормовой базы в связи со снижением урожайности естественных кормовых угодий из-за их перепаса, которые до освоения целинных земель были практически единственным источником кормов.

После начала освоения целинных земель численность скота продолжала увеличиваться, достигнув максимальной величины в 1976 году. При этом в Южном Предуралье общая нагрузка скотом в расчете на всю площадь водосборов увеличилась в 2–2,5 раза, а в расчете только на естественные кормовые угодья – в 3–3,5 раза. В районах освоения целинных земель в Южном Зауралье эта нагрузка увеличилась в 4–7 раз.

Для установления допустимой нагрузки на естественные кормовые угодья в зависимости от уровня засушливости территории попытались определить урожайность естественных кормовых угодий по зонам используя статистическую отчетность хозяйств и литературные данные. В среднем по зеленой массе она составляет: в лесостепной зоне – 30 ц/га, степях Предуралья – 25 ц/га, степи Южного Зауралья – 20 ц/га и в острозасушливой степи и полупустыне – 18 ц/га. Но в условиях экстенсивной (без удобрений и без мероприятий по улучшению) эксплуатации естественных кормовых угодий для сохранения их плодородия и дернины необходимо оставлять в степи не менее 15 ц/га растительной массы (урожайность на мало покрытых растительностью участках сухой степи, которые при стравливании быстро деградируют). В этом случае, за вычетом 15 ц/га, максимально возможное отчуждение урожая зеленой массы в лесостепи составит 15 ц/га, в степях Предуралья – 10 ц/га, в степях Южного Зауралья – 5 ц/га и в острозасушливой степи – 3 ц/га.

При питательности травянистой зеленой массы в кормовых единицах (к.е.) 0,22 к.е./кг и средней годовой потребности в кормах на условную голову 35 ц к.е. (СХЭ, т. 3; Томмэ, 1969) допустимая нагрузка на 1 км^2 естественных кормовых угодий в лесостепной зоне составит 9 условных голов, в Южном Предуралье – 6, в степях Южного Зауралья – 3 и в острозасушливых степях и полупустыне – 2. Уровень фактической нагрузки скотом в бассейнах рек Южного Урала в процентах от допустимой для естественных кормовых угодий приведен в табл. 1.5.

По данным таблицы к периоду освоения целинных земель в 1953 году нагрузка скотом в расчете на всю площадь освоенных сельским хозяйством бассейнов в Южном Предуралье превышала допустимую нагрузку в 1,24–1,43 раза, а на естественные кормовые угодья – в 2 раза. В степях Зауралья нагрузка на них была в 2 раза меньше допустимой величины. Но в 1960 году и там нагрузка на степи превысила допустимую величину. В условиях возросшей нагрузки на естественные кормовые угодья начался процесс их деградации. Последующее увеличение поголовья скота увеличило нагрузку скотом на естественные кормовые угодья, превысив допустимую в несколько раз. Это привело к ускорению их деградации и снижению их урожайности по данным статистических управлений с 7 ц/га в 1955–1960 гг. до 3 ц/га в 1970–1975 г.

Таблица 1.5. **Уровень фактической нагрузки скотом на Южном Урале в процентах от допустимой для естественных кормовых угодий (вычисления автора по данным статистического управления Оренбургской области)**

Бассейны рек	Биологическая урожайность зел. массы, ц/га	Продуктивная урожайность, ц/га	Допустимая нагрузка на естественные угодья, усл. гол./км^2, (%)	Фактическая нагрузка в % от допустимой по годам *							
				1936	1953	1960	1967	1976	1991	1995	2000
р. Большой Кинель	35	15	9 (100)	97 140	124 207	178 423	224 533	259 621	247 592	200 478	178 422
р. Самара	25	10	6 (100)	127 163	143 200	217 472	273 595	342 743	310 683	258 557	247 533
р. Жарлы	20	5	3 (100)	33 37	53 57	103 137	130 172	273 497	250 453	173 317	163 300
р. Кугутык	18	3	2 (100)	125 130	115 120	180 260	227 328	405 635	360 556	175 275	160 250

* В числителе в расчете на всю площадь бассейна, в знаменателе – на площадь естественных кормовых угодий.

К 1990 году в рассматриваемых речных бассейнах общая нагрузка скотом в расчете на всю площадь водосбора превысила допустимую нагрузку в 2,5–3,5 раза. Следовательно, если бы водосбор не был распахан, и его занимали только естественные кормовые угодья, то и в этом случае степь деградировала, она выбивалась скотом со снижением биологической продуктивности. Поэтому интенсификация сельскохозяйственного землепользования на Южном Урале была неизбежна. Без нее дальнейшее увеличение продуктивности сельского хозяйства невозможно. Однако пути его интенсификации необходимо выбирать с учетом конкретных природных условий (рельефа, почв, влагообеспеченности, состояния естественных биоценозов и агроценозов, их продуктивности и влияния на почвообразовательный процесс). При этом в степи особое внимание необходимо уделять повышению эффективности использования всей годовой суммы атмосферных осадков.

1.2.6.2. Развитие почв степных пахотных земель в условиях водного дефицита

Пахотные земли степной вододефицитной зоны созданы человеком из естественных степей, имевших естественную растительность и дернину, которые создают в почве особые, не имеющие аналогов, режим влажности, микроклимат и почвообразовательный процесс. От естественных почв пахотные земли унаследовали генетические названия (черноземы, каштановые почвы), веками сложившийся из дернины и внутрипочвенной органики гумусовый горизонт и другие особенности. Но пахотные земли имеют существенные отличия от целинных земель.

Распашка целинных земель и уничтожение приспособившихся в процессе эволюции к дефициту влаги биогеоценозов, создавших и постоянно поддерживающих дернину, служащую исходным материалом черноземов и его защитой, существенно изменили почвообразовательный процесс, водный и тепловой режимы почв и их водно-физические свойства. В табл. 1.3 дана сравнительная характеристика основных водно-физических свойств, различных угодий на черноземах южных в Предуралье. Поданным таблицы зябь имеет фильтрационные свойства и объемный вес близкие к величинам на некосимой целине. Но, в отличие от стабильных на целине, пашня к середине вегетационного периода уплотняется с поверхности до 1,20–1,25 г/см^3, а скорость впитывания уменьшается в 2–3 раза.

Другое отличие пахотных земель их температурный режим. По нашим измерениям на пахотных землях на открытых участках температура поверхности почвы летом поднимается до 45–60 ºС, а на не косимой целине она лишь на 3–5 ºС выше температуры воздуха.

Важнейшей характеристикой почв является содержание гумуса и его состав. Гумус почв был и остается предметом исследований многих наших ученых – П.А. Костычева (1939), В.В. Докучаева (1954), В.Р. Вильямса (1940),

И.В. Тюрина (1956), К.К. Гедройца (1975), Д.Н. И.Ф. Гаркуши, Яцук (1969), М.М. Кононовой (1963), Л.А. Гришиной (1986), Л.Н. Александровой (1980), Д.С. Орлова (1990), А.И. Климентьева, Е.В. Блохина (1996) и других. За рубежом исследованию гумуса посвящены работы Р. Тайта III (1991) и многих других.

Большинство исследователей степных почв (Лаврентьев 1972, Титов 1972, Пономарева (1980), Николаев (1999) и др.) считают, что распашка и эксплуатация земель без внесения удобрений приводит к постепенному уменьшению запасов гумуса в почве, а при систематическом внесении минеральных и органических удобрений содержание гумуса в почве практически не уменьшается.

На Южном Урале природные условия для растительности и для формирования почв менее благоприятны, чем в черноземной зоне России. В его степной зоне выпадает атмосферных осадков менее 400 мм/год и резко континентальный климат с коэффициентом увлажнения 0,3–0,6. По данным Оренбургского института ВолгоНИИгипрозем в степях Зауралья за период с 1960 по 1990 гг. при внесении в среднем в год по 0,3 т/га навоза и 10 кг/га минеральных удобрений количество гумуса в пахотных землях уменьшались в среднем на 1,5% в год от его запасов и составило в 1990 г. в пахотном горизонте 3–3,5%. Темпы снижения плодородия в Южном Зауралье в сравнении с Курской областью России, Днепропетровской и Харьковской областями Украины в 2–5 раз выше.

В степной зоне Южного Предуралья также идет снижение плодородия пахотных земель. Анализ данных землеустройства ряда хозяйств показал, что за период 1965–1985 гг. содержание гумуса в пахотном слое почв снизилось на 0,3–1,5% и в 1985 г. составило 5,5–3,5% со средним уменьшением на 0,5–1,2% в год от его запасов в почве.

По данным научно-производственного объединения «Южный Урал» (1992) во всех типах почв идет интенсивное снижение плодородия. Анализ его данных показывает, что скорость снижения плодородия черноземов тучных на севере Оренбургской области на границе с лесостепной зоной составляет 0,6% в год от его количества в учетном 1940 году. Интенсивность снижения плодородия черноземов обыкновенных, расположенных в более засушливых условиях, достигает 0,7% в год. Еще интенсивнее снижается плодородие черноземов южных и темно-каштановых почв, соответственно 1,7 и 2% в год от запасов гумуса в них.

Интенсивное снижение плодородия распаханных целинных земель на Южном Урале отмечают также А.И. Климентьев и В.Е. Тихонов (1994). В истории целинных почв Южного Урала они выделяют четыре периода: первый – целинное состояние, второй – 1940–1950 гг.; третий и четвертый – после их распашки. По их данным по материалам почвенных обследований двух туров с интервалом 20 лет в черноземах типичных по к 1990 году потеряно 3,25, а в черноземах обыкновенных и южных, темно-каштановых почв – соответственно 1,15; 1,35 и 0,99 абс.% процентов гумуса.

Сравнение процессов гумусообразования на целинных и распаханных землях Южного Урала показывает, что на пашне условия гумусообразования складываются более характерные для целинных почв, находящихся южнее в географическом ряду зональности (Русанов, 1994). Наблюдается схожесть свойств гумуса распаханного чернозема южного с гумусом целинных темно-каштановых почв.

Приведенные сведения о влиянии распашки целины и применяемых на ней систем земледелия в условиях вододефицитного Южного Урала ведут к интенсивной деградации его почв. При этом скорость утраты гумуса в почвах возрастает по мере увеличения дефицита влаги.

Система земледелия в сухих степях в отношении гумуса должна строиться на компенсационной основе без истощения вековых его запасов, которые обеспечивают развитие почвенной структуры и обеспечивают высокую эффективность использования зимних осадков и скудных, в основном ливневых, летних осадков за счет улучшения водно-физических свойств почв (влагоемкости, увеличение скорости впитывания и др.). Следует интенсифицировать исследования по оптимизации условий гумусообразования в почвах, в том числе путем регулирования их влажностного и температурного режимов в течение всего года, а не только в период вегетации возделываемых культур.

1.2.7. Экономическое и социальное развитие Южного Урала

На Южном Урале, как отмечалось в разделах 1.3 и 1.4, наблюдается неравномерное распределение атмосферных осадков, речного стока и в совокупности всего климата. На его территории располагаются три региона: Республика Башкортостан, Челябинская и Оренбургская области.

Республика Башкортостан. Площадь 143,6 тыс. км^2. В республике выпадает в год 400–600 мм атмосферных осадков, обеспечивающих коэффициент увлажнения в пределах 0,7–1,1 и 150–250 мм речного стока. Лесистость – 35%.

По природным и климатическим условиям Башкортостан относится к регионам с благоприятными для человека условиями. В его условиях высокая плотность населения – в среднем 28,5 чел./км^2. Доля городского населения 48%, сельского населения – 52%. Крупнейшие города: Уфа, Стерлитамак, Салават, Октябрьский, Белорецк, Ишимбай. Благоприятные природные условия и наличие различных полезных ископаемых в Башкортостане развита промышленность и крупное сельскохозяйственное производство.

Основую часть продукции народного хозяйства даёт промышленность, главным образом нефтегазодобывающая и тяжёлая. Основные отрасли – нефтеперерабатывающая, чёрная и цветная металлургия, металлообработка и машиностроение, химическая промышленность.

В почвенном покрове преобладают чернозёмы и серые лесные почвы; встречаются дерново-подзолистые, подзолистые и почвы речных пойм. Сельское хозяйство животноводческо-зернового направления. Вокруг главных промышленных центров сельское хозяйство преимущественно пригородного типа. Сельское хозяйство занимает 50% всей площади республики (7,5 млн га), пашни 5 млн га, сенокосов 0,7 млн га и пастбищ 1,6 млн га. Животноводство мясо-молочного направления.

На западе республики в предгорной равнине сосредоточена добыча нефти и попутного газа, их переработка и тяжелая промышленность. Широко развито сельское хозяйство, что в этой части региона плотность населения около 40 чел./км^2.

Горный Урал, расположенный в восточной части региона, представляет собой гряды хребтов, постепенно понижающихся к югу. Он в основном покрыт широколиственными и хвойными лесами. Здесь сосредоточены предприятия лесного хозяйства и переработки древесины, ведется добыча рудных полезных ископаемых. Зауральская часть в основном равнинная, вытянутая узкими полосами по восточному подножию Урала и в долине р. Урал. В этой части Башкортостана развито сельское хозяйство животноводческого и зернового направлений.

Челябинская область. Площадь 87,9 тыс. км^2. В области выпадает 600 мм/год атмосферных осадков в горной части и до 350 мм на равнине. Максимальное их количество приходится на лето. При таких атмосферных осадках коэффициент увлажнения 0,4–1,0 и речной сток 10–50 мм. Континентальный климат. Лесистость – 25%. Плотность населения 40 чел./км^2. На городское население приходится 82% и сельское – 18% со средней плотностью 7 чел./км^2. Область расположена в основном на восточных склонах горного Южного Урала и прилегающих равнинах Зауральского пенеплена. Для водоснабжения Челябинска построено Аргазинское и Шершневское водохранилища, Магнитогорска – Верхнеуральское водохранилище. Важнейшие города: Челябинск, Магнитогорск, Златоуст, Копейск, Миасс, Троицк, Коркино. Челябинская область – одна из наиболее развитых индустриальных областей страны. Большую часть продукции даёт главным образом тяжёлая промышленность. Основные отрасли – чёрная и цветная металлургия, машиностроение, химическая промышленность, сосредоточенные в основном в Челябинском, Миасском, Златоустовском и Троицком промышленных узлах. В Магнитогорском промышленном районе сконцентрирована в основном металлургическая промышленность.

В почвенном покрове преобладают чернозёмы обыкновенные и выщелоченные; встречаются также серые лесные, лугово-чернозёмные и горно-лесные серые почвы. Сельскохозяйственные угодья занимают 5 млн га (56% площади области), из них 3,2 млн га пашни, 0,6 млн га сенокосов и 1,2 млн га пастбищ. Сельское хозяйство животноводческо-зернового направления. Животноводство молочно-мясного направления. Сельское хозяйство

сосредоточено в основном в восточной части области. Вокруг промышленных центров развито сельское хозяйство пригородного типа.

Оренбургская область. Площадь 124 тыс. км^2. В области выпадает от 300 до 450 мм атмосферных осадков с максимумом в летний период. При таких атмосферных осадках коэффициент увлажнения находится в пределах 0,35–0,65 и речной сток – 10–80 мм. Континентальный климат. Лесистость – 4,5%. Плотность населения 16,4 жителей. На городское население приходится 58% и сельское – 42% (в среднем 7 чел./км^2). Область расположена в основном в Южном Предуралье, горном Урале и прилегающих равнинах Зауральского пенеплена. Важнейшие города: Оренбург, Орск, Новотроицк, Бузулук, Абдулино, Бугуруслан, расположенные главным образом по долинам рек и железнодорожным магистралям. В области имеются различные полезные ископаемые, на базе которых созданы перерабатывающие отрасли промышленности. В производимой в области продукции на долю добычи полезных ископаемых приходится 45%, на промышленность и обрабатывающие отрасли – 33%, на производство электроэнергии – 11% и на производство сельскохозяйственной продукции – 10%.

В почвенном покрове региона преобладают чернозёмы обыкновенные и южные, и примыкающие к ним с юга темно-каштановые почвы; встречаются типичные черноземы и комплексы солонцов. Сельское хозяйство зерново-животноводческого направления. Вокруг основных промышленных центров (города Оренбург и Орск) развито сельское хозяйство пригородного типа. Сельскохозяйственные угодья занимают 84% всей площади области (10,3 млн. га), из них около 6 млн. га пашни, 4,5 млн. га сенокосов и пастбищ. Животноводство молочно-мясного направления.

В Предуралье региона развито машиностроение, добыча газа и нефти, пищевая и лёгкая промышленности, зерново-животноводческое сельское хозяйство. В Орско-Халиловском районе – черная и цветная металлургия, машиностроение, химическая промышленность. В восточных районах на целинных землях преобладают зерновое хозяйство и животноводство, добыча рудных полезных ископаемых. В северо-западном районе ведется добыча нефти, преобладают посевы зерновых и технических культур, развито животноводство.

Анализ Южно-Уральского региона в целом показывает неравномерное распределение населения по территории и соответственно неравномерную хозяйственную освоенность. Она обусловлена различиями в их природных условиях и особенно вобеспеченности водными ресурсами. В Башкортостане выпадает 400–600 мм атмосферных осадков и $K_{ув}$ 0,7–1,1, речной сток 150–200 мм. В Челябинской области выпадает 350–600 мм осадков и $K_{ув}$ 0,5–0,8, речной сток 20–100 мм. В Оренбуржье выпадает 300–450 мм.

Осадков и $K_{ув}$ 0,3–0,6, речной сток 10–80 мм. Соответствии с качеством природных условий изменяется плотность сельского населения: в Башкортостане 14 чел./км^2, Челябинской и Оренбургской областях с засушливым климатом 7 чел./км^2.

Исследования влияния водного фактора выявили системообразующую его роль в экономическом и социальном развитии степных регионов (Нестеренко, 2006). В них урожайность зерновых культур на 80% зависит от количества атмосферных осадков. Не развиваются водоемкие производства. Дефицит водных ресурсов негативно сказывается на качестве жизни населения и темпах развития и модернизации регионов. Сравнительный анализ социума и развития экономики регионов Южного Урала выявляет существенные в них различия. Выявить причины тех или иных темпов развития регионов можно их сравнением. В табл. 1.6 представлен анализ природных условий, экономического и социального развития регионов Южного Урала и прилегающих к нему территорий на основе данных, представленных в агроклиматических справочниках по Оренбургской области (1971), Башкирской АССР (1972), Саратовской области (1959), Челябинской области (1969), статистических сборниках и ежегодниках по Волгоградской области (2011), Актюбинской области Республики Казахстан (2009), Саратовской области (2011), Самарской области (2011), Башкирской АССР (1972), Челябинской области (2011).

Таблица 1.6. **Природные, экономические и социальные показатели Оренбургской области и соседних с ней территорий**

Регионы / Показатели	Оренбургская область	Волгоградская область	Саратовская область	Самарская область	Башкортостан	Челябинская область	Актюбинская область
Площадь, тыс. км^2	124	114	100	54	144	88	300
Осадки, мм	450–300	450–270	450–250	450–300	400–500	350–600	125–300
Лесистость,%	4	4	5	12	35	25	0,05
Температура, ^{0}С: январь/июль	-16/21	-10/23	-13/23	-10/20	-16/18	-16/18	-16/23
Водные ресурсы:							
Весь речной сток, км^3	13,6	256,4	250,5	245,6	35	7,2	
Меженный, км^3	2,7	102,6	100,2	102,4	12	2,5	
Водохранилища+озера, км^3	4,9	37,1	13,0	59,4	5,1	14	
Речн. сток + водохр +озера, км^3	17,25	293,4	263,5	305,0	40,1	21,2	
Меж. сток + водохр+озера, км^3	6,35	139,7	130,2	161,8	17,1	16,5	
Водные ресурсы, м^3/чел. сутки	23	307	285	259	27,0	16,7	
Меж.сток+водохр.+озера, м^3/чел. сутки	9,4	146	140	138	11,5	13,0	
Водные ресурсы, тыс. м^3/км^2	139	2570	2640	5650	278	241	
Меж.ст+водхр.+ озера, тыс. м^3/км^2	51	1220	1300	3000	119	188	
Население, млн. чел.	2,03	2,62	2,53	3,22	4,07	3,48	0,72
Плотность населения, чел/км^2	16,4	23,2	24,9	60	28,5	39,3	2,4
Городское, %	58	66	71	74	48	82	44
С/х угодья, % от всей площади	87	77	85	74	50	57	89
Пашня от площади региона, %	50,8	51,0	61,1	58,5	34,1	33,1	6,7

Анализ показывает, что Оренбургская, Волгоградская и Саратовская области по природным условиям (количеству атмосферных осадков, температуре и лесистости) аналогичны. Они типично степные с континентальным климатом и имеют протяженные границы с сухими степями и

полупустынями Республики Казахстан. При близких климатических показателях, в них сформировались аналогичные по плодородию почвы и имеются большие доли сельскохозяйственных угодий: в Оренбургской области они составляют 87% и 50% пахотных земель от всей площади региона; в Волгоградской – 77% и 51% Саратовской области – 85% и 61% соответственно.

Несколько лучше условия в Самарской области, имеющей в три раза большую природную лесистость, которую можно принять интегрирующим показателем засушливости климата аридных зон. Еще лучше климатические условия в Республике Башкортостан, где лесистость почти в 10 раз большая (35%) и более прохладное лето. В сравнении с Оренбуржьем лучше природные условия в Челябинской области, имеющей 25% облесенности и умеренно засушливый континентальный климат, более значительны различия регионов по природной водообеспеченности и за счет аккумулированного речного стока в водохранилищах и прудах. Суммарное количество водных ресурсов, формирующееся из годового стока рек и аккумулированных запасов воды в водохранилищах и прудах, в Оренбуржье равно 17,25 км^3, что в расчете на всю площадь региона составляет 139 мм (1,39 тыс. м^3/га). В соседней Саратовской области с аналогичным климатом суммарное количество водных ресурсов в 15 раз больше, а в Волгоградской области больше в 17 раз.

Еще более значительны различия в водообеспеченности в меженный период за счет аккумулированной воды в водохранилищах. В Оренбуржье около 80% водного стока приходится на весенние паводки, из которых лишь 5% аккумулируется в водохранилищах и прудах. В результате объем водных ресурсов в меженный период продолжительностью 11 месяцев в году, уменьшается в 3 раза и составляет всего 6,35 км^3 (51 мм в расчете на всю площадь области). При более 50-процентном зарегулировании стока р. Волги за счет Волгоградского, Саратовского и других водохранилищ объем водных ресурсов в Волгоградской и Саратовской областях составляет в среднем соответственно 139,7 и 130,2 км^3, что в пересчете на слой воды по всей их площади равен соответственно 1220 и 1300 мм, что соответственно в 24 и 25 раз больше, чем в Оренбуржье.

В Оренбуржье природные воды являются системообразующей компонентой природы и оказывают большое влияние на социальное и экономическое его развитие. Развитие экономики по причине малого количества водных ресурсов идет по пути развития неводоемких производств. Маловодье меженного периода отрицательно сказывается на качестве жизни населения. При этом 80% и более годового стока рек сбрасывается паводками, часто причиняя вред в их долинах. Необходимо выяснить причины, сдерживающие темпы развития области и каждой ее части, имеющих существенные различия в природных, экономических и социальных сферах. Выявить причины различий в темпах развития можно путем сравнения соседних регионов, их районов и поселений между собой, выявляя ускоряющие и замедляющие факторы. Многократное превышение в водообеспеченности соседних Волгоградской и

Саратовской областей за счет притока воды извне и их аккумулирование создали в них более благоприятные, в сравнении с Оренбуржьем, природные условия для населения и разнообразной экономической и хозяйственной деятельности.

При одинаковых климатических условиях большие водные ресурсы в Волгоградской и Саратовской областях обусловили в них в 1,5 раза большую плотность населения с более крупными городами, чем в Оренбуржье, и меньший отток населения. Если из Оренбуржья в среднем за год выбывает 0,79% людей от общей их численности, то в Волгоградской – 0,65%, а в Саратовской – 0,61%.

Комплексный анализ природных условий, обеспеченности водными ресурсами, распределения плотности населения и экономических показателей Оренбургской, Саратовской и Волгоградской областей убедительно доказывает, что уровень обеспеченности водными ресурсами в стратегическом плане значительно влияет на основные стороны их жизни. В степной зоне лучшие условия для развития имеют регионы и территории с более высоким уровнем обеспеченности водными ресурсами. В них они являются системообразующей компонентой развития природы, экономики и социума.

Следовательно, улучшение обеспеченности водными ресурсами является важнейшим условием ускорения экономического и социокультурного развития. Через управление системообразующими водными ресурсами региона возможно управление многими идущими в их природе процессами, обеспечивая её гармоничное развитие с участием человека и с учетом его интересов.

Для выявления влияния обеспеченности водными ресурсами на макропоказатели развития районов Оренбургской области в табл. 1.7 приведены характеристики Новоорского и Домбаровского районов с использованием данных из справочников «Агроклиматические ресурсы Оренбургской области» (1971) и «Статистический ежегодник Оренбургской области» (2010). Новоорский и Домбаровский районы соседствуют в Оренбургском Зауралье. Они располагаются во всхолмленной сухой степи почти в одинаковых температурных условиях, имеют разрабатываемые полезные ископаемые. Но существенно различаются по обеспеченности водными ресурсами. Количество атмосферных осадков в Новоорском районе 370 мм, а Домбаровском на 20% меньше. Еще большие различия по водным ресурсам.

В Домбаровском районе протекает одна небольшая река Кугутык с суммарным годовым стоком 0,02 км^3 и 0,013 км^3 в меженный период. В Новоорском районе значительно пополняют местный речной сток р. Урал с годовым стоком в районе Ириклинского водохранилища 1,4 км^3 и р. Б. Кумак с годовым стоком около 0,5 км^3. В меженный период их суммарный сток составляет 0,43 км^3, что в 33 раза больше, чем в Домбаровском районе.

Таблица 1.7. **Природные, экономические и социальные показатели Новоорского и Домбаровского районов Оренбургской области**

Показатели	Новоорский	Домбаровский
Площадь, тыс. км^2 в т. ч.% посевной	2,9 17,2	3,6 18,2
Атм. осад. мм; $К_{ув}$; испаряемость, мм	370; 0,45–0,55; 600–800	216–367; 0,4–0,35; 650–850
Население 2010 г, тыс. чел.	32,1	16,7
Водные ресурсы:		
Весь речной сток, км^3 / год	1,66	0,02
Меженный, км^3	0,428	0,013
Водохранилища, полный, км^3	3,275	0,074
Речной сток + водохр, км^3	4,935	0,094
Меженный сток + водохр, км^3	3,703	0,087
Водные ресурсы, м^3/чел. сут	421	15,4
Меженный + водхр., м^3/чел. сут.	345	15,6
Речн. сток + водохр. полный, мм	1264	26
Меж. сток + водохр. полный, мм	950	24
Плотн. насел, чел/км^2	11,1	4,64
Доля населения, в% от всего: – моложе трудоспособного – трудоспособного – старше трудоспособного	 20,2 61,1 18,7	 25,1 60,5 14,4
Среднегодовая убыль населения в 2006–2010 гг.,%	-0,16	- 3,3
Инвестиции в осн. капитал, в расчете на жителя, тыс. руб.	18,6	7,7

Большое значение в стабилизации обеспеченности водными ресурсами в Новоорском районе имеет Ириклинское водохранилище. С учетом нескольких малых водохранилищ и прудов в районе дополнительно накапливается 3,27 км^3 талых вод. В Домбаровском районе суммарный объем водохранилищ всего 0,074 км^3. В пересчете водных ресурсов на слой по всей площади в Домбаровском районе в среднем за год равен 26 мм и 24 мм в меженный период, в Новоорском – соответственно 1265 мм и 950 мм, что в 400 раз больше (без Ириклинского водохранилища в межень больше в 4,8 раза).

Различия в водообеспеченности обусловили значительные различия в плотности населения этих районов. В Новоорском она 11,1 чел/км^2, в Домбаровском районе в 2,4 раза меньше (4,64 чел./км2). Качество условий жизни населения по обеспеченности водными ресурсами повлияло на демографическую ситуацию. Из Домбаровского района в среднем за 2006–2010 гг. убывало в год 3,3% от общей численности населения, в Новоорском – всего – 0,16%, что в 20 раз меньше. В среднем по области за 2002–2010 гг. убыль населения составила 0,9%, в т. ч. сельского 1,5%. Следовательно, лучшие условия по обеспеченности водными ресурсами в Новоорском районе

стабилизировали демографическую обстановку, обеспечив лучшие ее показатели в сравнении с областными.

В районах с менее благоприятными природными условиями трудоспособное молодое население больше мигрирует за пределы района. Анализ миграции в рассматриваемых районах показал, что при относительно одинаковой обеспеченности жилищной площадью (порядка 25 $м^2$ на человека) доля населения моложе трудоспособного возраста по отношению к трудоспособному в Домбаровском районе в 1,24 больше, чем в Новоорском (соответственно 25,1 и 20,2%), а доля трудоспособного меньше, что свидетельствует об интенсификации отъезда молодежи с малой родины, имеющей менее благоприятные природные условия. Благоприятные природные условия и их улучшение способствуют сохранению в районах людей старше трудоспособного, по-видимому, за счет меньшей их миграции и большей продолжительности жизни. В Новоорском районе их 18,7% от всего населения, а в Домбаровском – только 14,4%.

Водный фактор оказывает значительное влияние на инвестиции в основной капитал. В более обеспеченном водными ресурсами Новоорском районе в расчете на человека они 18,6 тыс. руб./чел. в год, что в 2,4 раза больше, чем в маловодном Домбаровском районе.

Анализ влияния водного фактора на социальное и экономическое развитие регионов степной зоны России и районов Оренбургской области убедительно показывает ведущую его роль в долгосрочном их развитии.

Для обеспечения высоких количественных и особенно качественных показателей развития территорий необходимы не только и не столько водные ресурсы для удовлетворения бытовых нужд населения (по нормам 300–400 л/чел. в сутки) и обеспечения технологических потребностей производственной сферы деятельности, но и существенно большие их объемы для обеспечения комфорта жизни, расширения возможностей создания водоемких производств. Большие населенные пункты и города, как правило, располагаются у водоисточников с большими объемами воды и большими акваториями их водной поверхности.

Возможности роста городов и многих населенных пунктов Оренбуржья уже исчерпаны по причине малой обеспеченности их водными ресурсами. Они страдают от маловодья в меженный период. При этом во время весенних паводков из области сбрасывается около 80% ее водных ресурсов без предварительного использования на ее нужды. Необходима аккумуляция талых вод в водохранилищах в зонах перспективных населенных пунктов. В стратегическом плане они будут центрами притяжения населения из соседних малоперспективных поселений. В растущих селениях рентабельно создавать современную структуру производства и социокультурную базу для комфортной жизни населения. В сельской местности это будут агрогородки.

Без решения фундаментальных проблем повышения эффективности использования природных ресурсов, в первую очередь водных, решение поставленных на перспективу задач развития Оренбургской области и ее частей

проблематично. При разработке планов производственного и социального развития районов и поселений в вододефицитных районах следует на равных рассматривать создание производственной и социокультурной сфер и строительство водохранилищ. В маловодном Оренбуржье в ряде случаях строительство водохранилищ может быть даже приоритетным. При малой обеспеченности водными ресурсами не достижимо улучшение комфортных условий жизни населения и их преумножения. В результате развивающаяся хозяйственная деятельность не будет обеспечена кадрами и не востребуется в полной мере социальная сфера. По этой причине встречается много поселений с пустующими жильем и домами культуры, а также школами с малым количеством учеников. Возле больших водных объектов такая обстановка встречается редко. Примеры: Ириклинское, Сорочинское, Черновское и другие водохранилища в Оренбургской области. Они притягивают к себе население, и нужно лишь повысить эффективность их комплексного использования.

Сохранение сложившегося антропогенно измененного режима стока рек в Оренбуржье не является благоприятным ни для природы, ни для населения. Их режим нужно преобразовать с учетом мирового опыта путем создания водорегулирующих емкостей для обеспечения развития природы с учетом потребностей населения, являющегося частью природы.

Вода – это самое дорогое ископаемое. Вода – это не просто минеральное сырье, это не только средство для развития промышленности и сельского хозяйства; вода – это действенный проводник культуры, это та живая кровь, которая создает жизнь, там, где ее не было.

В.И. Вернадский, 1960

Глава 2. ПРИРОДНЫЕ ВОДЫ, ФОРМИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ*

Природные воды – это совокупность различных форм воды, приходных и расходных статей водного баланса какой-либо территории, в т. ч. атмосферные осадки, воды поверхностного и подземного стока зоны активного водообмена, влага почв и грунтов зоны аэрации. Их выделение в гидросфере Земли обусловлено большой значимостью для биосферы, жизни и хозяйственной деятельности человека и в наибольшей мере подверженные антропогенным воздействиям и изменениям. Они имеют природно-климатическую зональность.

В зонах избыточного увлажнения превышение атмосферных осадков над испаряемостью обеспечивает высокую влажность почвы, близкое залегание грунтовых вод и значительное их участие в суммарном испарении. При близком залегании подземных вод в период таяния снега или выпадения большого количества атмосферных осадков в теплый период года происходит быстрый их подъем к поверхности, что приводит к увеличению поверхностного стока независимо от впитывающей способности земной поверхности.

Главная особенность зон с недостаточной обеспеченностью водой – значительное превышение испаряемости (E_o) над количеством выпадающих атмосферных осадков. Соотношение годовых сумм атмосферных осадков и испаряемости определяет зональные особенности обеспеченности водой и создает принципиальные различия в последующем распределении атмосферных осадков по расходным статьям водного баланса.

Соотношение тепловых ресурсов и атмосферных осадков определяет также типы почв. В степной зоне в условиях дефицита природных вод образовался почвенный покров из черноземов, а в зону аэрации вовлекаются глубокозалегающие отложения верхней части земной коры (рис. 2.1).

---

* *Автор: Ю. М. Нестеренко*

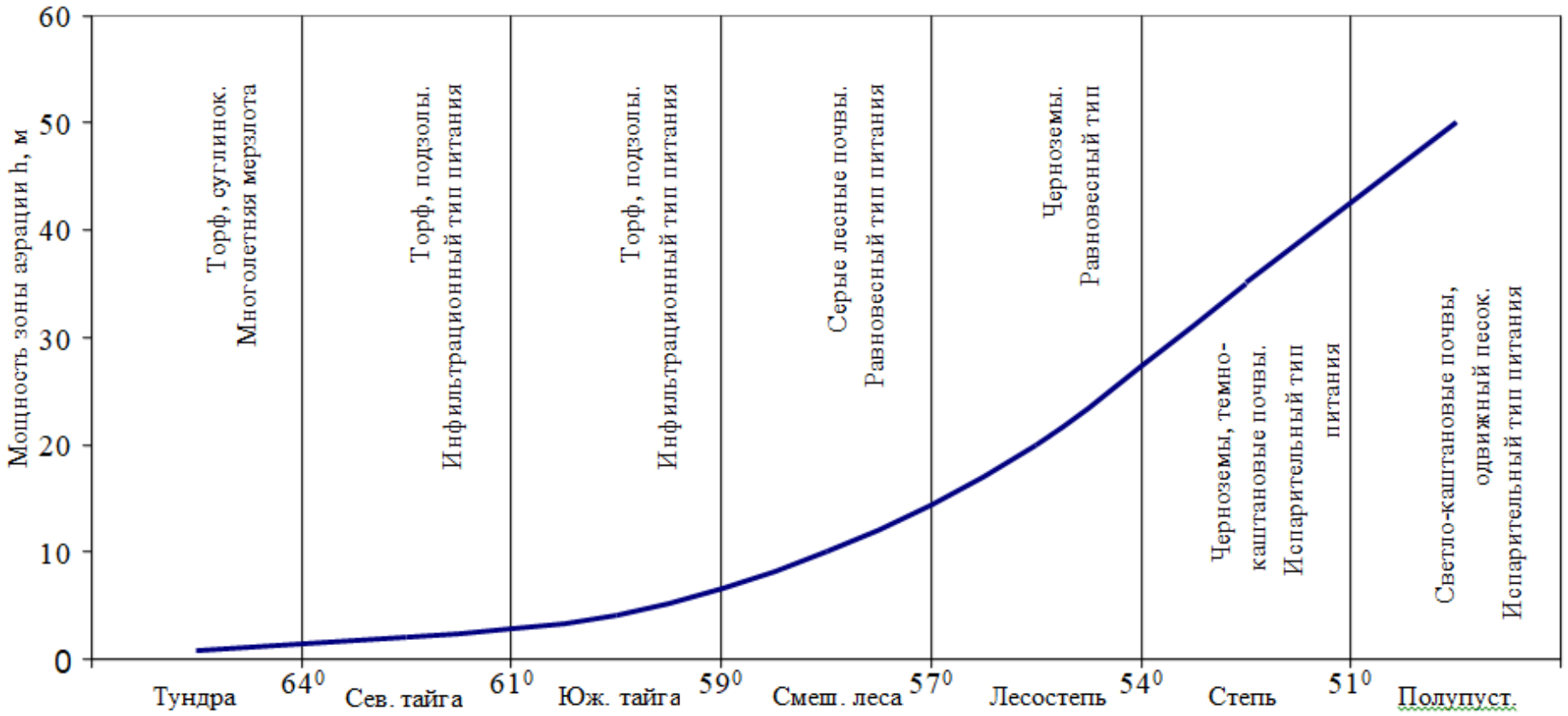


Рис.2.1. Преобладающие мощности зоы аэрации и почвы Предуралья по климатическим зонам (составлен по автором с использованием карты «Зоны аэрации СССР» (1983), «Гидрологические карты СССР» (1983), «Атласа почв СССР» (1974))

На Южном Урале коэффициент увлажнения 0,3–0,7, что типично для вододефицитной зоны, но имеются территории с достаточным и даже избыточным увлажнением. К недостаточно увлажненным относятся склоны, водоразделы и равнины, для которых сумма приходных статей водного баланса меньше испаряемости. Затапливаемые поймы рек и другие подобного рода территории за счет притока поверхностных и подземных вод с $К_{ув}$, близким к единице и более относятся к условно водообеспеченным. Вододефицитные территории Южного Урала заняты степной растительностью, а водообеспеченные – в основном естественной древесной растительностью.

В степной зоне замедленный водообмен подземных вод. Он увеличивает продолжительность их контакта с горными породами и грунтами зоны аэрации, что способствует увеличению в них растворимых соединений (рис. 2.2).

Зональные особенности водообмена обусловливают соответствующие особенности геологических процессов в земной коре, гидрохимии подземных и поверхностных вод. Антропогенные изменения в водном балансе водосборов рек влекут за собой изменения в геологической среде. Широтная зональность влияет на распределение водных ресурсов, их химический состав, особенности движения в земной толще и характер взаимодействия вод с вмещающими их горными породами.

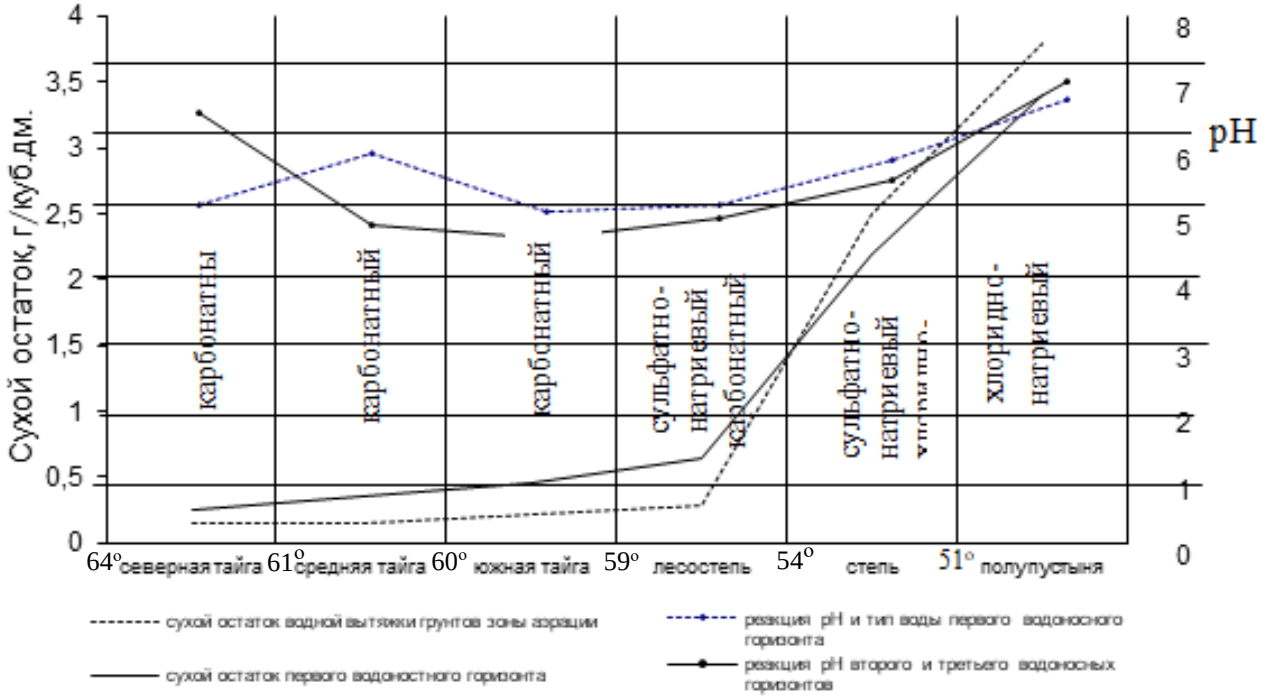


Рис.2.2. Засоленность грунтов зоны аэрации и подземных вод по природным зонам Предуралья (составлен авторами с использованием карт: «Зоны аэрации СССР под ред. Н.В. Роговской (1983), Гидрогеологическая карта СССР (1983))

2.1. Природные воды Южного Урала

Природные воды Южного Урала представляют единую водную систему и участвуют в общепланетарном круговороте вод Земли. С учетом особенностей геологического строения, рельефа и климата в состав природных вод Южного Урала входят:

– атмосферные осадки – основной источник формирования природных вод;

– поверхностные воды – поверхностный сток, озера, реки, водохранилища, ручьи и другие водотоки, а также болота, занимающие промежуточное положение между поверхностными и подземными водами;

– воды зоны аэрации – содержатся в ненасыщенных водой почвах и грунтах над подземными водами;

– подземные воды зоны активного водообмена – водоносные горизонты надсолевого структурного этажа;

– седиментационные воды солевого кунгурского структурного этажа;

– высокоминерализованные воды подсолевого структурного этажа, зоны весьма замедленного водообмена;

– ювениальные воды – поступают в земную кору и гидросферу из недр Земли, пополняя ее.

2.1.1. Методика исследования

Природные воды степной зоны формируются в условиях превышения испаряемости над атмосферными осадками. В связи с дефицитом они становятся фактором, определяющим количественное и качественное развитие неживой и живой природы основной части степных территорий. Поэтому выявление закономерностей формирования приходных и расходных статей водного баланса природных вод в естественных и антропогенно изменяющихся условиях позволит эффективно их использовать и охранять. Управляя природными водами можно влиять на ход других процессов, идущих в природе с их участием: структуру и продуктивность биогеоценозов, геологические процессы в верхней части земной коры и качество окружающей среды.

Зональные природные особенности и особенности природопользования обусловливают необходимость разработки соответствующих зональных методик исследований.

Для изучения процессов, типичных лишь для вододефицитных территорий, нами разработаны соответствующие методики:

– изучения природных вод вододефицитных территорий;

– баланса природных вод и обеспеченности ими процессов, идущих в природе в естественных и антропогенно изменённых условиях;

– определения влияния рельефа на формирование поверхностного стока и инфильтрацию вод;

– исследования закономерностей формирования поверхностного стока вод на водосборах малых рек с учетом рельефа и антропогенных изменений на них;

– установления зависимости стока и инфильтрации вод на различных угодьях от скважности и температуры почво-грунтов;

– выявления особенностей движения воды через зону аэрации и питание глубоко залегающих подземных вод;

– разработка модели формирования верховодок на богарных и орошаемых землях и фильтрационного питания ими подземных вод;

– определения коэффициента фильтрации мерзлых грунтов в лабораторных условиях в зависимости от их влажности и температуры;

– баланса поверхностного стока вод на стоковых площадках с учетом влияния мезорельефа и неравномерности распределения снега на водосборе;

– расчета величины паводкового стока и его коэффициента различной обеспеченности при различном соотношении угодий и доли зяби на водосборе.

На основе разработанных методик с использованием методик других авторов выполнены исследования природных вод Южного Урала и сделаны расчёты основных их составляющих, в т. ч.:

– водного баланса сельскохозяйственных угодий и их влияния на водный баланс речных водосборов;

– зависимости поверхностного стока вод от доли зяби на водосборе для типичных рек Южного Урала.

Речной сток – это результат взаимодействия стокообразующих природных факторов и совокупности антропогенных воздействий на речной поток и факторы его формирующие.

Средние и малые реки Уральского и Волжского бассейнов Южного Урала имеют много общего в режиме стока, а их особенности имеют в своей основе природные и техногенные причины, не обусловленные бассейновой принадлежностью. На примере изучения малых рек Южного Урала независимо от их бассейновой принадлежности попытаемся ответить на поставленные вопросы.

Исследуя водосбор выше замыкающего створа водотока, можно определить составляющие водного баланса изучаемой территории и осуществлять общий контроль за водным стоком на этом створе, что обеспечивает достаточно высокую достоверность полученных результатов. На основе изучения основных составляющих водного баланса и антропогенных изменений на водосборе появляется возможность выявлять закономерности движения природных вод, формирования их химического состава, а также намечать пути управления ими.

Практически единственным источником природных вод на водосборе выше замыкающего створа являются атмосферные осадки. Из них формируются поверхностный сток и подземные воды зоны активного водообмена. Водообмен этой зоны с глубже залегающими водами замедленного водообмена относительно мал и в естественных условиях он относительно стабилен.

Поэтому им можно пренебречь при изучении антропогенных изменений в природных водах зоны активного водообмена.

Для углубленного изучения баланса талых вод, их поверхностного стока, впитывания в почву и миграции в подземные воды в Сыртовом Предуралье нами построены 6 стоковых площадок на пахотных землях и землях с естественной растительностью и общей площадью 428 га, на которых определялись основные составляющие водного баланса. На опытном участке велись наблюдения за режимом грунтовых вод и исследовался механизм их питания через 30 метровую толщу суглинистых грунтов в условиях континентального климата степи и роли в нем поверхностного стока.

При изучении стока рек по общепринятой методике (СНиП 2.01.14.83) анализируются слой стока (У) и динамика изменений в нем за длительные периоды (30–50 лет и более), для которых величина атмосферных осадков практически равна средним многолетним, а их цикличность мало влияет на среднюю его величину. При расчетах стока вод по наблюдениям за 5–10 летние периоды существенное влияние на его величину может оказать соответствующая 5–10-летняя цикличность в атмосферных осадках. Поэтому для уменьшения влияния колебаний в количестве выпадающих атмосферных осадков в короткие периоды на результаты исследования влияния хозяйственной деятельности на сток талых вод за основу принят коэффициент стока ($К_{ст}$), определяемый по отношению слоя стока к величине атмосферных осадков. Его использование дает также возможность сравнивать антропогенные изменения в стоке вод разных бассейнов, как правило, различающихся по количеству выпадающих атмосферных осадков.

Выпадающие на земную поверхность атмосферные осадки формируют в основном ее водные ресурсы. Остальные приходные статьи – лишь результат перераспределения атмосферных осадков между территориями. Общий водный баланс зоны активного водообмена территорий представлен формулой А.Н. Костякова (1960):

$$P = M_н – M_к + S + \Delta И + E + G, \quad (2.1)$$

где: P – атмосферные осадки; Мк – Мн – запасы влаги в зоне аэрации соответственно в конце и начале расчетного периода; S – поверхностный сток; ΔИ – изменение запасов подземных вод; E – суммарное испарение;
G – водообмен с зоной замедленного водообмена.

В условиях Южного Урала при наличии мощной зоны аэрации для расчета водного баланса зоны активного водообмена наиболее приемлемо уравнение следующего общего вида:

$$P = S + V + E + \Delta M_п + \Delta M_{за} + \Delta M_г + \Delta M_{взз}, \quad (2.2)$$

где V – подземный сток; $\Delta M_п$ – изменение запасов поверхностных вод;
$\Delta M_{за}$ – изменение запасов вод зоны аэрации; $\Delta M_г$ – изменение запасов подземных вод; $\Delta M_{взз}$ – водообмен с зоной весьма замедленного водообмена.

В условиях ускоряющегося антропогенного воздействия на составляющие водного баланса бассейнов рек и их водосборов в формулу (2.2) необходимо добавить антропогенную компоненту и представить ее в следующем виде:

$$P +(-) P_{ант} = S +(-) S_{ант} +V +(-) V_{ант} + E +(-) E_{ант} + \Delta M_{п} +$$
$$+(-) \Delta M_{пант} + \Delta M_{за} +(-) \Delta M_{заант} + \Delta M_{г} +(-) \Delta M_{гант} + \Delta M_{взз}, \quad (2.3)$$

где $P_{ант}$ – антропогенное увеличение (уменьшение) атмосферных осадков;

$S_{ант}$ – антропогенное увеличение (уменьшение) поверхностного стока;

$V_{ант}$ – антропогенное увеличение (уменьшение) запасов подземных вод;

$E_{ант}$ – антропогенное увеличение (уменьшение) суммарного испарения.

Дополнение составляющих общей формулы водного баланса антропогенными изменениями дает возможность выявлять суммарное антропогенное влияние на водный баланс территории и разрабатывать мероприятия по управлению водными ресурсами.

В степной зоне Южного Урала природа наиболее антропогенно изменена. Системы сельскохозяйственного землепользования занимают. На сельскохозяйственных угодьях, занимающих 90% его территории, трансформированы или уничтожены естественные биоценозы, изменены водно-физические свойства почв. В сельскохозяйственном землепользовании ведутся работы по увеличению запасов влаги в почве за счет подземного и поверхностного водного стока. В результате природопользования в степной зоне сформировалась антропогенная природная среда с измененными естественными гидро- гео- биосферами.

В зависимости от поставленных задач это уравнение можно дополнять уточняющей системой уравнений.

1. Баланс атмосферных осадков:

$$P = E + S + Ф_{п}, \quad (2.4)$$

где $Ф_{п}$ – фильтрация с поверхности земли.

2. Баланс влаги активного слоя почво-грунта:

$$\Delta M_{ас} = Ф_{п} – Ф_{ас} – E + E_{за}, \quad (2.5)$$

где $\Delta M_{ас}$ – изменение запасов влаги в активном слое почво-грунта;

$Ф_{ас}$ – фильтрация за пределы активного слоя почво-грунта;

$E_{за}$ – подпитывание активного слоя почво-грунта из ниже расположенной части зоны аэрации.

3. Баланс влаги зоны аэрации:

$$\Delta M_{за} = Ф_{ас} – E_{за} – Ф_{за} + E_{г}; \quad (2.6)$$

где $Ф_{за}$ – фильтрация в подземные воды; $E_{г}$ – подпитывание зоны аэрации подземными водами.

4. Баланс подземных вод:

$$\Delta M_{г} = Ф_{за} – E_{г} + V_{п} – V_{о}, \quad (2.7)$$

где $V_{п}$ – приток подземных вод; $V_{о}$ – отток подземных вод.

2.2. Атмосферные осадки

Атмосферные осадки вододефицитного Южного Урала определяют направление и скорость прохождения многих процессов. Его биогеосистемы, отличаются от биогеосистем достаточно и избыточно увлажненных территорий по качественным и количественным показателям.

Главным показателем дефицита воды в природе является коэффициент увлажнения, отражающий соотношение атмосферных осадков (Р) и испаряемости (E_o), вычисляемый по формуле (1.1). Такой подход к оценке водообеспеченности является общепризнанным и используется при оценке территорий многими исследователями (Костяков, 1960; Константинов, 1968; Харченко, 1975; Кузник, 1979; Мосиенко, 1984 и многие другие).

Атмосферные осадки являются практически единственной приходной статьей природных вод Южного Урала. Они полностью формируют водные ресурсы речных бассейнов. Если за основу брать территории регионов, границы которых, как правило, не совпадают с границами речных бассейнов, то имеет место приток и отток водных ресурсов по речной сети. В Оренбургской области атмосферные осадки дают в среднем 93% всех поступлений природных вод, а из вне по речной сети приток вод всего 7%.

Основная часть атмосферных осадков поступает на Южный Урал из вне преимущественно с циклоническими потоками атмосферы в процессе большого круговорота воды Земли. Часть атмосферных осадков формируется за счет малого внутри континентального круговорота воды.

Количество атмосферных осадков на Южном Урале зависит от удаленности его частей от океанов и путей прохождения влагонасыщенных потоков атмосферы. На распределение атмосферных осадков по земной поверхности значительное влияние оказывает рельеф, наличие водных пространств и лесных массивов, формирующих местную турбулентность атмосферы, обусловливающую конденсацию содержащейся в ней парообразной влаги.

В условиях Южного Урала распределение атмосферных осадков зависит от широты и абсолютной высоты местности. В соответствии с этим в Южном Предуралье наблюдается увеличение годовой суммы осадков с юго-запада на северо-восток, а в Южном Зауралье с юго-востока на северо-запад (рис. 2.3). Наибольшие атмосферные осадки на западном склоне горной части Южного Урала. В равнинной местности Южного Предуралья их выпадает в год в среднем 300–450 мм, с постепенным увеличением с запада на восток по мере приближения к горной части, сохраняя общую тенденцию увеличения с юга на север. В горах Южного Урала количество осадков увеличивается до 600 мм. В Южном Зауралье с удалением от гор сумма осадков за год быстро уменьшается до 350 мм на севере и 300 мм – на юге.

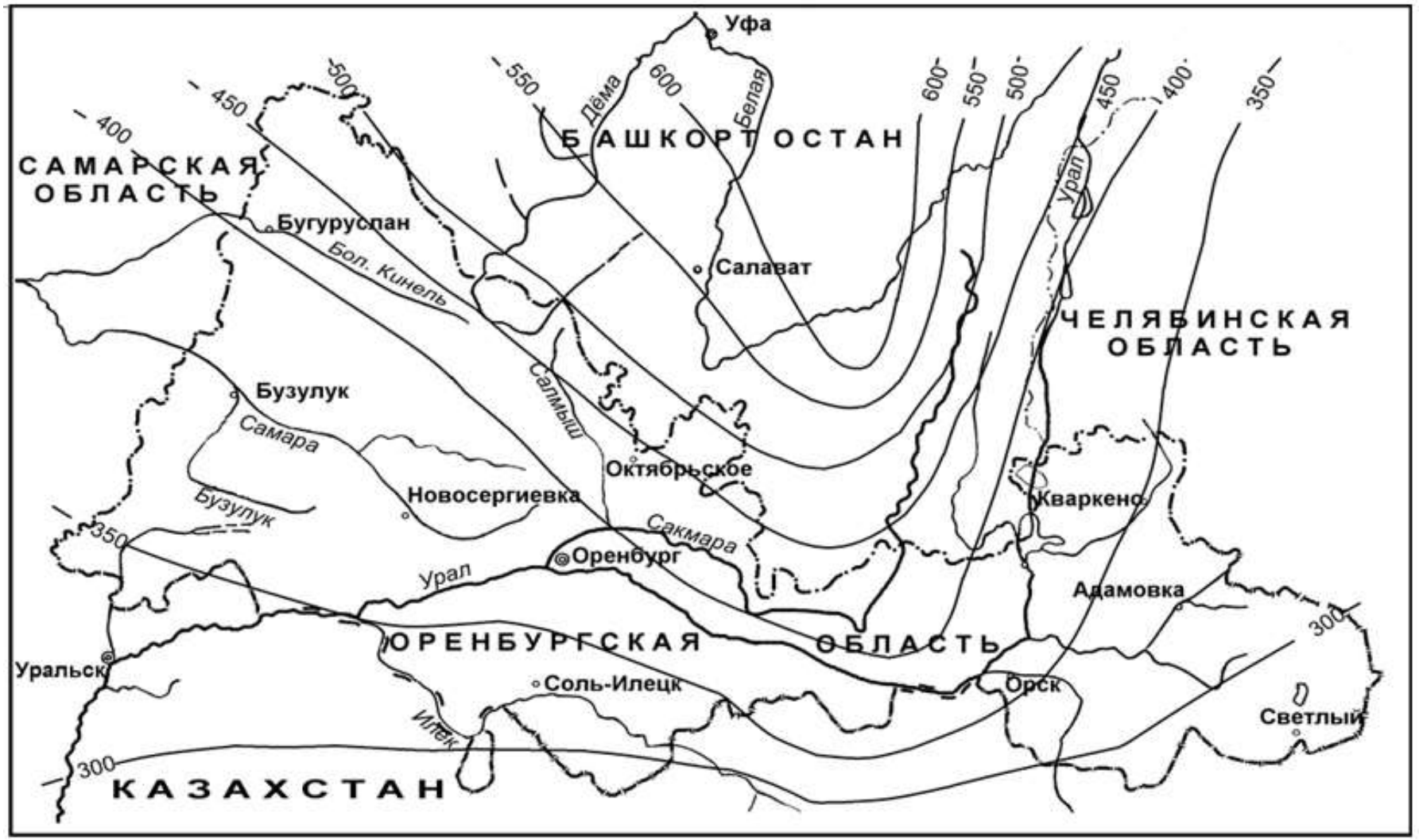


Рис. 2.3. Карта-схема распределения среднемноголетних атмосферных осадков на Южном Урале, мм (составлена по данным справочников «Агроклиматические ресурсы» по Оренбургской (1971) и Челябинской (1969) областям, Башкортостану (1972) и Актюбинской области РК (2010))

Для формирования водного стока, важно количество и распределение зимних осадков. На Южном Урале они составляют 40–48% от годовой суммы атмосферных осадков и имеют тенденцию увеличения к центральной горной части Южного Урала и с юга на север (рис. 2.4). В условиях континентального климата Южного Урала велики колебания количества атмосферных осадков по годам. В условиях водного дефицита (рис. 1.3), важны их изменения в распределении по временам года и месяцам. На рис. 2.5 графически представлены годовые суммы атмосферных осадков в г. Оренбурге в 1936–2018 гг. и их полиномы (тренды) 2-й и 6-й степеней. Их средняя величина 358 мм. Тренды выявляют наличие цикличности в их распределении по годам. Продолжительность циклов составляет 20–25 лет. Более сглаженный тренд 2-й степени показывает общую тенденцию увеличения атмосферных осадков с 1936 года и относительную стабильность их тренда в 1960–2010 гг.

При рассмотрении атмосферных осадков наиболее холодного (январь + февраль) (рис. 2.6) и теплого (июль + август) (рис. 2.7) периодов года за расчетный период также выявляется их цикличность, но с продолжительностью циклов 45лет. При этом перигей (минимум) тренда зимних осадков приходящийся на 1980 год соответствует апогею (максимуму) тренда летних осадков (июль + август), обусловливая этим малые изменения в тренде годовой суммы атмосферных осадков, близкие к средней величине 360 мм за счет перераспределения их между холодным и теплым периодами года. Совмещение трендов летних и зимних их величин за расчетный период лет, с противоположными минимумами и максимумами дают сглаженный тренд годовых сумм осадков и в два раза меньшую продолжительность годовых циклов, равную, как отмечено выше, 20–25 годам.

На соотношение составляющих водного баланса в речных бассейнах степной зоны значительное влияние оказывает сельскохозяйственная деятельность на водосборах. В табл. 2.1 представлены основные составляющие водного баланса в верховьях степной р. Самара. Исследования выявили на исследуемой части ее водосбора увеличение годовой суммы атмосферных осадков в период интенсивного землепользования в 1955–1990 годах на 54 мм в сравнении с периодом экстенсивного землепользования до освоения целинных земель в 1936–1954 годах. В период интенсивного землепользования увеличилось, и суммарное испарение с полей на 52 мм, пополняя запасы влаги в атмосфере. Влагоемкость атмосферы в осажденном видев средних широтах Европейского материка составляет15–20 мм. Следовательно, при превышении этой величины за счет поступления в атмосферу дополнительно испарившейся влаги с полей должно увеличиваться выпадение атмосферных осадков. Эти дополнительные осадки назовем антропогенными. Количество осадков на исследуемом водосборе незначительно (2 мм) превышает величину дополнительного испарения с полей за счет перераспределения части водного стока в их продуктивные запасы влаги, что находится в пределах возможной ошибки.

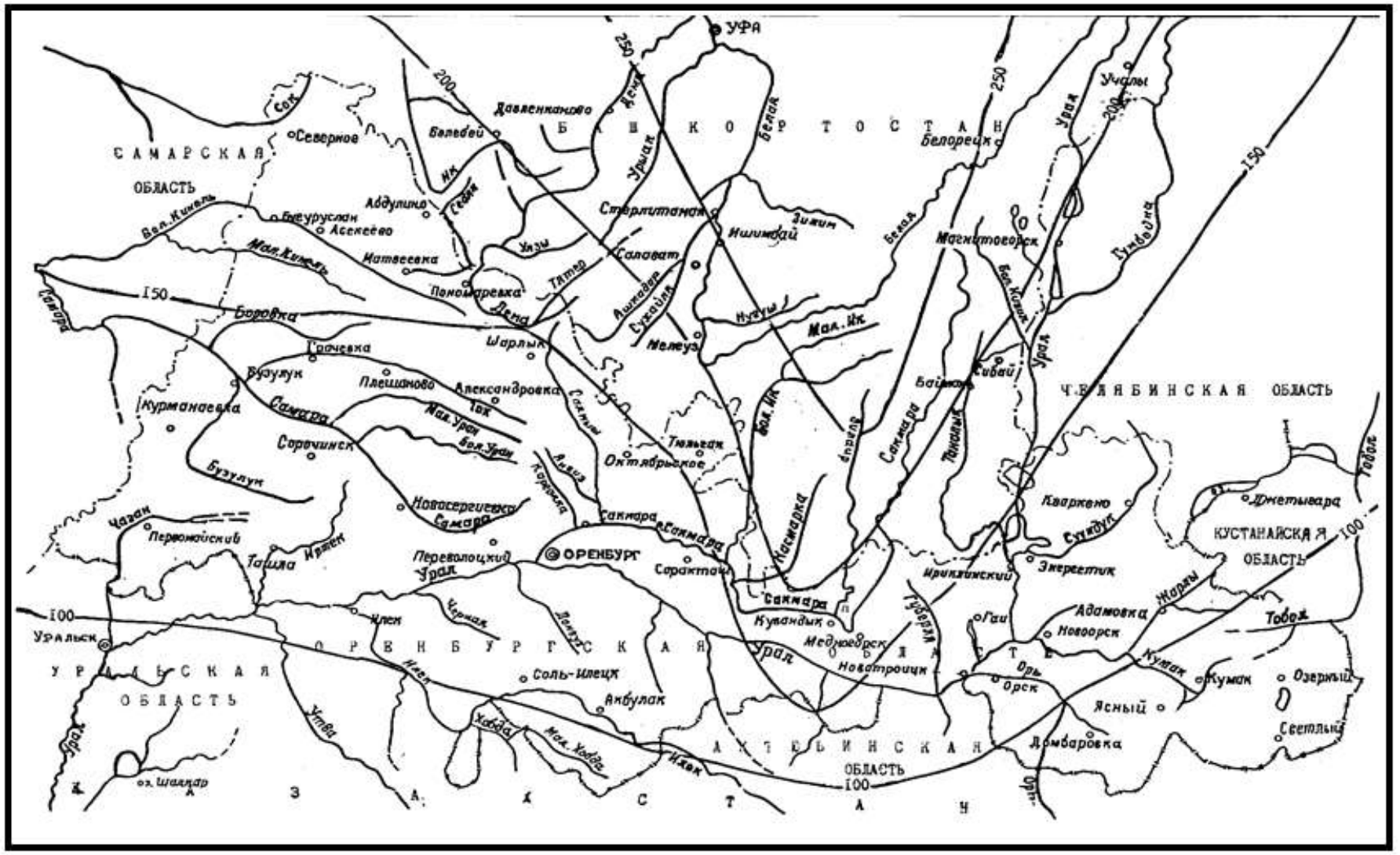


Рис. 2.4. Карта-схема распределения суммы зимних атмосферных осадков на Южном Урале, мм (составлена по среднемноголетним месячным и декадным суммам атмосферных осадков по материалам Гидрометслужбы)

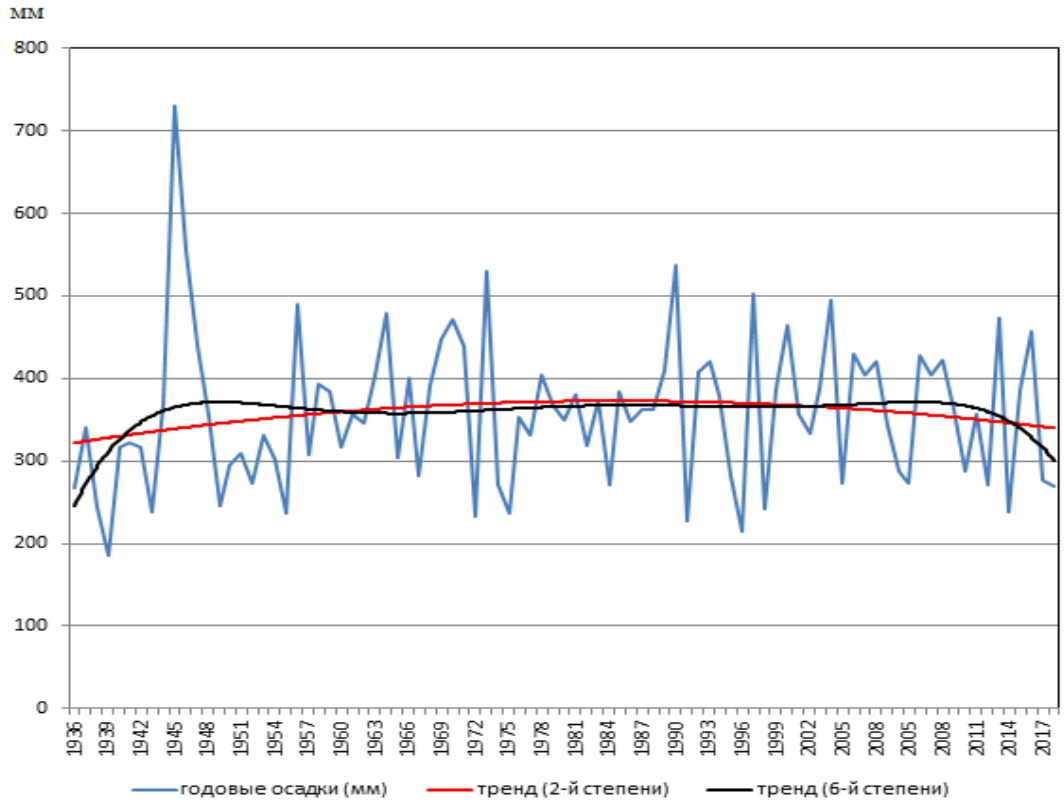


Рис. 2.5. Годовые суммы атмосферных осадков в г. Оренбурге в 1936–2018 гг. и их полиномы

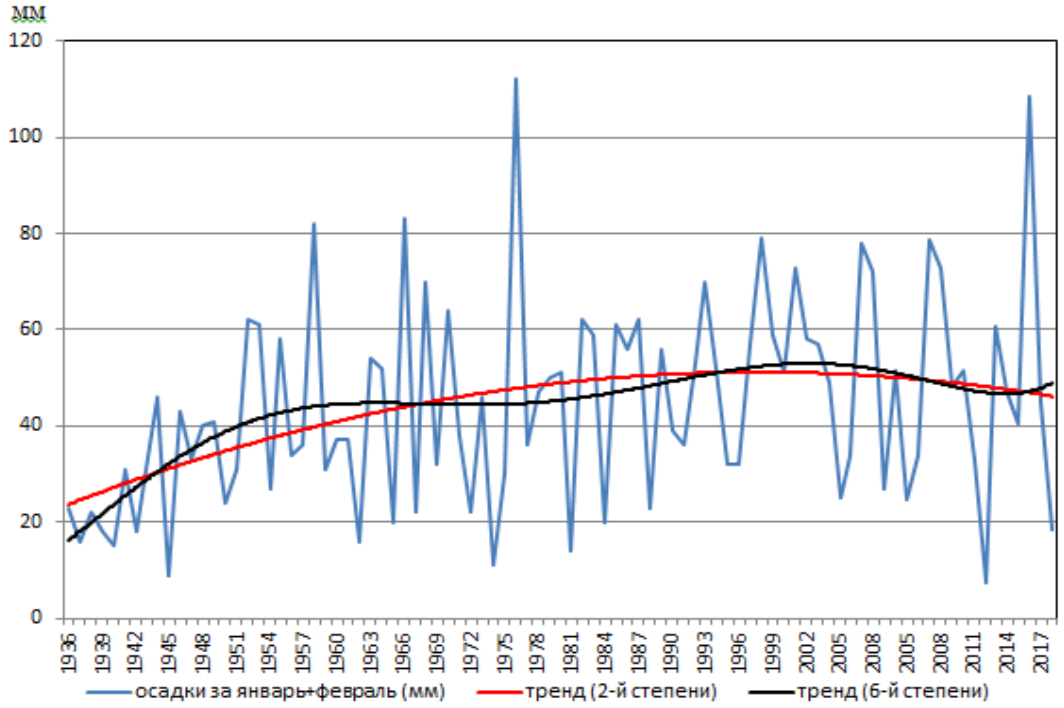


Рис. 2.6. Атмосферные осадки в г. Оренбурге за январь + февраль в 1936–2018 гг. и их полиномы

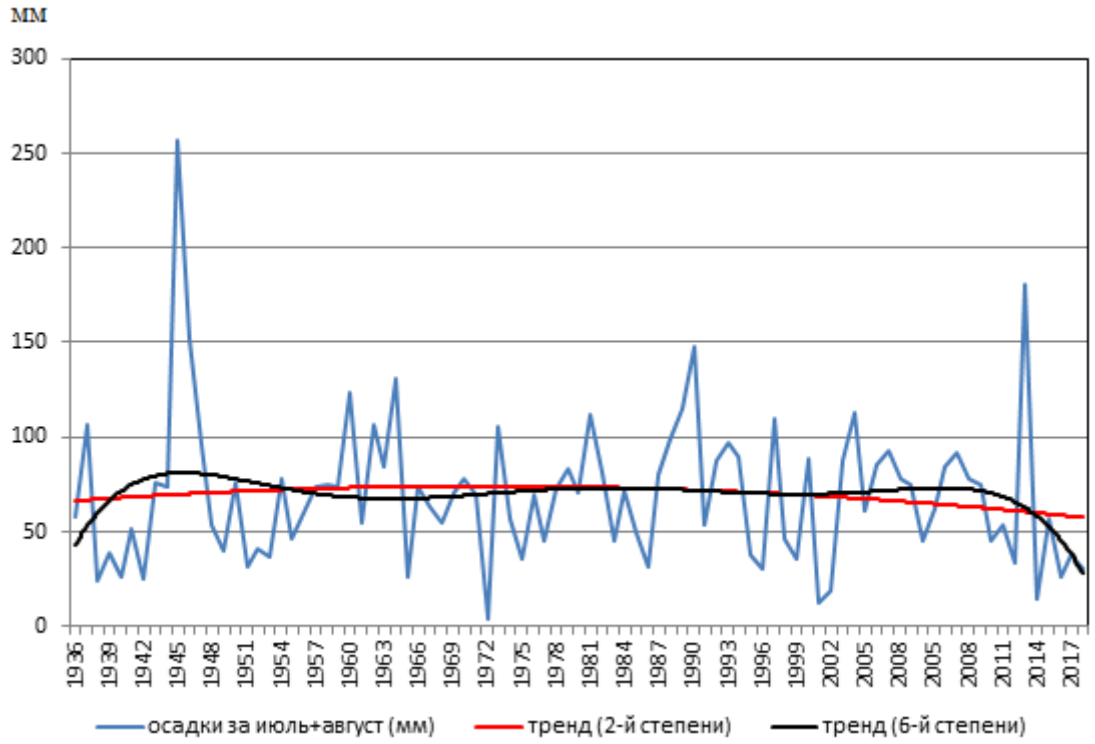


Рис. 2.7. Атмосферные осадки в г. Оренбурге за июль + август в 1936–2018 гг. и их полиномы

В табл. 2.2 представлена сравнительная оценка количества атмосферных садков на основных метеостанциях Предуралья в Оренбургской области по периодам землепользования. Их анализ показывает, что на всей его территории в результате накопления дополнительных запасов влаги на полях и последующего её испарения произошло увеличение годовой суммы атмосферных осадков на 49 мм со средним увеличением на 1,75 мм в год (**R**), уменьшение осадков теплого периода года на 4 мм и их увеличение в холодный на 53 мм.

Анализ хозяйственной деятельности в гумидных зонах показал отсутствие или незначительное её влияние на величину суммарного испарения и антропогенного пополнения запасов влаги в атмосфере. Следовательно, водосборы речных бассейнов в гумидных зонах можно принять в качестве контроля для выявления влияния сельскохозяйственной и других видов антропогенного воздействия на запасы влаги в атмосфере в аридных зонах. В г. Курске, расположенном в лесостепной зоне с незначительным влиянием сельскохозяйственной деятельности на увеличение запасов влаги на полях количество атмосферных осадков за расчетный период уменьшилось на 5,5%.

В период изменений хозяйственных отношений на селе в 1990–2000 гг. пахотные земли в Оренбуржье уменьшились в 1,5 раза и почти прекратился подъем зяби, что привело к увеличению весенних паводков с соответствующим уменьшением испарения с полей. В результате в предуральской его части атмосферные осадки уменьшились в среднем на 5,5% в сравнении с 1955–1990 гг.

В 2001–2015 гг. интенсивное землепользование восстановилось с соответствующим увеличением атмосферных осадков до их количества в 1955–1990 гг. В расположенной в зоне достаточного увлажнения метеостанции Курск в принятых расчетных периодах с 1936 по 2015 годы средние годовые атмосферные осадки были в пределах 688–691 мм.

Таблица 2.1. **Водный баланс на водосборе р. Самара (S = 1340 км^2) до створа в пгт Новосергиевка в зависимости от доли пахотных земель и зяби в 1936–1990 гг. по периодам хозяйственной деятельности (данные об осадках, поверхностном и речном стоке, коэффициенте стока вычислены по материалам Гидрометслужбы; данные о распаханности водосборов и доли зяби определены по материалам статистических управлений)**

Годы, период в земледелии	Осадки, мм		Сток, мм	Коэффициент стока,	% пашни на водосборе	% зяби на водосборе	Испарение, мм	Речной сток, мм
	за год	холодного периода						
1936–1941, довоенный	308	91	47	0.52	24	12	234	74
1942–1945, военный	390	116	86	0.74	24	5	301	89
1946–1954, послевоенный	331	129	68	0.53	26	12	243	102
1936–1954 гг., I-экстенсивное землепользов.	**336**	**114**	**65**	**0.57**	**25**	**10**	**246**	**90**
1955–1965, подъем целины	388	154	58	0.38	63	20	282	94
1966–1975, переход на зябь	365	133	35	0.25	67	52	293	72
1976–1985, стабильная система землепользов.	358	130	34	0.26	64	56	268	90
1986–1990, стабильная система землепользов.	448	161	49	0.30	63	53	350	98
1955–1990 гг., II	**390**	**144**	**44**	**0.30**	**64**	**45**	**298**	**88**
Разность II- I	**54**	**30**	**-21**	**-0.27**	**39**	**35**	**52**	**-2**

Таблица 2.2. **Сравнительная оценка количества атмосферных садков на основных метеостанциях Предуралья в Оренбургской области; по периодам землепользования, мм**

Станция	1936–1954 гг. (I)			1955–1990 гг. (II)			Разность (II- I)		
	год	хол. пер	тепл. пер	год	хол. пер	тепл. пер	год	хол. пер	тепл. пер
Бугуруслан	432	112	320	458	174	284	26	62	-36
Бузулук	343	92	251	386	144	242	43	52	-9
Новосергиевка	348	100	248	395	137	258	47	37	10
Оренбург	339	97	242	367	146	221	28	49	-21
Первомайск	276	73	203	353	142	211	77	69	8
Соль-Илецк	277	82	195	333	144	189	56	62	-6
Сорочинск	339	92	247	359	96	263	20	4	16
Шарлык	352	89	263	445	178	267	93	89	4
Средн. значение	338	92	246	387	145	242	49	53	-4
Разность в % от I							14,5	57,6	-1,6
Курск	714	277	437	675	260	415	-39	-17	-22
Разность в % от I							-5,5	-6,1	-5,0

Исследование режима выпадения атмосферных осадков в степной зоне Заволжья, так же как и в Южном Предуралье, выявили увеличение их годовой суммы после распашки целинных земель и увеличения запасов влаги на пахотных землях в связи с переходом на осеннюю (зяблевую) пахоту. До освоения целинных земель и перехода на зяблевую пахоту в г. Ершове в 1936–1954 гг. выпадало в среднем 366 мм/год, а в период интенсивного накопления влаги на полях в 1955–1990 гг., в том числе за счет увеличения площади орошаемых и обводняемых земель на базе Саратовского оросительно-обводнительного и других каналов, подающих безвозвратно из р. Волга в маловодные районы Заволжья порядка 2-х км^3 воды в год, они увеличились на 65 мм при R = 2,12 и составили 431 мм/год.

Возможна вероятность, увеличения атмосферных осадков за счет дополнительного их поступления с циклонами, имеющими в Европе преимущественное движение с запада на восток. Для её выявления нами исследован режим атмосферных осадков на метеостанциях Западной Европы, центра Европейской части России и Центрального Предуралья, расположенных в зонах достаточного и избыточного увлажнения, в которых не проводятся, сельскохозяйственные мероприятия по накоплению дополнительной влаги на полях в виду отсутствия необходимости и поэтому нет увеличения испарения с сельскохозяйственных и других угодий.

Рассмотрен режим выпадения атмосферных осадков в Западной Европе в городах Кальбе, Акен и Дрезден, расположенных в зоне достаточного увлажнения, используя данные института водных проблем (2005) и Справочно-информационный портал «Погода и климат» http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php.

В этих городах в среднем в период с 1951 по 1995 годы наблюдалось небольшое уменьшение годовой суммы атмосферных осадков. Линейный тренд осадков понизился на 7 мм с 643 мм в начале расчетного периода до 636 мм в конце при R = -0,017 с уменьшением летних атмосферных осадков на 33 мм и увеличением зимних на 45 мм.

Анализ режима выпадения атмосферных осадков в районе г. Курск (Электронный ресурс Специализированные массивы для климатических исследований [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://aisori.meteo.ru/climateR. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 11.05.2017)), расположенном в центре Европейской части России в лесостепной зоне с небольшим превышением атмосферных осадков над испаряемостью и сельскохозяйственном землепользовании ненаправленном на увеличение запасов влаги на пахотных землях не выявил их увеличения в расчетный период интенсивного землепользования в 1955–1990 гг. в сравнении с периодом экстенсивного землепользования до освоения целинных земель в 1936–1954 гг. В этих условиях в количество атмосферных осадков даже уменьшилось на 39 мм (на 5,5%) с 714 мм до 675 мм, а за 80-летний период с 1936 г. по 2015 г. линейный тренд R = 0,002 соответственно с равными 678 мм начальной и конечной величиной. Следовательно, на всем пути движения циклонических осадков от Атлантики через Западную Европу и лесостепной центр Европейской части России до засушливых степей Заволжья и Южного Урала при отсутствии существенного дополнительного антропогенного накопления влаги на сельскозяйственных землях в течение расчетного периода с 1936 г. по 2015 г. и соответствующего увеличения испарения с них количество атмосферных осадков оставалось в среднем неизменным.

2.3. Поверхностные воды Южного Урала и их использование

Поверхностные воды имеют важнейшее значение в развитии природы, в экономической и социальной жизни населения всех природных зон. Они определяли и определяют места расположения большинства крупных и малых поселений, их размеры, архитектуру и планировку, направления экономической деятельности и особенности быта жителей. Особое значение приобретают поверхностные воды на территориях и в зонах недостаточного обеспечения водными ресурсами, к которым относится Южный Урал.

К поверхностным водам на Южном Урале относятся реки, ручьи, водохранилища, озера, склоновый поверхностный сток, а также болота,

занимающие промежуточное положение между поверхностными и подземными водами. В Южный Урал входят Оренбургская и Челябинская области и Республика Башкортостан. Количественная характеристика их поверхностных вод представлена в табл. 2.3 (Ю.М. Нестеренко, М.Ю. Нестеренко, 2016).

Таблица 2.3. **Количественная характеристика поверхностных вод по регионам Южного Урала**

Показатели	Оренбургская область	Челябинская Область	Республика Башкортостан
Речной сток, км^3/год	13,6	7,2	35
Меженный речной сток, км^3/год	2,7	2,5	12
Озера, штук	53	3170	2000
Площадь озер, км^2	230	2125	221,4
Объем озер, км^3	0,35	10,8	2,1
Водохранилища, штук,	131	377	597
Площадь водохранилищ, км^2,	444	597	313
Площадь озер+водохр, км^2	674	2722	664,4
Объем водохранилищ, км^3	3,9	3,2	3,0
Речн. сток+водохр+озера, км^3	17,85	21,2	40,1
Меж.речн.сток+водохр+озера, км^3	7,0	16,5	17,1
Площадь региона, тыс. км^2	124	88	144
Население, млн. чел.	2.03	3,48	4.07
Водн. рес., тыс. м^3/км^2	144	241	278
Меж.ст.+водохр+озера, тыс. м^3/км^2	56,5	187,5	119,0
Водн. ресурсы/насел. м^3/чел. в сут.	24,0	16,7	27,0
Меж.сток+водохр.+озера, м^3/чел. в сут.	10,3	14,1	12,5
(Площадь озер+водохр)/площадь рег = озерность	0,0054	0,031	0,0046

Данные таблицы свидетельствуют о большем дефиците водных ресурсов в меженный период в Оренбургской области в сравнении с другими регионами Южного Урала. В год на одного жителя в этот период приходится 10,3 м^3 водных ресурсов. В Европе, имеющей большую плотность населения и относительно равномерное распределение водных ресурсов в течение года за счет высокого уровня зарегулированности речного стока, водообеспеченность составляет 12,8 м^3 в сутки на человека. Следовательно, Оренбуржье обделено водными ресурсами в меженный период в сравнении не только с соседями по бассейну р. Урал, но и всей Европой. Но в расчете на год обеспеченность водными ресурсами жителей Оренбуржья даже выше среднего обеспечения по Южному Уралу, равного 22,6 м^3 на человека в сутки. Большая неравномерность обеспечения жителей Оренбуржья в течение года происходит по причине сброса основного речного стока весенними паводками. В период паводков из области сбрасываются около 80% речного стока без предварительного использования на ее нужды. Накопление речного стока в водохранилищах значительно повысит обеспеченность водными ресурсами населения и экономики области в течении всего года и уменьшит негативные последствия паводков.

2.3.1. Речной сток

Реки являются важнейшей частью земной поверхности и мирового круговорота воды на Земле. Стекающие в протяженные отрицательные формы рельефа воды поверхностного и подземного стока по разработанному ими руслу несут их естественным током в моря и океаны или в озера, часто из-за больших размеров, называемых морями (Каспийское и Аральское). От истока в виде ручейка, вытекающего из родника, вбирая в себя другие ручейки и затем речки, основная река водосбора становится все полноводной. Сливаясь с другими реками главная река, создает речную сеть, развивающуюся по законам природы и зависящую от естественных процессов формирования поверхностного и подземного стока на водосборе и антропогенного на них воздействия.

Реки с их водосборами следует рассматривать как сложнейшие эволюционно развивающиеся системы. Еще Гераклит Эфесский в V веке до нашей эры сказал «Нельзя дважды войти в одну и ту же реку, потому, что тебя будут омывать всё новые и новые воды». Реки постоянно изменяются под влиянием изменений в природе и антропогенных факторах на водосборе и в речной сети. Часты высказывания о целесообразности возрождения главной реки Южного Урала р. Урал в состояние, которое он имел где-то 150–200 лет назад во времена неизмененных оседлым человеком естественных степей и их животного мира. Для того чтобы вернуть реку в желаемое прошлое ее состояние, необходимо вернуть в это прошлое всю систему природы от водоразделов водосбора до речной сети, да и саму речную сеть, их долины и русла. Но эволюция природы и человечества не позволяют это сделать. Идущие в природе и человеческом сообществе процессы, взаимосвязаны и необратимы. Со времен Гераклита еще никто не смог дважды войти в одну и ту же реку. Поэтому современное состояние наших рек воспринимать как данность и изменять режим их стока, характеристики долин и русел гидротехническими сооружениями или другими способами в зависимости от необходимости, основываясь на законах природы, обеспечивая эволюционное ее развитие.

Водные ресурсы Южного Урала формируются за счет атмосферных осадков. Их распределение по его территории в пределах России представлено на рис. 2.3. Основное питание рек бассейна Урала идет за счет зимних осадков (рис. 2.4). Талые воды формируют весенний паводок, на долю которого приходится около 80% естественного годового стока, и значительная часть подземного стока, питающего реки в меженный период. Летние и осенние осадки в степной зоне обеспечивают лишь 2–3% речного стока.

На Южном Урале речная сеть распределена не равномерно. Распределение годового речного стока по территории Южного Урала представлено на рис. 2.8. Более густая ее сеть в Республике Башкортостан и меньшая в южных районах Оренбургской и Челябинской областей.

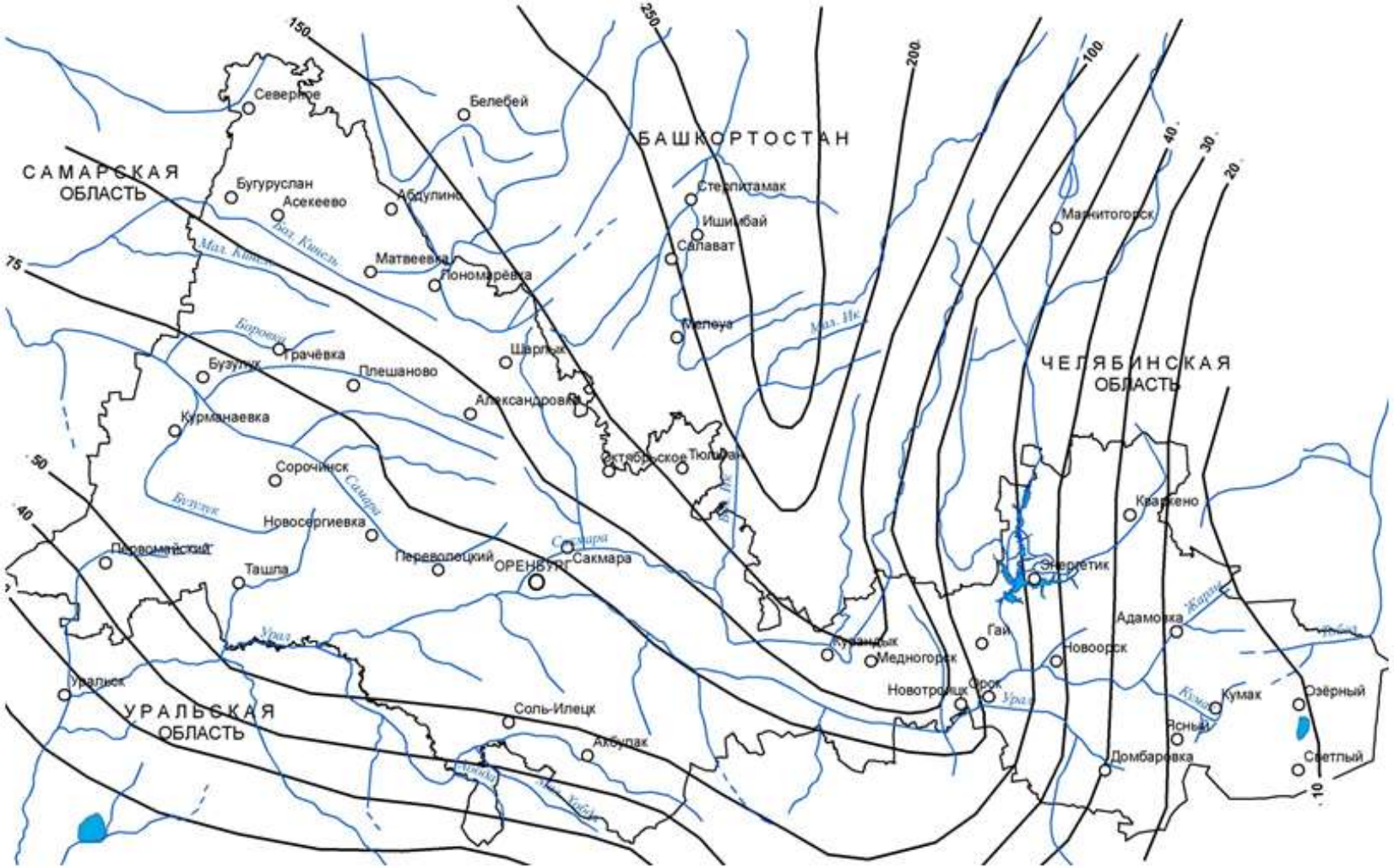


Рис. 2.8. Карта-схема суммарного годового речного стока на Южном Урале, мм (составлена по данным Гидрометслужбы и гидрогеологического атласа)

Республика Башкортостан. В республике с лесистостью 35% (лесостепная и лесная зоны) густота речной сети 0,40 км/км^2 с суммарным объемом среднего годового речного стока 35 км^3 и слоем среднего стока 243 мм. Основная часть территории Башкортостана принадлежит бассейну Камы и около 1/5 бассейну Урала. На востоке республики берет начало р. Миасс бассейна р. Тобол. В ней насчитывается около 13 тыс. рек общей протяженностью свыше 57 тыс. км. Основная их часть (99,9 % по количеству и 87% по протяженности) реки длиной менее 10 км. ДО 1.08.19

Главная река – Белая. Ее длина 1420 км, течёт почти целиком в границах Башкортостана. Основные ее притоки реки Нугуш, Уфа, Сим, Дёма. Объем ежегодно возобновляемых суммарных запасов поверхностных вод, формирующихся на территории республики, составляет 25 км^3, остальные 10 км^3 поступают из Оренбургской и Челябинской областей и Республики Татарстан. На 1 человека в Башкортостане приходится 8750 м^3 воды в год, или 24 м^3 в сутки при 80 м^3 в сутки по России. Водные ресурсы республики характеризуются большой внутригодовой и многолетней изменчивостью и неравномерностью распределения по территории. До 70% годового стока приходится на весеннее половодье. Изменчивость речного стока затрудняет обеспечение потребностей населения и экономики в необходимом количестве воды. Особенно негативно это проявляется в маловодные годы. Повышение обеспеченности республики водными ресурсами осуществляется за счет регулирования стока рек водохранилищами и прудами.

Челябинская область. В области с лесистостью 25% (лесостепная и степная зоны) густота речной сети 0,20 км/км^2 с суммарным объемом годового речного стока 7,2 км^3 и слоем среднего стока 80 мм. В маловодные годы речной сток уменьшается до 3-х км^3 в год. Относительно низкие показатели обеспеченности области речным стоком обусловлены маловодьем рек, представленных в области в основном их верховьями и наличием более 3000 озер, аккумулирующих водный сток в бессточных районах.

Реки области принадлежат бассейнам рек Тобола, Камы и Урала. Поверхностные воды Зауралья стекают в Северный Ледовитый океан, а остальные – в Каспийское море. Около 55% рек находится в западной горной части области. На Тобольский бассейн, расположенный в основном в равнинной части области приходится 62% ее территории. Бассейн Камы охватывает площадь в 17,1 тыс. км^2 (19% территории области) и на бассейн Урала приходится 18% ее территории. Основной водораздел между реками Камского и Тобольского бассейнов формируют горные хребты Южного Урала. Юго-западные районы области занимает бассейн р. Урал.

В Челябинской области густота речной сети уменьшается с севера на юг и с запада на восток. В западных районах ее густота 0,4–0,7 км/км^2, а в восточных – 0,01–0,2. Наиболее разрежена речная сеть в южных сельскохозяйственных районах, в которых коэффициент густоты всего 0,01–0,1км/км^2.

Питаются реки атмосферными осадками через поверхностный (70–80%) и подземный (20–30%) водный сток. В Челябинской области 3600 рек. Главные реки – Миасс и Урал. Протяженность более 100 км имеют всего 17 рек. И только реки Миасс, Урал, Уй, Ай, Уфа, Гумбейка и Увелька имеют длину в пределах области более 200 км. Почти все реки области зарегулированы водохранилищами. Значительно увеличивается обеспеченность области водными ресурсами наличием озер. По обеспеченности озерами и водохранилищами Челябинскую область называют краем озер и водохранилищ Южного Урала.

Оренбургская область. В области с лесистостью 4,5% (в основном степная зона) густота речной сети 0,25 км/км^2 с суммарным объемом годового речного стока 13,5 км^3 и слоем среднего стока 85 мм. Объем среднего годового возобновляемого речного стока, формирующегося на территории области, составляет 10,5 км^3, остальные 3 км^3 поступают из Республики Башкортостан и Республики Казахстан. Низкие показатели обеспеченности Оренбуржья речным стоком обусловлены маловодьем рек, формирующихся в основном в степной зоне.

В Оренбуржье вода – системообразующий компонент природы. Значение водных ресурсов увеличивается по мере роста ее дефицита. Водообеспеченность региона определяется соотношением количества атмосферных осадков к возможному испарению. На юге региона она составляет 0,4–0,5, а на севере увеличивается лишь до 0,6–0,5. При этом 80% и более годового речного стока сбрасывается паводками, часто причиняя вред в долинах рек области и прилегающих регионах. Однако в Оренбургской области зарегулировано менее 5% паводкового стока, что значительно меньше, чем в соседних более водообеспеченных регионах (см. табл. 1.6).

Главная река Оренбуржья – Урал. На его водосбор приходится 64% территории региона. Существенные изменения произошли в режиме его стока и в стоке его притоков. Обмеление рек в межень все более и более тревожит общественность, структуры власти и науку.

Используя с уточнениями сведения информационных бюллетеней отдела водных ресурсов по Оренбургской области Нижне-Волжского бассейнового водного управления Федерального агентства водных ресурсов (2009, 2015**)** и другие источники, в табл. 2.4 приведены сведения о структуре ее рек, а в табл. 2.5 их характеристика. Средний годовой водный сток рек Оренбуржья 58 мм. В маловодные годы он в 4–5 раз меньше, составляя 12–15 мм, а в многоводные увеличивается в 2–3 раза, достигая 150 мм и более. Для небольших степных рек региона различия в стоке по годам более значительны.

Реки Оренбургской области принадлежат в основном бассейну Урала (64%) и бассейну Волги (31%). Водоразделом между ними служит цепочка увалистых холмов Общего Сырта и Бугульминско-Белебеевской возвышенности, а далее на востоке Уральские горы.

Таблица 2.4. **Количество и протяженность рек Оренбургской области**

№ п/п	Градация рек, водотоков	Длина рек, км	Число единиц	%	Суммарная длина рек, км	%
1	Мельчайшие	<10	2861	81,9	7346	23,3
2	Самые малые	10–25	452	12,9	6860	21,7
3	Малые	26–100	148	4,21	6675	21,1
4	Средние	101–500	25	0,72	5154	16,3
5	Большие	>500	6	0,17	5549	17,6
6	Всего	-	3492	100	31584	100
	В том числе	Более 10	631		24238	

Таблица 2.5. **Основные реки Оренбургской области**

№ п/п	Наименование реки, населенный пункт	Площадь водосбора, тыс. км^2	Многолетние характеристики годового объема стока, км^3/% от среднего		
			средний	наибольший	наименьший
1	2	4	6	7	8
1	р. Урал, г. Оренбург	82,300	2,82	7,82/277	1,00/35
2	р. Сакмара, с. Тат. Каргала	29,600	4,26	10,1/237	2,10/49
3	р. Салмыш, с. Буланово	2,580	0,25	0,46/184	0,10/40
4	р. Илек, с. Веселый	17,200	0,70	2,08/297	0,096/14
5	р. Б. Ик, с. Спасское	6,490	1,50	3,50/233	0,32/21
6	р. Самара, пгт Новосергиевка	22,000	0,12	0,37/308	0,038/32
7	р. Б. Кинель, г. Бугуруслан	5,970	0,61	1,18/193	0,16/27
8	р. Ток, с. Ероховка	5,440	0,43	0,79/184	0,14/33
9	р. Бузулук, д. Перевозниково	4,280	0,22	0,60/273	0,027/12
10	р. М. Уран, с. Грачевка	1,440	0,10	0,25/250	0,031/31
11	р. Кугутык	0,767	0,020	0,056/280	0,0071/36
12	р. Жарлы	2,49	0,11	0,27/248	0,012/11
	Итого	180,6	10,4	27,5/264	4,03/39
	Итого, мм		58	152	13

Река Урал, главная река Оренбуржья, – начинается четырьмя постоянно действующими родниками на склонах горного массива, входящего в систему хребта Урал-Тау в Республике Башкортостан, в 18 км севернее с. Барангулово и впадает в Каспийское море. Длина реки 2428 км, площадь водосбора 231000 км^2. Протекает через Республику Башкортостан из Челябинской области в

Оренбургскую в России, далее через Западно-Казахстанскую и Атыраускую области в Республике Казахстан. Падение высотных отметок реки от истока до устья составляет 787 м со средним уклоном 0,3‰. Бассейн реки асимметричен. Левобережная его часть в 2 раза больше правобережной. Однако правые притоки, стекающие с возвышенных частей бассейна, в питании реки играют основную роль. Густота речной сети на правобережье составляет 0,29 км/км^2, а на левобережье 0,19 км/км^2, и в целом на всем бассейне реки 0,25 км/км^2.

Основным источником питания реки служит снежный покров, на долю которого приходится около 80% годового стока. Питание реки происходит в основном в период весеннего таяния снега. Доля дождевого питания незначительна, что обусловлено большими расходами воды на водосборе на испарение.

Река Орь – левобережный приток р. Урал, берет начало в северных отрогах Мугоджарских гор в Казахстане и впадает в него у г. Орска. Длина реки 332 км, площадь водосбора 18600 км^2. Средний уклон 0,5‰. Густота речной сети 0,15 км/км^2. Река Орь протекает в хорошо разработанной долине, шириной от 1 до 2 км в верховье, до 4–5 км в нижнем течении. Русло слабоизвилистое, шириной 10–20 м. Глубина в межень на перекатах 0,2–0,4 м.

Река Большой Кумак – левобережный приток р. Урал, впадает в него выше г. Орска и берет начало на Урало-Тобольском водоразделе. Площадь водосбора 7900 км^2. Длина реки 212 км. Речная сеть представлена р. Джарлы и несколькими мелкими речками. Густота речной сети 0,15 км/км^2. Русло реки песчано-глинистое, шириной 5–40 м. Глубина на плесах 2–3 м, на перекатах 0,25–0,40 м. В верховьях реки построено Верхне-Кумакское водохранилище с площадью зеркала около 13 км^2 и объемом 48 млн. м^3.

Река Чаган – правобережный приток р. Урал. Длина реки 264 км, площадь водосбора 7530 км^2. Река имеет 23 притока общей длиной 72 км.

Река Сакмара – правобережный самый большой приток р. Урал. В районе впадения у г. Оренбурга ее средний годовой расход воды на 20% больше, чем Урала. Р. Сакмара берет начало на восточном склоне южной оконечности хребта Урал-Тау в Республике Башкортостан Длина реки 800 км, площадь водосбора 30200 км^2. В Оренбургской области ее длина 435 км. Общее падение реки равно 600 м со средним уклоном 0,85‰. В Оренбургской области река Сакмара имеет 29 притоков первого порядка. Основные притоки: реки Касмарка, Куруил, Бол. Ик, Салмыш, Чебенька, Каргалка. Бассейн реки асимметричен. К левобережью относится 17% общей площади водосбора, к правобережью – 83%.

Долина р. Сакмара с высокими и крутыми склонами. В верхней части реки ширина долины достигает 2 км. Ниже устья р. Урман-Зилаир долина реки расширяется до 3 км. К устью ширина долины достигает 10 км. В Оренбургской области в верхней части реки пойма составляет 1,0–1,5 км, а в устье 2,0–2,5 км. Русло реки в верхнем течении каменистое шириной в среднем 25–35 м и отдельными сужениями до 10–15 м. В нижнем течении реки оно расширяется до 60–100 м. Глубины в летний период на перекатах 0,1–0,3 м и на плесах до 2,0–2,5 м.

Река Большой Ик – берет начало в горах Южного Урала и впадает в р. Сакмару на 220-м км от устья. Длина реки 345 км. Долина в верхнем течении реки до Мурадымовского ущелья глубоко врезанная до 50–200 м, дно и склоны ее сложены скалистыми породами; профиль реки ступенчатый с падениями на отдельных участках 2–4 м на 1 км. Русло извилистое. На дне галька и мелкие валуны.

По выходе из ущелья долина значительно расширяется, появляется широкая пойменная терраса высотой до 3–4 м над меженным уровнем.

В нижнем течении ширина долины достигает 2–4 км в аллювиальных отложениях. Падение реки в верхней части составляет 0,5–0,8 м на 1 км, а в нижней – до 0,1–0,2 м на 1 км. Средний уклон реки 1,4‰.

Река Илек – берет начало на западных склонах Мугоджарских гор в Республике Казахстан, на высоте 380 м над уровнем моря и впадает в р. Урал на 2 км ниже с. Илек. В верхнем течении она имеет название Жарык. Общее падение реки – 325 м, что при ее длине 680 км средний уклон равен 0,48‰. Площадь бассейна 42200 км^2.

На водосборе реки преобладает степная растительность, в пойме встречается древесная и кустарниковая. Грунты бассейна преимущественно глинистые и суглинистые с примесью мелкого щебня, местами наблюдаются выходы коренных пород.

Долина реки прямоугольная, местами трапецеидальная, хорошо разработанная. Ширина ее постепенно увеличивается вниз по течению реки от 1,5 км до 6–10. Ширина реки в верховьях 10–15 м, а в низовьях она увеличивается 60–80 м. Преобладающая глубина равна 0,7–1 м с увеличением в устьевой части до 2 м. Скорости течения в межень на перекатах составляют 0,3–0,4 м/с, на плесах – 0,1 м/с. Дно неровное, песчано-галечное и песчаное.

Река Самара – принадлежит Волжскому бассейну, берет начало на северных отрогах Общего Сырта в 2,5 км восточнее поселка Гнездиловка Переволоцкого района Оренбургской области, впадает в Саратовское водохранилище слева у южной части г. Самара. Длина реки 570 км, площадь водосбора 46500 км^2, общее падение 280 м со средним уклоном 0,5‰.

Основные притоки: реки Большой Уран, Малый Уран, Бузулук, Ток и Боровка. Кроме них, река принимает ряд других притоков длиной от 10 до 100 км.

Водосбор резко асимметричен: основная гидрографическая сеть расположена в правобережье. Долина реки в верхней части слабо выражена, на остальном приложении трапецеидальная. Ширина ее в верховье не более 1 км, ниже она постепенно расширяется до 3–4 км.

Пойма широкая, большей частью двухсторонняя. От начала реки до с. Переволоцк она имеет ширину 0,4–0,6 км. Ниже ширина поймы постепенно увеличивается до 3–6 км. Поверхность поймы неровная, пересечена староречьями, ложбинами, промоинами и небольшими пойменными озерами, заросшими водной растительностью. Русло извилистое, хорошо разработанное, разветвляется на рукава, образуя острова длиной до 2,5 км и шириной 0,5–1 км,

почти ежегодно затапливаемые. Река часто меандрирует, образуя многочисленные старицы. Русло заросло осокой, камышом и другой водной растительностью. Дно реки песчаное или илистое, на перекатах с примесью гравия.

Преобладающая ширина реки в верховьях 10–15 м, в середине и в низовьях 20–30 м. Глубины реки 1,5–2 м, редко достигая 3–4 м. Скорость течения 0,3–0,4 м/с, а на плесах уменьшается, до 0,1 м/с.

Река Большой Кинель – берет начало в 9 км к юго-востоку от с. Алябьево Пономаревского района, Оренбургской области, впадает в р. Самару с правого берега. Длина реки 440 км, площадь водосбора 15200 км^2, общее падение 265 м со средним уклоном 0,6‰. В Оренбургской области длина реки около200 км, площадь водосбора 6990 км^2, средний уклон 0,9‰. Питание реки главным образом снеговое. Летом она сильно мелеет.

Бассейн реки асимметричен: правобережье относительно высокое и сильно расчленено, левобережье отличается мягкостью очертаний и меньшей расчлененностью. Грунты глинистые и суглинистые, растительность степная и лесостепная.

Долина реки хорошо выражена, трапецеидальная, шириной в верховье 1,5–2 км, в нижнем течении – 7–8 км. Склоны долины сложены суглинистым грунтом, по правому склону отмечены обнажения скальных пород. Пойма высокорасположенная, преимущественно двухсторонняя, шириной 1–4 км. В ней много озер. От истока до р. Большая Кисла пойма луговая, открытая, на остальном протяжении либо кустарниковая, либо лесная. Грунт поймы супесчаный, встречается глинистый и суглинистый.

Русло реки извилистое. От истока до 270 км река мелководна, шириной 10–30 м, глубиной около 1,0 м. После впадения р. Мочегай в районе г. Бугуруслан, водность реки значительно увеличивается. Скорость течения на плесах 0,2–0,3 м/с и на перекатах от 0,6 до 1,1 м/с. Берега реки Большой Кинель заросшие тростником. Дно реки ровное, песчаное, на перекатах галечное, на плесах заиленное. ДО 01.08.19

2.3.2. Озера

Озера являются важнейшим элементом ландшафта и экономики всех стран. На территории России насчитывается более 2,7 миллиона озер с суммарной площадью водной поверхности почти 410 тыс. км^2. Средняя озерность около 4%. Однако, в зависимости от конкретных географических условий, увлажненности, притока поверхностных и подземных вод этот показатель изменяется в значительных пределах. Не равномерно распределение озер и по территории Южного Урала.

К озёрам относятся природные водоёмы в замкнутых понижениях рельефа, заполненные в пределах его чаши разнородными водными массами и не имеющие одностороннего уклона. Понижения рельефа озерного типа

образовались на Южном Урале в результате различных рельефообразующих процессов и по происхождению делятся на тектонические, эрозионные и аккумулятивные, речные, карстовые, просадочные и завально-запрудные. Форма и размеры озерных чаш значительно меняются во времени в результате накопления донных отложений и переформирования берегов.

Размеры озер характеризуются площадью поверхности (зеркала), шириной, длиной, протяженностью и изрезанностью береговой линии, объёмом воды, глубиной, соотношением площадей и объёмов, приходящихся на разные глубины. Объем воды и его изменения во времени зависят от баланса поступления и расхода воды. Главными составляющими приходной части водного баланса озер являются поверхностный и подземный приток с водосбора и атмосферные осадки на их поверхность. К расходной части водного баланса озер относятся поверхностный и подземный сток из них и испарение с водной поверхности. По характеру водного баланса озера делятся на сточные, бессточные и с перемежающимся стоком. В водном балансе и режиме озер существенное значение имеют географическая зональность, климат, размеры и форма озер.

Распределение озер по степной части Южного Урала неравномерно. Основное их количество расположено в речных поймах. На водосборах за пределами пойм озера формируются в бессточных районах. Уровень воды в озерах степной зоны в большой зависимости от изменений в количестве атмосферных осадков и антропогенных воздействий на сток факторы на водосборе (зяблевая пахота, уничтожение дернины на сенокосах и пастбищах и др.). В засушливых районах Южного Урала озера часто пересыхают.

Республика Башкортостан. По данным статистических отчетов в республике около 2 тыс. озер, из них 75% расположены в западных равнинных районах республики. Озера занимают 0,15% ее территории. Суммарная их площадь превышает 220 км^2, а их объем более 2 км^3 при средней глубине около 9 м.

Челябинская область. Область имеет более 3-х тысяч озер с суммарной площадью 2125 км^2 и объемом свыше 10 км^3. Озера занимают около 2,5% ее территории, делая область краем озер на Южном Урале. Размеры озер от 0,1 до 80 км^2. Большинство озер (80%) имеют площадь менее 0,5 км^2, 470 площадью от 0,5 до 5,0 км^2 и только 98 озер – более 5 км^2. Средняя глубина озер 4,7 м.

Распределяются озера на территории области неравномерно. Наиболее высокая озерность (10–14%) в Восточном Предуралье, что связано с наличием многочисленных котловин возле тектонических разломов. Озера протянулись почти сплошной полосой от Чебаркульской озерной группы на юге до Синарской на севере. Здесь расположены самые крупные озера глубиной до 30–40 м с большими запасами пресной воды: Увильды, Иртяш, Б. Кисегач, Тургояк и Каслинские.

В юго-восточных районах области много соленых озер с минерализацией 5–10 г/л. Максимальную соленость (до 100 г/л) имеют озера Соленый Кулат,

Таузаткуль и Лаврушино. Эти озера образовались на месте просадок грунта и карстовых провалов с небольшой площадью округлой формы.

Много озер на Зауральской холмистой равнине и в Западно-Сибирской низменности. Здесь крупные озера Уелги, Шаблиш, Аргаяш, Калды, Б. Куяш, Сугояк и Тишки эрозионно-тектонического типа. Их глубина обычно не превышает 8–10 м, берега плоские, местами заболоченные. Вода пресная и солоноватая. Эти озера не имеют поверхностного стока, питаются за счет атмосферных осадков и поэтому часть озер в засушливые годы сильно мелеет и высыхает.

В долинах рек Урала, Гумбейки, Миасса и других часто встречаются пойменные озера. Как правило, это неглубокие и небольшие по площади озера. В озерах с устойчивым гидрологическим режимом и богатой кормовой базой водятся сиг, рипус, лещ, пелядь и судак.

Оренбургская область. Расположенное преимущественно в степной зоне, имеет всего 53 озера с суммарной площадью 230 км^2, объемом 0,35 км^3 и занимают менее 0,2% территории области, что значительно меньше, чем у соседей по Южному Уралу. Их распределение по величине по данным отдела водных ресурсов по Оренбургской области Нижне-Волжского бассейнового водного управления приведено в табл. 2.6. Озера области в основном мелководны, их средняя глубина 1,5 м.

Таблица 2.6. **Озера Оренбургской области**

№ п/п	Группа	Площадь зеркала, км^2	Количество озер	Общая площадь, км^2	Общий объем, км^3
1	Крупные	более 50	3	170	0,26
2	Средние	1–10	10	50	
3	Малые	0,5–1	10	7	
4	Мелкие	0,05–0,2	30	3	
Итого		-	53	230	0,35

В области имеется два крупных озера, расположенные в бессточной юго-восточной ее части: **Шелкар-Ега-Кара** площадью 96 км^2 и **Жетыколь** площадью 50 км^2.

Возле г. Соль-Илецка имеется техногенное озеро **Развал**, сформировавшееся в 1906 г. в результате затопления паводковыми водами открытого карьера добычи поваренной соли. Озеро овальной формы, имеет длину 300 метров, ширину 250 метров и глубину около 20 метров. Вода озера очень соленая с минерализацией до 300 г/л и более. На глубине более 5 метров вода озера весь год имеет отрицательную температуру. Зимой озеро не замерзает. Целебные качества воды озера Развал и иловые грязи возле него имеют большое значение для лечения заболеваний органов движения, гинекологических и периферической нервной системы.

2.3.3. Водохранилища

Водохранилища относятся к искусственным объектам аккумуляции поверхностных вод объемом более 1 млн. м^3. В современном мире они являются неотъемлемым элементом земной поверхности, значительно преобразившим ландшафт водосборов большинства рек. Водохранилища, изменив режим стока рек и создав большие водные акватории, изменили условия формирования пойменных и водных биоценозов, видового состава и продуктивности ихтиофауны, да и многих видов животных. Они создают другие, более обеспеченные водой, природные условия качества жизни, деятельности и быта населения, интенсифицируют развитие экономики в зоне их влияния. На многих реках построены каскады водохранилищ. Водохранилища спасают множество рек от исчезновения, обеспечивая круглогодичный сток. Благодаря им на больших пространствах сформировались новые ноосферные устойчивые природные системы и комплексы, развивающиеся по природным законам.

Если удалить водохранилища из современной природы, особенно вододефицитных территорий, то она лишится важнейшего системообразующего фактора и будет вынуждена длительное время приспосабливаться к другим, когда-то утраченным, маловодным условиям, лишаясь сложившейся гармонии ее бытия и многообразия под влиянием повышенной водообеспеченности. Строительство водохранилищ обусловлено тем, что реки в естественном состоянии не удовлетворяют потребности экономики, социальные нужд населения и имеют общепланетарное значение.

А.Б. Авакян, В.П. Салтанов и В.А. Шарапов (1987), исследуя и анализируя водохранилища Земли, их значение для природы и человечества утверждают: «Необходимость регулирования стока путем создания водохранилищ вызывается многими обстоятельствами. В первую очередь это чрезвычайно большая сезонная и многолетняя неравномерность стока рек. Так, на большинстве рек европейской части СССР, Западной и Восточной Сибири 2/3 стока проходит за 2–3 месяца весеннего половодья. Еще более сложное положение в южных районах нашей страны, где за период весеннего паводка проходит до 90–95% годового стока…» (с. 6). С их утверждением следует согласиться применительно к Южному Уралу, имеющему континентальный климат, малую обеспеченность водой в меженный период и часто разрушительные паводки, в основном уменьшающие его водные ресурсы.

По мнению А.Б. Авакяна и др. (1987) у водохранилищ нет природных аналогов. Лишь по форме чаши с ними сходны завально-запрудные озера. Они занимают промежуточное положение между чисто природными и чисто техническими объектами. Поэтому следует относить их к природно-техническим системам. Соглашаясь с ними, к водохранилищам и мы относим искусственно созданные долинные, котловинные и естественные озерные водоемы с замедленным водообменном, полным объемом более 1 млн. м^3, режим уровня которых регулируется гидротехническими сооружениями в целях накопления и

последующего использования запасов вод для удовлетворения хозяйственных и социальных потребностей.

По площади водного зеркала водохранилища подразделяются на крупнейшие (площадью более 5000 км^2), очень крупные (5000–500 км^2), крупные (5000–100 км^2), средние (100–20 км^2), небольшие (20–2 км^2) и малые с площадью зеркала менее 2 км^2. Совсем малые водохранилища, создаваемые на мелких звеньях гидрографической сети, принято называть прудами. К основным показателям водохранилищ относятся объем, площадь зеркала и изменение уровня воды в процессе их эксплуатации.

Водохранилища созданы на пяти континентах. Их нет лишь в Антарктиде. Но по территории стран в зависимости от природных условий и экономического развития регионов они размещены не равномерно. Водохранилища создаются для решения определенных хозяйственных задач, но развиваются и адаптируются к конкретным условиям по законам природы. Создание водохранилищ в мире ведется высокими темпами. Суммарный полный объем водохранилищ мира в настоящее время оценивается примерно в 3800 км^3 с площадью водного зеркала около 600 тыс. км^2, а коэффициент зарегулированности мирового речного стока составляет 0,09. По расчетам А.Б. Авакяна и др. (1987) в ближайшие десятилетия количество зарегулированных рек увеличится до 2/3 общего их количества. В Западной Европе имеется более 2,5 тыс. водохранилищ суммарным полным объемом около 220 км^3 и полезным – примерно 180 км^3. Водохранилища имеются почти во всех странах Европы. Больше их в засушливых странах Южной Европы.

В России в настоящее время насчитывается свыше 1200 паспортизированных крупных водохранилищ. По территории России водохранилища размещаются неравномерно: в европейской части крупных водохранилищ более тысячи, а в азиатской – около ста. Искусственные водоемы сильно изменили р. Волгу и ее притоки. Всего в бассейне Волги насчитывается около 800 водохранилищ с суммарным полезным объемом более 100 км^3 и площадью зеркала более 30 тыс. км^2. Они аккумулируют 40% среднегодового стока волжского бассейна. Водохранилища позволили улучшить качество жизни населения прибрежных городов и поселений, создали дополнительные природные условия для развития экономики. Создание водохранилищ в наиболее освоенных центральных, южных и северо-западных районах страны, на Северном Кавказе и Урале обусловлено малым количеством в них водных ресурсов и неравномерностью речного стока по сезонам года. Для улучшения режима речного стока в водохранилищах аккумулируется сток в одни периоды, а накопленная вода расходуется в другие. Вода водохранилищ используются в интересах гидроэнергетики, орошения и обводнения, рыборазведения, водоснабжения и в рекреационных целях.

Водохранилища оказывают большое влияние на природу и социальные условия в речной долине и прилегающей территории, затрагивая интересы экономики, различных групп населения и даже отдельных личностей,

удовлетворяя потребности одних и нанося ущерб другим. При выборе места под водохранилище и его параметров, наряду с наличием природных условий для его создания, необходимо учитывать весь комплекс последствий его влияния на природу, экономику и население.

Решение о создании водохранилища должно максимально обеспечивать эволюционное развитие природы, улучшение условий жизни населения и высокие темпы развития экономики в районе его расположения при минимуме негативных последствий. При соблюдении этих условий водохранилища становятся стратегически важным положительным компонентом природы, экономики и населения, обеспечивая их гармоничное совместное развитие. Доказательством этому служат высокие темпы создания новых водохранилищ в нашей стране и в мире. Водохранилища обеспечивают повышение эффективности использования пресных вод на суше, прежде чем в процессе круговорота вод на планете поступят в соленые воды мирового океана.

Характерной особенностью Южного Урала является размещение значительной части его территории на водоразделах или в верховьях рек Уральского, Волжского и Обского бассейнов с разреженной речной сетью и малыми естественными водными ресурсами. Важнейшее значение для улучшения эксплуатационных возможностей его водных ресурсов имеет регулирование речного стока. По территории Южного Урала водохранилища и пруды распределены неравномерно. Это обусловлено как природными факторами и экономическим условиями, так и отношением к ним населения и органов власти. В стратегическом плане водохранилища являются важнейшим фактором развития маловодных территорий, имеющих плодородные почвы, полезные ископаемые и благоприятный климат.

Республика Башкортостан. Расположена в лесостепной и лесной зонах, при средней лесистости 35% в 2010 году республика имела 443 водохранилища, в том числе 119 объемом более 1 млн. $м^3$. Суммарная их емкость более 3,0 $км^3$ с общей площадью водного зеркала около 400 $км^2$. В совокупности с озерами суммарная площадь водоемов республики составляет более 600 $км^2$ с аккумуляцией в них 5 $км^3$ воды. Суммарная водная поверхность водохранилищ и озер занимает 0,45% ее территории. Коэффициент зарегулированности речного стока составляет 0,09, а в совокупности с многочисленными озерами около 0,15.

В Башкирском Предуралье зарегулированы все основные реки: Дема, Ашкадар, База, Уршак, Чермасан, Сюнь, Усень. В Башкирском Зауралье на реках бассейна р. Урал, где недостаточное количество атмосферных осадков и часты засухи, за последние годы построены Акъярское водохранилище на реке Ташла (правом притоке р. Таналык) объемом около 50 млн. $м^3$, на реке Сакмара Сакмарское объемом 26 млн. $м^3$, на реке Таналык Таналыкское объемом 14 млн. $м^3$, на реке Макан Маканское объемом более 9 млн. $м^3$, на реке Бузавлык Матраевское объемом 2,1 млн. $м^3$, на реке Большой Юшатырь Юшатырское и др.

Крупные водохранилища, как правило, имеют комплексное многоцелевое назначение и осуществляют многолетнее регулирование стока. Малые

водохранилища и пруды используются для сезонного регулирования, а также для водообеспечения населения и отдельных отраслей экономики. Неравномерность распределения речного стока по территории Башкортостана, его большая внутригодовая и многолетняя изменчивость затрудняют удовлетворение потребностей населения и экономики в необходимом количестве воды. Особенно остро это проявляется в маловодные годы. Решение проблемы обеспеченности республики водными ресурсами осуществляется за счет регулирования стока рек водохранилищами и прудами, его пространственно-временного перераспределения.

Челябинская область. Расположена в основном в лесостепной зоне, при средней лесистости 25% она имеет 377 водохранилищ с суммарным объемом 3,2 км^3 и площадью водного зеркала 597 км^2. В области водохранилищами и прудами зарегулированы почти все реки. Коэффициент зарегулированности речного стока области около 0,42, а в совокупности с многочисленными озерами он превышает 1,8. Следовательно, объем накопленной в водохранилищах и озерах воды в 1,8 раза превышает средний годовой сток рек области, делая ее краем озер и водохранилищ. Они служат основным источником водоснабжения и для рекреационных целей, а также для орошения сельскохозяйственных культур. При большом количестве озер они увеличивают долю общей площади водного зеркала до 3,1% от площади области.

На горных реках Камского бассейна построено 34 водохранилища, в бассейне р. Тобола 368 и на реке Урал и его притоках 75 водохранилищ. На горных реках наиболее крупное Долгобродское водохранилище объемом 333 млн. м^3 с площадью 35,2 км^2, построенное на р. Уфе для обеспечения водой Челябинского промышленного узла. Самым большим водохранилищем в области является Аргазинское на р. Миасс. На р. Урал построены Магнитогорское водохранилище объемом 189 млн м^3 с площадью 33,4 км^2 и для его пополнения выше по течению построено Верхнеуральское водохранилище объемом 601 млн. м^3 с площадью 75,5 км^2. Они обеспечивают водой промышленные предприятия г. Магнитогорска.

Оренбургская область. Расположена в основном в степной зоне при средней лесистости 4,5 %, имеет 130 водохранилищ с суммарным объемом около 3,9 км^3 и площадью водного зеркала 444 км^2, из них на бассейн Урала приходится 3,6 км^3, Волги – 0,25, Тобола и бессточный район – 0,023 км^3. В основном водохранилища осуществляют многолетнее регулирование стока и используются для целей водоснабжения, рыбного хозяйства и ирригации. Наиболее крупное водохранилище Ириклинское с полным объемом 3,26 км^3 и полезным – 2,76 км^3 построено на р. Урал. На р. Самаре в бассейне р. Волги построено Сорочинское водохранилище с полным объемом 0,134 км^3 и полезным – 0,124 км^3.

Ириклинское водохранилище многолетнего регулирования, аккумулирует 84% объема всех водохранилищ Оренбуржья в основном речной сток из Республики Башкортостан и Челябинской области. Объем водохранилищ,

аккумулирующих водный сток с территории области, всего 0,64 км^3. Коэффициент зарегулированности речного стока области составляет 0,05, а в совокупности с 53 озерами около 0,08. Общая площадь водного зеркала водохранилищ и озер занимает около 0,55% от площади области.

2.4. Подземные воды и их использование

Подземные воды на континентах находятся в толщах горных пород верхней части земной коры в жидком, твёрдом и парообразном состоянии. Жидкая фаза подразделяется на гигроскопическую (максимальное количество воды, поглощаемой абсолютно сухой почвой из воздуха при относительной влажности 94%), капиллярную (удерживается в почве, грунтах и горных породах за счет капиллярных сил) и гравитационную (передвигается под действием гравитационных сил). Гравитационная вода, достигая в земной коре водоупора, образует подземные воды. В зависимости от водно-физических свойств водовмещающих пород они делятся: на поровые, находящиеся в галечниках, обломочных породах и песках; трещинные – в гранитах и песчаниках; карстовые – в растворимых известняках, гипсах и доломитах. И.С. Зекцер (1977) провел фундаментальные исследования закономерностей формирования подземного водного стока и разработал научно-методические основы его изучения.

Для подземных вод важнейшим свойством горных пород является водопроницаеимость, характеризуемая коэффициентом фильтрации. Он равен слою воды, который фильтруется через горную породу, грунты зоны аэрации или в почву с ее поверхности в единицу времени при напоре 5–7 см. Слои горных пород с гравитационной водой, находящейся в порах, трещинах или других пустотах, образуют водоносные горизонты. Между водоносными горизонтами, расположенными в горных породах с высокими коэффициентами фильтрации, располагаются водонасыщенные горные породы с относительно малыми (в 10 – 1000000 раз) коэффициентами фильтрации, разделяющие водоносные горизонты по вертикали. Их принято называть водоупорами. Для ниже расположенных водоносных горизонтов они называются покрышками, а выше расположенных – подошвами. Через водоупоры идет водообмен между водоносными горизонтами, скорость и направление которого определяется их фильтрационными свойствами и градиентами давлений в смежных водоносных горизонтах.

Водоносные горизонты и их водоупоры не однородны по строению. Их целостность нарушают многочисленные тектонические нарушения в земной коре, увеличенными фильтрационными свойствами и водообменом по вертикали, обеспечивая гидродинамическую связь между водоносными горизонтами. Этим обусловлено единство всех подземных вод.

Первый от поверхности водоносный горизонт, как правило, не имеет покрышки и его воды называются грунтовыми. Над ним располагается зона

аэрации, сложенная проницаемыми песчаными и глинистыми грунтами. Ее мощность зависит от глубины залегания первого от поверхности водоупора, с коэффициентом фильтрации меньше средней интенсивности поступления воды на него из зоны аэрации, величиной питания из нее и условиями разгрузки водоносного горизонта. В зависимости от факторов, определяющих глубину залегания грунтовых вод, их уровень (зеркало) может находиться близко к земной поверхности и даже выходить на нее, образуя с поверхностными водами болота, а в понижениях рельефа образуются родники и сток в гидрографическую сеть.

Нижняя граница подземных вод ограничивается возможностями проникновения гравитационной воды вглубь Земли. Фильтрационные свойства твердой части земной коры допускают фильтрацию воды вглубь земной коры на несколько десятков километров. Однако с увеличением глубины возрастает температура горных пород и по достижении критической для воды температуры в 374,15 °С и соответствующей ей критической плотности 0,325 г/см^3 она начинает обратный путь к земной поверхности, транспортируя растворенные в ней вещества. Таких температур недра Земли достигают на глубине 15–17 км. В этой толще при средней скважности 0,02 размещается слой воды равный 300–350 м. Через нижнюю границу проникновения гравитационной воды в земную кору подземные воды пополняются ювениальными водами, поступающими из недр Земли.

Верхняя граница подземных вод не стабильна по глубине залегания во времени и определяется условиями питания и разгрузки первого от поверхности водоносного горизонта. Глубина его расположения зависит от множества факторов: водно-физических свойств расположенной над ним зоны аэрации и горных пород его вмещающих, рельефа, фильтрационных свойств земной поверхности, режима питания и разгрузки, климата и погодных условий и изменений в них и других природных и антропогенных воздействий на подземные воды. Сезонные и более длительные изменения положения зеркала подземных вод относительно земной поверхности могут составлять от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров, изменяя их запасы во времени обычно на ограниченной территории.

Подземные воды по скорости водообмена подразделяются на воды зоны активного водообмена, замедленного и весьма замедленного водообмена. Каждая группа по ряду дополнительных признаков подразделяется на водоносные горизонты. Несколько водоносных горизонтов, гидравлически связанных между собой, образуют водоносные комплексы и этажи.

К подземным водам активного водообмена по определению М.И. Львовича (1986) относятся воды, которые в процессе общего круговорота вод полностью возобновляются за период до 300 лет. Они имеют малую минерализацию, редко превышающую 5 г/л. Их разгрузка идет в основном в речную сеть и непосредственно в океан в пределах прибрежной зоны, в основном не превышающей 50 км. В зоне активного водообмена земной суши содержится

4600 тыс. км^3, что составляет всего 7,7% всех подземных вод. Они имеют наибольшее значение для живой природы Земли, включая человека.

Подземные воды замедленного и весьма замедленного водообмена располагаются в основном на глубинах ниже уровня морей и океанов и перекрыты региональными водоупорами, затрудняющих их разгрузку в зону активного водообмена. Они имеют минерализацию до 300 г/л и объемный вес до 1,2 г/см^3, что осложняет их вытеснение менее минерализованными выше расположенными водами через мало проницаемые перекрывающие их горные породы.

На Южном Урале подземные воды распространены повсеместно, но их запасы, дебит, качество и питание значительно различаются по территории в зависимости от условий формирования.

По схеме гидрогеологического районирования, составленной ВСЕГИНГЕО (1983), территория Южного Предуралья входит в состав Восточно-Русского артезианского бассейна подземных вод первого порядка Восточно-Европейской платформенной артезианской области. В гидрогеологических структурах второго порядка выделяются Южно-Предуральский, Сыртовский, частично Камско-Вятский и Эмбенский артезианские бассейны. В горной части Южного Урала и прилегающей к нему территории Зауралья выделен гидрогеологический район второго порядка бассейн трещинных вод Тимано-Уральской гидрогеологической горноскладчатой области. Он делится на бассейны трещинных вод третьего порядка Центрально-Уральского поднятия, Магнитогорского прогиба и восточного склона Урала. Восток Оренбургского Зауралья и юго-западная часть Челябинской области принадлежат Тобольскому бассейну Западно-Сибирского бассейна первого порядка (рис. 2.9).

На гидродинамический режим подземных вод, их реакцию на техногенные воздействия и участие в геодинамических процессах земной коры существенное влияние оказывают структурные особенности осадочной толщи и водно-физические свойства водоносных горизонтов и их водоупоров. Гидрогеологическое районирование и водоносные комплексы Южного Урала подробно рассмотрены в монографии Ю.М. Нестеренко и М.Ю. Нестеренко (2016).

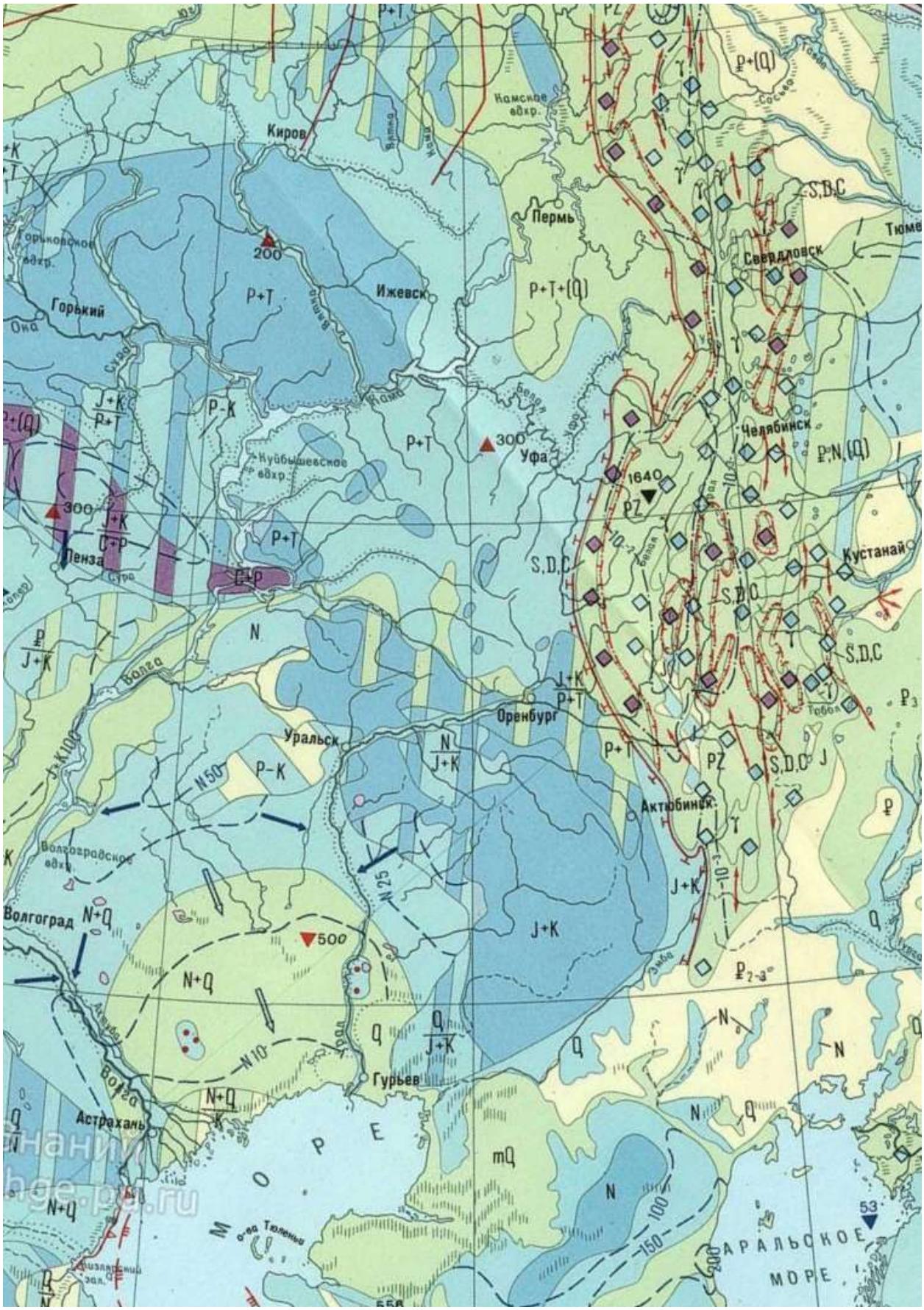
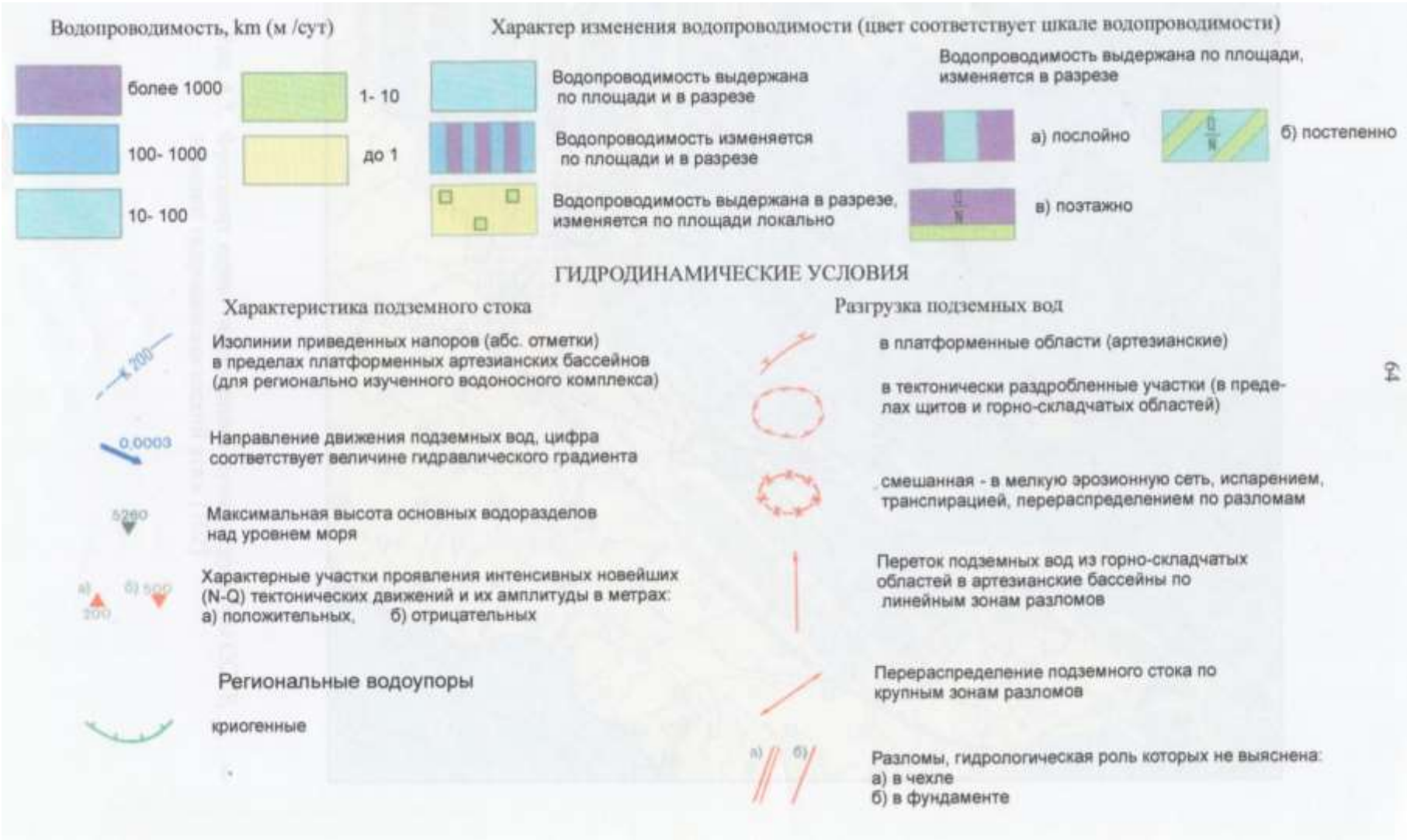


Рис. 2.9. Фрагмент карты гидродинамической структуры СССР, верхний гидродинамический этаж (Роговская и др., 1983)



Условные обозначения к рис. 2.9

2.5. Формирование водного стока на водосборе

Природные воды Южного Урала, как и все воды земной суши, охватывают все земное вещество, проникая во все его структуры. Вода взаимодействует с земной поверхностью и верхней частью земной коры, подчиняясь общим законам природы, изменяет ее и изменяется сама. Анализируя условия формирования и состояние природных вод Южного Урала, можно сделать выводы: определяющими для его фактором является значительное превышение испаряемости над количеством выпадающих атмосферных осадков, создавшее общий дефицит водных ресурсов для развития природы. Для формирования водного стока в регионе важно также наличие различных форм рельефа земной поверхности и особенностей строения верхней части земной коры. Во второй половине XX века особую значимость приобретает антропогенная деятельность на водосборе. Суммарное ее воздействие на природу, начиная со второй половины XX века, значительно усилилось. Часто превышая адаптационные возможности природных биогеоценозов или даже, целенаправленно разрушая их, человек создает на их месте другие искусственные агроценозы и биогруппы или неживые объекты.

Виды и уровень антропогенного воздействия на природу Южного Урала различны. Его влияние на верхнюю часть земной коры целесообразно разделить на промышленно-селетебное воздействие (техногенез) и сельскохозяйственное воздействие. Техногенез меньше распространен по площади, но часто радикально изменяет свойства земной коры на большие глубины (добыча полезных ископаемых, забор водных ресурсов и сброс сточных вод, строительство, планировки местности и т. п.). Сельское хозяйство в процессе взаимодействия с земной поверхностью, располагая сельскохозяйственные угодья почти на всей ее территории, меняет почти весь ее облик.

Сельское хозяйство Южного Урала, занимая около 90% его степной части, интенсивно воздействует на составляющие естественного водного баланса. Системы сельскохозяйственного землепользования, испытывая дефицит воды, направлены на увеличение продуктивных запасов влаги на полях за счет уменьшения поверхностного и подземного водного стока.

О величине дополнительного изъятия водных ресурсов на пахотных землях можно судить по данным табл. 2.7. На пашне среднее многолетнее весеннее увеличение запасов влаги в активном слое почво-грунтов (1,5 м) на Покровском опытном участке в Центральной зоне Оренбургской области составило 80 мм и почти полностью прекратился поверхностный сток воды. На выбитой целине весеннее увеличение запасов влаги в почве было всего 29 мм, а остальные талые воды расходовались в основном на сток. Распашка 2-х млн. га (16% площади региона) целинных земель и увеличение доли зяби на водосборах рек региона до 50–60% не могли не повлиять на сток талых вод. В среднем по области на пахотных землях за счет зяби дополнительно накапливается около 50 мм талых вод.

Таблица 2.7. **Средние многолетние запасы влаги в почвах различных угодий на Покровском опытном участке в Центральной зоне Оренбургской области, мм**

Глубина, см	До таяния снега				После таяния снега				Увеличение за время таяния снега			
	целина		пашня	лесная полоса	целина		пашня	лесная полоса	целина		пашня	лесная полоса
	не выбитая	выбитая			не выбитая	выбитая			не выбитая	выбитая		
0–10	21	23	22	15	26	34	28	39	5	11	6	24
10–20	20	15	23	22	35	28	27	32	15	13	4	10
20–30	19	14	21	24	30	26	25	33	11	12	4	9
30–40	21	16	20	20	29	19	23	33	8	3	3	13
40–50	15	15	17	19	29	16	23	34	14	1	6	15
50–100	81	71	70	83	116	67	105	170	35	-4	35	87
100–150	115	73	73	87	102	66	95	156	13	-7	22	69
150–200	129	76	83	95	118	38	103	159	11	-8	20	64
0–50	96	83	103	100	149	123	126	171	53	40	22	71
0–100	177	154	173	183	265	190	231	341	88	36	58	158
0–150	292	227	246	270	367	256	326	497	75	29	80	227

Исследования М.И. Львовича (1969, 1979), Г.В. Назарова (1969, 1970), В.Е. Водогрецкого (1979, 1983) влияния пашни на речной сток проводились в основном в зонах с более высокой водообеспеченностью, в которых системы обработки пахотных земель ориентированы на ускорение отвода воды с них. В условиях достаточного и избыточного увлажнения верен вывод о незначительном влиянии пашни на поверхностный сток.

Исследования воздействия пашни на сток в сухих степях Заволжья (Кузник, 1963), в Западной Сибири и Северном Казахстане (Мосиенко, 1984), выявили значительные расхождения в оценке влияния пахотных земель на сток по причине различий в природе этих регионов. Природные условия Южного Урала существенно отличаются от условий в Заволжье, Западной Сибири и Северном Казахстане, где другие системы обработки пахотных земель и другие подходы в использовании целинных земель.

Применительно к условиям лесостепной и степной зон юга Русской равнины исследования по увеличению весенних запасов влаги на пахотных землях агротехническими приемами по задержанию стока талых вод выполнены Н.А. Шумовой (2010). Е.М. Гусев и О.Н. Насонова (2000, 2010) изучали процессы тепло – и влагообмена на поверхности суши и его моделирование в условиях различных природных зон. Антропогенные изменения в водном балансе Русской равнины изучал Н.И. Коронкевич (1990).

Природные условия в совокупности с особенностями антропогенного воздействия на стокообразующие факторы обусловили многие существенные отличия в формировании поверхностных и подземных вод в степях Южного Урала и несоответствие по ряду наблюдаемых антропогенных изменений в них результатам исследований в других природных зонах. Все это обусловливает необходимость проведения комплексных исследований процессов, идущих в природных водах Южного Урала в естественных и антропогенно измененных условиях с целью разработки системы высокоэффективного комплексного использования природных вод Южного Урала в сельском хозяйстве и других его отраслях, обеспечивая при этом развитие природы.

В нашей работе делается попытка комплексного изучения природных вод в антропогенно меняющихся условиях вододефицитных территорий степной зоны на примере Южного Урала.

Важнейшим компонентом в водном балансе степной зоны Южного Урала является поверхностный сток, основной составляющей которого является сток талых вод и формируемые им весенние паводки. От стока талых вод зависят запасы влаги на сельскохозяйственных угодьях весной, характеристики половодий, питание подземных вод, объемы годового и меженного стока рек. Поэтому выявление закономерностей таяния снега и формирования расходных статей талых вод в естественных и антропогенно изменяющихся условиях позволит разработать систему повышения эффективности их использования.

На основе разработанных нами методик и методик других авторов, учитывая зональные природные особенности и соответствующие особенности

природопользования, выполнены исследования водного стока Южного Урала и выполнены расчёты основных его составляющих, в том числе водного баланса сельскохозяйственных угодий и его влияние на сток типичных рек Южного Урала.

Рассмотрим значимость различных стокообразующих факторов, влияющих на величину стока талых вод и изменений в них в зависимости от климатической зоны. Количество зимних атмосферных осадков, формирующих снежный покров, составляет 40–48% от годовой суммы, и имеют тенденцию увеличения к центральной горной части региона и с юга на север (рис. 2.4). Характеристика увлажненности Южного Урала представлена на карте распределения коэффициента увлажнения по его территории (рис. 1.3). В юго-восточной и юго-западной его частях увлажненность составляет всего 0,3, что характерно для полупустынь. В горной части на севере она увеличивается до 0,8–0,85, создавая условия для увеличения доли лесной растительности и формирования соответствующих водного режима и типов почв.

В Оренбуржье с большой свободной скважностью грунтов при глубоком залегании первого водоносного горизонта и отсутствии их влияния на влажность почвенного слоя, величина поверхностного стока определяется в основном факторами, не связанными с мощностью зоны аэрации. Главным становится соотношение скорости таяния снега и интенсивности его водоотдачи с одной стороны и скорости впитывания и фильтрации в почву с другой. Поверхностный сток возникает при превышении скорости поступления талых вод на почву над скоростью их впитывания. Но этот фактор зависит от многих причин и изменчив во времени. Скорость таяния снега зависит в основном от температуры воздуха и солнечной радиации. Дождевые атмосферные осадки в период таяния снега являются ускоряющим фактором.

Расчеты интенсивности таяния снега по тепловым ресурсам не могут учитывать накопление талой воды в снеге предыдущих дней, которая сбрасывается без дополнительных затрат тепловых ресурсов. Интенсивность такой водоотдачи снега может значительно превышать возможную интенсивность таяния снега.

Так, по данным И.А. Кузника (1963) в степи Саратовского Сыртового Заволжья максимальная интенсивность водоотдачи снега по трехлетним наблюдениям составила 0,14 мм/мин, что в 2 раза превышает возможную интенсивность таяния снега по тепловым ресурсам и в три раза меньше установившейся скорости впитывания в сухую мерзлую темно-каштановую почву. Но при влажности почвы близкой в НВ эта интенсивность водоотдачи снега значительно больше возможной скорости впитывания в мерзлую землю.

Для распространенных в Сыртовом Предуралье тяжелосуглинистых и суглинистых черноземов и темно-каштановых почв интенсивность максимальной водоотдачи снега в 3–7 раз превышает возможную скорость инфильтрации в мерзлую почву при НВ.

Поверхностный водный сток на водосборе зависит от интенсивности атмосферных осадков и скорости таяния снега, скорости впитывания и коэффициентов фильтрации земной поверхности, сезонного и суточного хода температур воздуха, почв и подстилающих грунтов или горных пород, их механического состава, рассеченности рельефа балками и оврагами, экспозиции склона и его уклона, солнечной радиации, испарения, глубины залегания грунтовых вод, наличия и вида растительного покрова, подстилки и дернины, сельскохозяйственных и других антропогенных воздействий на состояние водосбора. Одно лишь перечисление факторов, влияющих на поверхностный сток, свидетельствует о невозможности прогнозного определения его величины по одной общей для всех территорий методике, без учета зональных и территориальных факторов, которые в ряде случаев из сопутствующих превращаются в определяющие и наоборот. Зависимость поверхностного стока от атмосферных осадков выражается формулой

$$h_{ст} = h_{ос}\, К_{ст}\,, \qquad (2.8)$$

где $h_{ст}$ – слой стока;

$h_{ос}$ – запасы воды в снеге к началу таяния и осадки за время таяния;

$К_{ст}$ – коэффициент стока.

Методики определения запасов воды в снеге и величины выпавших атмосферных осадков разработаны и их определение обычно не вызывает больших затруднений. Наиболее сложно прогнозное определение коэффициента стока. Он зависит от всех перечисленных факторов состояния атмосферы и земной поверхности.

Из множества факторов, влияющих на коэффициент и величину поверхностного стока, необходимо выделять главные для исследуемой территории, потому что при учете всех факторов их суммарная погрешность превысит допустимую ошибку в определении величины стока. Важнейшим фактором, влияющим на поверхностный и подземный водный сток на водосборе, являются инфильтрационные свойства земной поверхности. Существенно изменяет их вспашка земель и интенсивная пастьба скота.

В естественных степях при отсутствии или умеренной антропогенной нагрузке значительную водорегулирующую роль имеет дернина многолетних дерновинных злаков (ковыли, тонконог, типчак и др.), многолетних двудольных растений, полукустарников и вегетирующих в основном весной однолетних растений. Высокая начальная скорость впитывания воды в дернину (рис. 1.10), значительно превышающая возможную интенсивность таяния снега и ливней, обеспечивает проникновение влаги в ниже расположенные слои почвы, где она под защитой дернины сохраняется от непродуктивного испарения. Но на формирование дернины расходуется наземная часть растений, и чем большая ее часть будет уходить в зиму и затем на образование дернины и гумуса, тем выше будет эффективность использования атмосферных осадков. Отмершая степная растительность и кустарники, оставшиеся после умеренной пастьбы диких и

домашних животных, уменьшают сдувание снега, обеспечивая его равномерное распределение. Высокие фильтрационные свойства дернины в условиях большого дефицита влаги обеспечивают постепенное увеличение под ней мощности почвенного слоя и поддерживает высокий коэффициент продуктивного использования накопленных атмосферных осадков.

В результате естественного развития степи имеют относительно высокую биологическую продуктивность в замкнутой системе, расходуемой в основном на сохранение самой степи, но она не приспособлена к значительному отчуждению органического вещества за его пределы и имеет очень малую хозяйственную продуктивность.

Возрастающее отчуждение органического вещества из замкнутой степной системы привело сначала к уменьшению мощности дернины, затем почвенного слоя и гумуса в нем. В результате увеличился поверхностный сток талых и ливневых вод. Ухудшение водообеспеченности степной растительности ускорило деградацию степи, превращая ее в выбитую степь с ухудшенными фильтрационными свойствами земной поверхности.

Характеристика водно-физических свойств тяжелосуглинистых черноземов южных в зависимости от уровня антропогенной трансформации в условиях Общего Сырта по результатам наших исследований показана в табл. 1.3. Ее данные подтверждают значительное ухудшение фильтрационных свойств выбитой целины.

Результаты исследований доказывают, что интенсивная антропогенная нагрузка на естественную степь не совместима с ее устойчивым развитием и приводит к ее разрушению. Хозяйственная урожайность слабо выбитой степи на черноземах южных в 1981–1985 гг. составила 2,8 т/га сухой массы, выбитой – 1,2 т/га и сильно выбитой только 0,2 т/га.

2.5.1. Поверхностный водный сток на водосборах Южного Урала

Исследования поверхностного стока нами велись в Оренбургской области, занимающей основную часть Южного Урала. Ее территория делится Уральскими горами на две части, имеющими существенные различия по геологическому строению, климату, почвам и соответственно по системам сельскохозяйственного землепользования, что существенно влияет на поверхностный сток. Поэтому целесообразно рассматривать процессы его формирования для каждой части раздельно.

2.5.1.1. Южное Предуралье

Южное Предуралье находится западнее Уральских гор и в пределах Оренбургской области имеет протяженность с севера на юг 450 км и с запада на восток 400 км. На его территории имеются разнотравно-типчаково-ковыльныеи типчаково-ковыльные степи и лесостепь, расположенные в трех

гидрологических районах (рис. 1.5), что обусловливает различия в условиях формирования поверхностного стока.

В Южном Предуралье к исследованию взяты верховья водосборов рек Самары и Большого Кинеля, принадлежащие бассейну р. Волги и являющихся основными реками западного степного района. Исследуемые верховья р. Самары расположены в степной зоне Общего Сырта и имеют типичные для него природные условия. Верховья р. Б. Кинель также типичны для степной части Южного Предуралья.

Бассейн р. Самары. Для исследований поверхностного стока на Общем Сырте взят верхний участок водосбора р. Самары до створа пгт Новосергеевка. Он имеет площадь 1340 км^2, длину реки выше створа 114 км, ее средний уклон 1,7‰ и средневзвешенный – 0,8‰. Средняя абсолютная отметка водосбора равна 227 м при среднем его уклоне 35‰. Облесенность водосбора типична для района и составляет 3%. Водосбор распахан на 65%. Средний многолетний годовой расход реки в створе пгт Новосергиевка за 1936–2010 гг. согласно данным Гидрометслужбы составляет 3,85 м^3/с при наибольшем 11,6 м^3/с и наименьшем 1,19 м^3/с. В меженный период средний годовой расход равен 1,1 м^3/с. Средний годовой слой стока за эти же годы равен 92 мм при наибольшем 273 мм и наименьшем 28 мм. На весеннее половодье приходится в среднем 61 мм (62% от годового суммарного стока) при наибольшем 227 мм в 1946 году и наименьшем 10 мм в 1967 году (Государственный водный кадастр т. 1, вып. 24, 1985).

Но приведенная общая характеристика паводкового стока не является стабильной во времени. На рис. 2.10 показан поверхностный сток талых вод с рассматриваемого водосбора в 1936–2010 гг. Максимальный сток талых вод был в 1946–1948 гг. (в среднем 129 мм) и в 1991–1995 гг. (в среднем 78 мм).

Минимальные его величины наблюдались в 1960–1990 гг. (в среднем 47 мм). Представленные на рисунке величины зимних осадков свидетельствуют об отсутствии синхронности их многолетних колебаний с многолетними изменениями поверхностного стока: меньшим суммам зимних атмосферных осадков периода 1936–1955 гг. соответствует период максимальных величин поверхностного стока, а при увеличении средней величины зимних осадков 1956–1975 гг. наблюдается его уменьшение. В связи с отсутствием в рассматриваемом 75-летнем периоде существенных изменений в климате, что подтверждается отсутствием значительных изменений в температуре воздуха и годовых сумм атмосферных осадков, очевидно, причиной изменений в поверхностном стоке являются изменения в хозяйственной деятельности на водосборе.

Исследования выявили значительное влияние почв и их водно-физических свойств на поверхностный сток. Естественные водно-физические свойства почв, их механический состав, влагоемкость, содержание гумуса и рельеф изменяются медленно и поэтому не могут существенно изменить поверхностный сток за исследуемый период в 50–70 лет. Поэтому, наблюдаемые изменения в

поверхностном стоке в бассейне р. Самары в этих условиях являются результатом хозяйственной деятельности на водосборе.

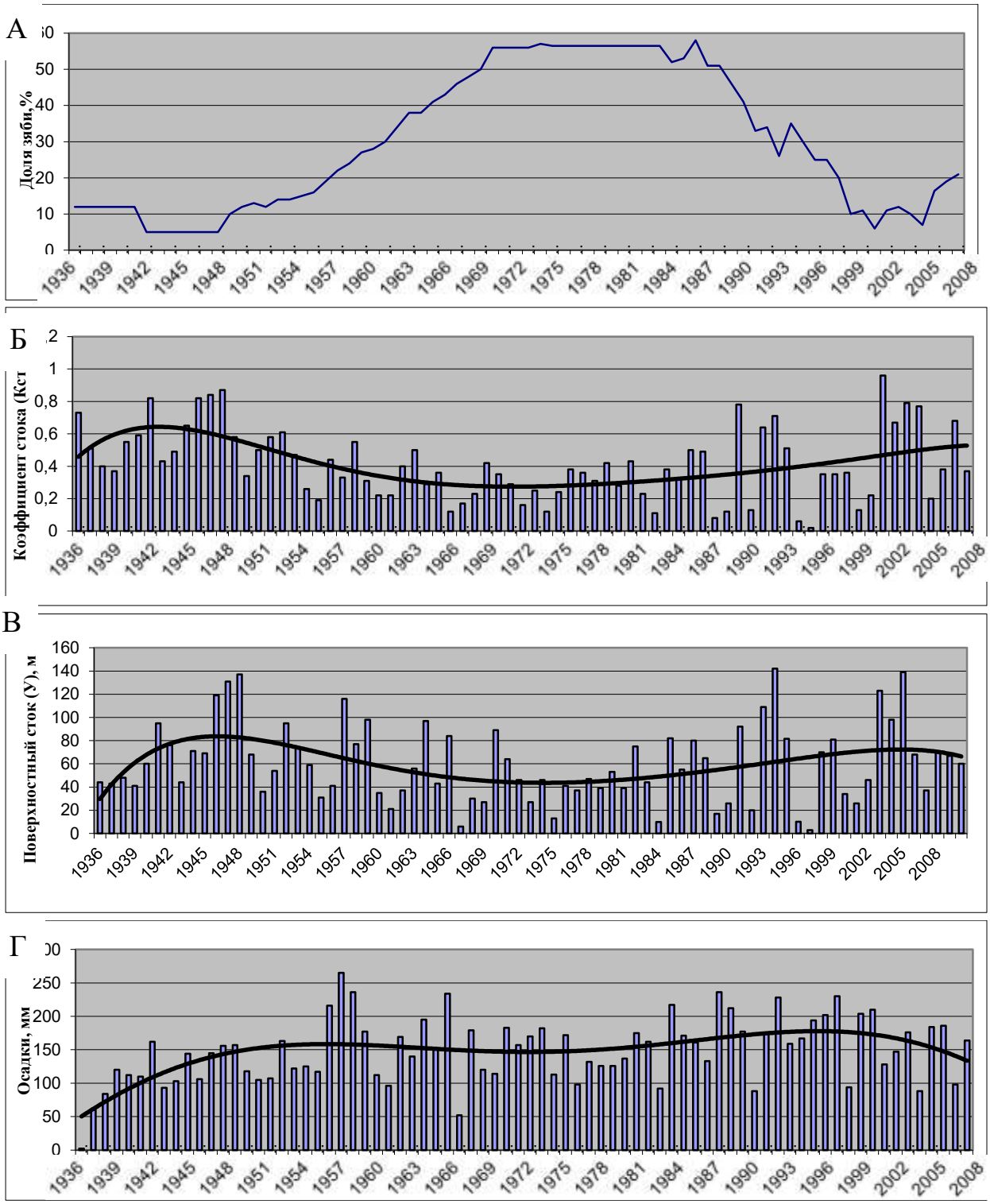


Рис. 2.10. Поверхностный сток (В) и коэффициент стока талых вод (Б) и их тренды в зависимости от доли зяби (А) на водосборе р. Самара в створе пгт. Новосергиевка в 1936–2010 гг. и соответствующие им зимние осадки (Г).

Анализ состояния водосбора верховьев р. Самары показывает, что основные его изменения могут быть преимущественно на сельскохозяйственных землях, которые занимают 90% его территории. В их составе 60% пашни и 30% сенокосов и пастбищ. Остальную его часть занимают лесные колки и пойменные леса (4%), дороги, неудобья (3%) населенные пункты и воды (3%). Важное значение имеет состояние пахотных земель перед таянием снега. Зяблевая пахота уменьшает поверхностный сток, а с невспаханных полей и засеянных озимыми поверхностный сток часто превышает сток с не выбитых целинных земель.

Результаты исследования влияния распаханности водосбора, зяблевой пахоты, количества зимних осадков и других факторов на сток талых вод в бассейне р. Самары в 1936–2010 гг. представлены в монографии Ю.М. Нестеренко (2006) и монографии Ю.М. Нестеренко и М.Ю. Нестеренко (2016).

Анализ показывает, что изменения в поверхностном стоке талых вод и коэффициенте стока в бассейне р. Самара соответствуют изменениям доли зяби на водосборе. В довоенные 1936–1941 гг. при 12% зяблевой пахоты и 24% распаханности территории коэффициент стока был равен 0.51, а в 1942–1948 годы при сокращении зяблевой пахоты до 5% и незначительном (до 26%) увеличении пахотных земель коэффициент стока увеличился в 1,4 раза – до 0,71.

Восстановление доли зяби на водосборе до 12% в 1949–1954 годах коэффициент стока уменьшился почти до довоенного уровня (0,51). Сравнение этих трех периодов в 1936–1954 годах показывает ведущую роль зяби в формировании стока талых вод на водосборах степной зоны Общего Сырта. Этот вывод подтверждается стабилизацией среднего коэффициента стока талых вод в 1966–1985 гг. по расчетным периодам в пределах 0,24–0,33 при стабилизации доли зяби на уровне 47–56% от площади водосбора. Уменьшение доли зяби до 36% в 1991–1995 гг. средний коэффициент стока талых вод увеличился до 0,48, что в 1,7 раза больше среднего стока в предшествующие 20 лет с долей зяби 53–56% от площади водосбора. В последующий период (1996–2000 гг.) перестройки экономических и социальных взаимоотношений в селе значительные площади пахотных земель не засевались и заросли несъедобной для животных крупностебельной сорняковой растительностью, которая препятствовала формированию поверхностному стоку талых вод. В результате средний коэффициент их стока составил 0,50. В 2001–2010 гг. (период формирования и становления многоукладных систем землепользования) неиспользуемые пахотные земли стали постепенно вводить в севооборот, но с малой долей зяби, что обусловило уменьшение коэффициента стока талых вод в среднем до 0,42.

Бассейн р. Большой Кинель. В северном степном Предуралье для исследований выбран типичный для подзоны водосбор р. Б. Кинель до створа г. Бугуруслан площадью 5970 км^2. Длина реки выше створа составляет 187 км со средним уклоном 1,0% и средневзвешенным – 0,6‰). Средняя абсолютная отметка водосбора равна 194 м. Лесистость водосбора около 5% и распаханность на 65%.

Средний многолетний расход реки в створе г. Бугуруслан за период 1933–1986 гг. составляет 18,6 м^3/с при наибольшем 37,5 м^3/с и наименьшем 5,15 м^3/с. Средний многолетний расход реки в меженной период равен 4,7 м^3/с. Средний годовой сток за эти же годы составляет 65 мм при наибольшем 198 мм и наименьшем 27 мм. На весеннее половодье приходится в среднем 47 мм (47% от годового стока) при наибольшем 153 мм в 1947 году и наименьшем 14 мм в 1975 году (Государственный водный кадастр. Т.1, вып. 24, 1985).

Анализ показывает, что на водосборе р. Б. Кинель, как и р. Самары, антропогенные воздействия (увеличение площади зяби), обусловили уменьшение стока талых вод. Коэффициент стока уменьшился с 0,48 в довоенные годы при 12% зяби на водосборе и с 0,70 в военные годы при 6% зяби на водосборе до 0,46–0,27 в 1966–1986 годах при 45% зяби на водосборе.

Исследования зависимости паводкового стока от доли зяби на водосборе показывают, что она не является прямолинейной. Это объясняется рядом причин: 1) с увеличением распаханности на водосборе с всхолмленным рельефом и распашкой по этой причине крутосклонных участков увеличивается средний уклон, что способствует увеличению среднего стока с зяби (Кузник, 1963); 2) в связи с выходом пашни на приводораздельные части склонов уменьшается перехватываемый пашней поверхностный сток с вышележащих целины, залежей и других угодий; 3) зяблевая пахота изменяет величину сносимого в гидрографическую сеть снега (Мосиенко, 1984).

Используя сведения о паводковом стоке на водосборе рек и графики зависимости коэффициента поверхностного стока талых вод от доли зяби на водосборе (Нестеренко, 2006), определены средние величины коэффициента стока талых вод ($К_{ст.р}$) малых рек Южного Предуралья в зависимости от доли зяби на водосборе ($К_з$) на примере рек Самары и Б. Кинеля (табл. 2.9).

Таблица 2.9. **Средние величины коэффициента стока талых вод ($К_{ст.р}$) малых рек Южного Предуралья в зависимости от доли зяби на водосборе ($К_з$) на примере рек Самары и Б. Кинеля**

	Доля зяби на водосборе										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Коэффициент стока талых вод ($К_{ст.р}$)											
Р. Самара	0,74	0,59	0,44	0,40	0,37	0,35	0,32	0,30	0,28	0,27	0,26
Р. Б. Кинель	0,68	0,57	0,50	0,41	0,35	0,31	0,28	0,26	0,25	0,24	0,23
Средний	0,71	0,59	0,47	0,40	0,36	0,33	0,30	0,28	0,26	0,25	0,24
$\Delta К_{ст.р}$ на 1% зяби	0,012	0,011	0,008	0,005	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	

Данные табл. 2.9 свидетельствуют о близких характеристиках зависимости поверхностного стока талых вод от доли зяби на водосборе для обеих рек, типичных для всего Южного Предуралья. Отклонения от средней величины не

превышают 0,01–0,02. Поэтому для учета влияния зяби на поверхностный сток талых вод при практическом использовании установленной зависимости можно применять рассчитанный средний $К_{ст.р}$. Для сравнительной оценки зависимости $К_{ст.р}$ от доли зяби на водосборе в различных частях степи и лесостепи в табл. 2.9 вычислена интенсивность его изменения. Установленная зависимость средней величины коэффициента стока талых вод от доли зяби на водосборе позволяет прогнозировать изменения в нем и рассчитывать необходимую долю (площадь) зяби на водосборе для обеспечения требуемого регулирования паводкового стока. Расчеты можно выполнить по формулам

$$К_{ір} = К_{ср.р} + (К_і – К_{ср.ф}) К_{ср.р} /К_{ср.ф}, \quad (2.10)$$

$$П_{ір} = П_і К_{ір}/К_і = Р_{зі} К_{ір} , \quad (2.11)$$

где $К_{ір}$ – расчетный коэффициент стока і-го года при расчетной доле зяби на водосборе;

$К_і$ – фактический коэффициент стока і-го года при фактической доле зяби на водосборе;

$К_{ср.ф}$ – многолетний средний коэффициент стока по графику связи для фактической доли зяби на водосборе;

$К_{ср.р}$ – многолетний средний коэффициент стока по графику связи для расчетной доли зяби на водосборе;

$П_і$ – фактический паводковый сток і-го года;

$П_{ір}$ – расчетный паводковый сток і-го года;

$Р_{зі}$ – сумма зимних осадков и осадков за время снеготаяния і-го года.

Для исследуемого водосбора р. Самара по зависимости $К_З \rightarrow К_{ст}$ (табл. 2.9) и формулам (2.10) и (2.11) вычислены расчетные коэффициенты стока $К_{ір}$ и расчетные слои стока $У_{ір}$ для периода 1936–1995 гг. при постоянной доле зяби на водосборе ($К_з$) равной 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 и 0,6 от площади водосбора (подробнее см. Нестеренко, 2006). Фактические и расчетные коэффициенты стока и соответствующие им величины поверхностного стока талых вод при фактических переменных и расчетных постоянных долях зяби позволяют построить семейства кривых обеспеченности поверхностного стока и коэффициента стока в зависимости от доли зяби на ее водосборе (рис. 2.11).

Аналогичный анализ зависимости $К_{ст}$ от $К_З$ и вычисления расчетных коэффициентов стока $К_{ір}$ и расчетных слоев стока $У_{ір}$ выполнены для р. Б. Кинель. На рис. 2.12 представлены семейства кривых обеспеченности поверхностного стока и коэффициента стока в зависимости от доли зяби на его водосборе.

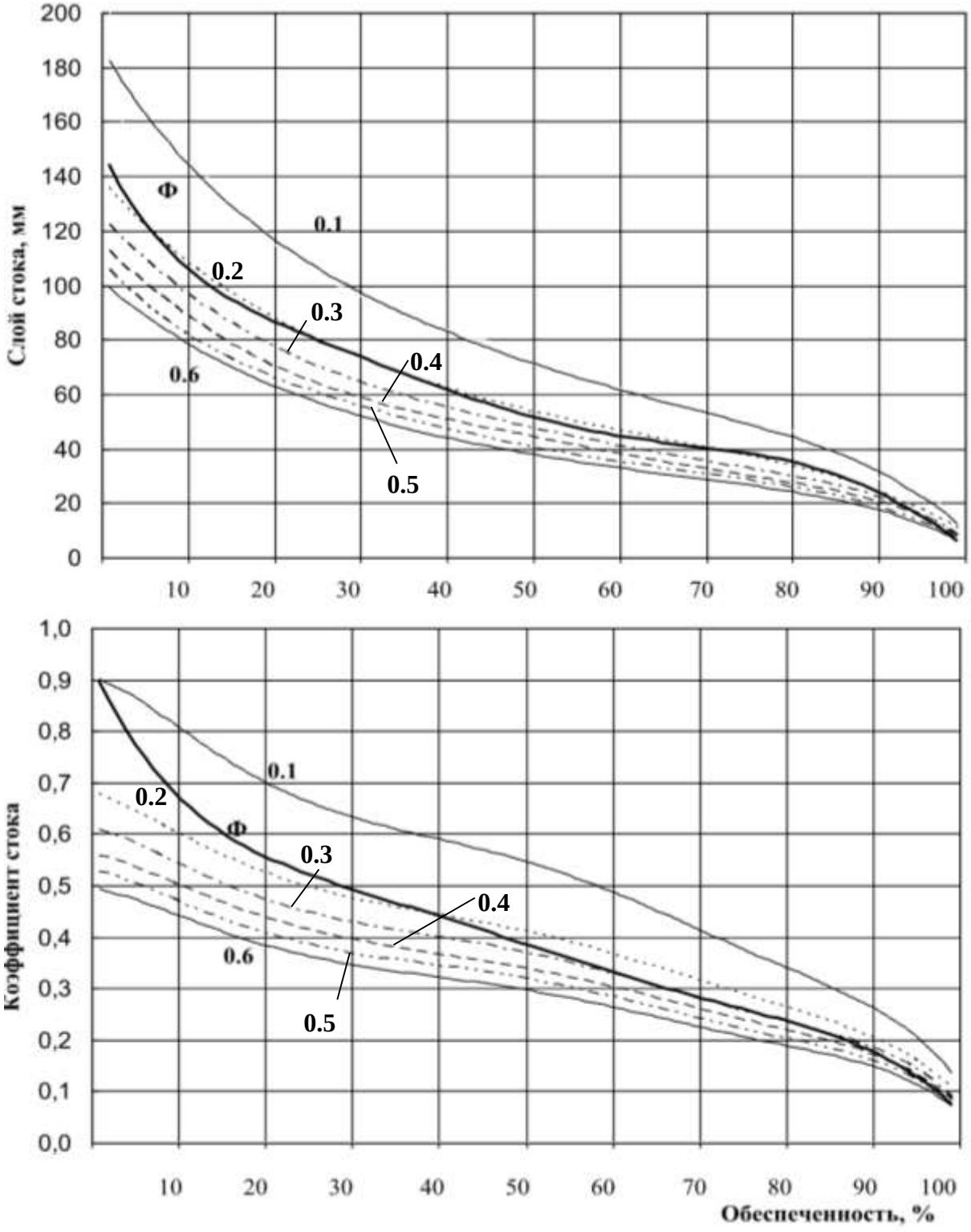


Рис. 2.11. Фактические (Ф) и расчетные кривые обеспеченности поверхностного стока талых вод и его коэффициента р. Самара при различных долях зяби на водосборе (цифры на кривых)

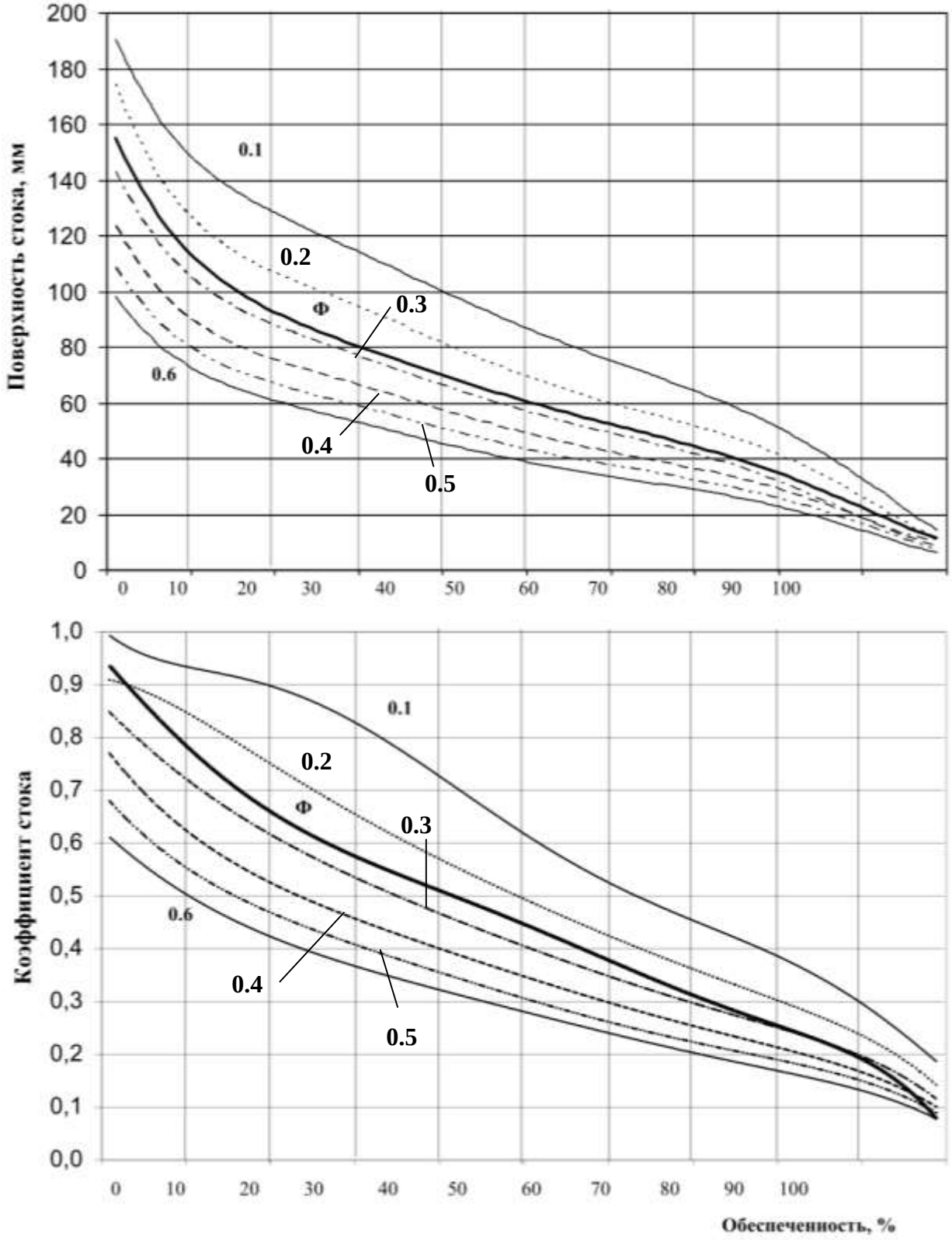


Рис. 2.12. Фактические (Ф) и расчетные кривые обеспеченности поверхностного стока талых вод и его коэффициента р. Б. Кинель до створа г. Бугуруслан при различных долях зяби на водосборе (цифры на кривых)

2.5.2.2. Южное Зауралье

Южное Зауралье Оренбургской области располагается восточнее Уральских гор. На его территории имеются разнотравно- типчаково-ковыльные, типчаково-ковыльные, полынно-типчаковые и полынно-типчаково-ковыльные степи, расположенные в трех гидрологических районах (рис. 1.5) с некоторыми различиями в условиях формирования поверхностного стока.

В Южном Зауралье для сухой степи типична Жарлы, а на юге в острозасушливой – р. Кугутык. Исследования стока талых вод в бассейнах этих рек проведены по методике и схеме, принятой для рек Южного Предуралья.

Бассейн р. Жарлы. Для изучения поверхностного стока взят верхний участок водосбора р. Жарлы до створа пгт Адамовка. Он имеет площадь 2940 км^2, длину реки выше створа 70 км со средним уклоном 0,8‰. Средняя абсолютная отметка водосбора 350 м, лесистость – около 1% (Государственный водный кадастр. т.1, вып. 24, 1985). Его распаханность в 1970–1985 гг. составляла 42%, затем снизилась до 30%. Средний многолетний расход реки в створе пгт Адамовка за период 1951–1986 гг. 3,5 м^3/с, а в меженный период – 0,4 м^3/с. Средний годовой водный сток за эти же годы равен 33 мм. На весенний паводковый сток приходится в среднем 29 мм (88% от годового стока) при наибольшем 84 мм в 1971 году и наименьшим 3 мм в 1949 году, в котором выпало всего 33 мм зимних осадков.

Анализ материалов Гидрометслужбы и статистического управления показал, что коэффициент поверхностного стока талых вод в расчетном периоде изменялся в пределах 0,36–0,22. Максимальные значения коэффициента стока ($К_{ст}$ = 0,36) наблюдались в период освоения целинных земель в 1955 г. при доле зяби на водосборе 9%. После их освоения при максимальной доле зяби на водосборе равной 28% в 1976–1980 гг. он остался практически неизменным ($К_{ст}$ = 0,35), выявляя этим как бы отсутствие влияния зяби на сток талых вод. Однако при детальном рассмотрении состава угодий на водосборе с учетом особенностей их влияния на сток талых вод в разные расчетные периоды, выявляются его причины.

До освоения целинных земель (1948–1954 гг.) пахотные земли оказывали малое влияние на поверхностный сток в связи незначительной их долей на водосборе (0,05). Учитывая фильтрационные свойства почв на различных угодьях (табл. 1.3), влияние зяблевой пахоты уменьшило его на 1% водосбора, а остальные 4% пахотных земель, оставшиеся в зиму невспаханными со стерней, увеличивали его до стока с выбитой целины. На остальных 96% водосбора сток определялся соотношением не выбитой (с дерновым покровом) и выбитой целины. До освоения целинных земель была велика доля не выбитой целины. Конкретных данных о ней не имеется, но 50%-ная нагрузка скотом от допустимой на целинные земли в этот период косвенно подтверждает преобладание задернованных целинных земель, которые дают малый сток талых вод (Нестеренко, 2006). Такое состояние угодий на водосборе в 1948–1954 гг. обеспечило небольшой коэффициент стока талых вод ($К_{ст}$ = 0,31). В период

освоения целинных земель (1955–1960 гг.) доля пашни на водосборе увеличилась в 7,5 раз (до 30%), а зяби в 9 раз (до 9%). Нагрузка скотом на естественные кормовые угодья увеличилась в 2,5 раза, превысив допустимую норму на 37% (Нестеренко, 2006), что привело к увеличению доли выбитых кормовых угодий, характеризуемых небольшим коэффициентом фильтрации (табл. 1.3, рис. 1.10). Эти изменения на водосборе обусловили результирующее увеличение $К_{ст}$ при уменьшении стока талых вод с зяби, занимающей 9% водосбора и увеличении его почти на всей остальной части водосбора за счет увеличения доли невспаханных с осени пахотных землях и дополнительно выбитых кормовых угодий, имеющих малые коэффициенты фильтрации. В итоге средний коэффициент стока талых вод с водосбора увеличился до 0,36.

В 1961–1970 гг. в Южном Зауралье сформировалась система земледелия, основанная преимущественно на зерновых севооборотах с глубокой осенней вспашкой с оборотом пласта. Она обеспечивала значительные накопления влаги в почве. Распаханные земли в этот период занимали 41–45% площади водосбора, а зябь – от 17 до 33% (в среднем 26% за 10 лет). В животноводстве продолжался интенсивный рост поголовья скота – с 3 условных голов на 1 км^2 водосбора в 1960 до 5,5 условных голов/км^2 в 1970 г. (Нестеренко, 2006). В расчете на естественные кормовые угодья, ставшие в эти годы основным источником кормов в летний период, нагрузка увеличивается с 5,2 условных голов на 1км^2 с в 1960 году до 8,5 условных голов на 1 км^2 в 1970г., что в 2,8 раза больше допустимой нагрузки. Интенсивная эксплуатация естественных кормовых угодий привела к дальнейшей их деградации.

Сложившиеся условия стока талых вод на водосборе в степном Зауралье обеспечили в 1961–1965 году коэффициент стока в среднем 0,22, а в 1966–1970 годах – 0,24.

В последующие 1971–1986 гг. в сухостепном Зауралье пахотные земли стабильно занимали 41–42% площади водосборов при стабильной доле зяби 28% от их площади. Но система земледелия претерпела существенные изменения. Для защиты почв от ветровой эрозии была внедрена плоскорезная зяблевая обработка почв с глубиной рыхления до 10–12 см. «Нулевые» и минимальные обработки почв на востоке Оренбургской области занимали около 50% от общей площади зяби. Уменьшение глубины осенней обработки почв ухудшило инфильтрационные свойства почв, что привело к увеличению стока талых вод. По исследованию Н.А. Мосиенко (1984) в северной Кулунде уменьшение глубины основной осенней обработки почвы после зерновых культур до 5–10 см путем ее лущения («нулевые» обработки) увеличивает слой стока талых вод до 27 мм ($К_{ст}$ = 0,32) с 3–4 мм на отвальной и безотвальной вспашке при $К_{ст}$ = 0,04–0,05. Исследования Н.А. Максютова, Г.А. Кремера и В.М. Жданова (1991) эффективности минимальных обработок почв на южных и обыкновенных черноземах центральной части Оренбургской области весной 1989 года показали уменьшение накопления влаги на них на 57 мм в сравнении с глубокой плоскорезной обработкой на глубину 25–27 см. Эта талая вода пошла на

поверхностный сток талых вод. В результате перехода на «нулевые» и минимальные обработки пахотных земель и оставление значительных площадей из под зерновых со стерневым покровом на весеннюю подготовку почвы под посевы сельскохозяйственных культур (13% от площади водосбора) коэффициент поверхностного стока в 1971–1986 гг. увеличился почти в 1,5 раза и стабилизировался на уровне 0,32–0,34. Этому способствовало также продолжающееся увеличение пастбищной нагрузки скотом на естественные кормовые угодья, ухудшающая их состояние.

Анализ показателей поверхностного стока талых вод в исследуемый период с 1948 по 1986 годы с учетом антропогенных изменений на водосборе дает возможность сделать соответствующие выводы.

Поверхностный сток периода до распашки целинных земель (1948–1954 гг.) можно считать, как формирующийся в естественных природных условиях.

Период распашки целинных земель (1955–1960 гг.) стал переходным к интенсивному сельскохозяйственному использованию водосбора. В этот период естественный природный тип формирования паводков на значительной части водосбора становится техногенно измененным, и на нем образуются четыре существенно различающихся между собой типов условий их формирования: 1 – естественный (естественная целина с дерново-опадным покрытием); 2 – распаханные земли с осенней зяблевой обработкой; 3 – распаханные земли без осенней зяблевой обработки; 4 – выбитая целина (выпасаемая) с разрушенным дерновым покровом.

Первые два типа условий формирования стока талых вод дают малый сток, а третий и четвертый создают благоприятные для его условия (табл. 1.3) и он увеличивается в 3–4 раза. Соотношение площадей, с перечисленными типами условий формирования стока талых вод, определяет средний коэффициент стока с водосбора и показатели паводков рек и временных весенних водотоков этой зоны.

Бассейн р. Кугутык. До створа пгт Домбаровский река имеет водосборную площадь 767 км^2, длину 29 км и средний уклон 1,5‰. Средняя абсолютная отметка водосбора равна 310 м. Лесная растительность на водосборе практически отсутствует, максимальная распаханность была в 1964 г. (32%), а затем стабилизировалась на уровне 30% площади водосбора. Средний расход реки в створе пгт Домбаровский за период 1950–1986 гг. составил 0,65 м^3/с, среднегодовой меженный сток – 0,04 м^3/с с периодическим прекращением в зимние месяцы. Средний годовой сток за эти же годы равен 24 мм, из которых 1 мм приходится на подземный сток. На весеннее половодье приходится в среднем 22 мм (92% от годового стока) при максимальном 61 мм в 1957 г. и минимальном 2 мм в 1984 г. при 57 мм зимних осадков.

Анализ показателей, характеризующих сток талых вод и формирующих его факторов, показывает, что максимальный сток талых вод (28 мм) наблюдался в период распашки целинных земель (1955–1960 гг.). В этот период коэффициент стока талых вод был равен 0,30 при 92 мм зимних атмосферных осадков (норма

94 мм). Средняя распаханность водосбора – 31%, а доля зяби 10% от площади водосбора, что в 5 раз больше, чем до распашки целинных земель. При этом следует отметить значительное увеличение невспаханных под зиму пахотных земель. В общем балансе угодий водосбора их доля увеличилась с 4% в 1950–1954 гг. до 21%. В это же время продолжалось усиление негативного воздействия увеличения поголовья скота на состояние естественных кормовых угодий. Нагрузка на них увеличилась в 2 раза, превысив допустимую в 2,5 раза (Нестеренко, 2006). До распашки целинных земель коэффициент стока талых вод в 1950–1954 гг. составлял всего 0,26. Однако эти годы были аномальными по количеству зимних атмосферных осадков – их выпало в среднем всего 50% нормы (47 мм). Период 1961–1986 гг. характеризуется стабильным уровнем распашки водосбора (28–30%) и снижением доли зяби на водосборе с 23–18% в 1961–1971 гг. до 15% в последующие годы. Нагрузка скотом продолжала увеличиваться, достигнув четырехкратного превышения допустимой в расчете на весь водосбор и 6-и кратной на кормовые угодья (Нестеренко,2006). В результате этих изменений на водосборе коэффициент поверхностного стока в 1961–1965 гг. составил 0,25, а затем стабилизировался на уровне 0,21–0,25.

Исследования показали, что в бассейне р. Кугутык в 1963–1965 гг. в интервале доли зяби на водосборе 10–23% увеличение ее на 1% уменьшает коэффициент стока на 0,009, что близко к условиям в бассейне р. Жарлы в сухой степи Зауралья (0,011 на 1% изменения доли зяби на водосборе).

Сравнительный анализ зависимости среднего коэффициента стока от доли зяби на водосборах степного Зауралья со степным Предуральем (см. табл. 2.8) выявили для них близкие темпы его снижения в расчете на 1% увеличения доли зяби на водосборе при 10–30% зяби на нем, составившее 0,008 $\Delta К_{ст}$ на 1% зяби. Обнаруженная близость влияния доли зяби на водосборе на сток талых вод в исследуемом интервале распаханности водосбора Зауралья и Предуралья и имеющиеся фактические сведения для Зауралья о ее влиянии на коэффициент стока (соответственно в пределах 30–43% и 9–26% от площади водосбора), дают возможность экстраполировать выявленную зависимость до 0% и до 100%. Результаты расчетов этих зависимостей применительно к состоянию естественных кормовых угодий на период 1961–1970 гг. приведены в табл. 2.10 и на рис. 2.13.

Однако, последующие изменения состояния естественных кормовых угодий в результате увеличения количества скота и изменения в системе агротехники на пахотных землях (введение «нулевых» и минимальных осенних основных обработок почвы) обусловливают необходимость выявления зависимости коэффициента стока от доли зяби на водосборе с учетом этих сельскохозяйственных изменений.

Установленное влияние доли зяби на водосборе на коэффициент стока талых вод в острозасушливой и сухой степях позволяет экстраполировать фактические данные этой зависимости для бассейна р. Кугутык в пределах 10–23% доли зяби на водосборе до нулевой и полной распаханности водосбора, используя метеорологические данные за расчетные годы.

Таблица 2.10. **Средние коэффициенты стока талых вод ($К_{ст.п}$) малых рек Южного Зауралья в зависимости от доли зяби на водосборе ($К_з$) и состояния целины на примере рек Жарлы и Кугутык**

Река	Доля зяби на водосборе										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Коэффициент стока с мало выбитой целины (1961–1970 гг.)											
р. Жарлы	0,42	0,32	0,25	0,21	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13
р. Кугулык	0,39	0,30	0,23	0,19	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13
Средний	0,40	0,31	0,24	0,20	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13
Коэффициент стока с выбитой целины (1971–1986 гг.)											
р. Жарлы	0,64	0,50	0,39	0,33	0,29	0,25	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13

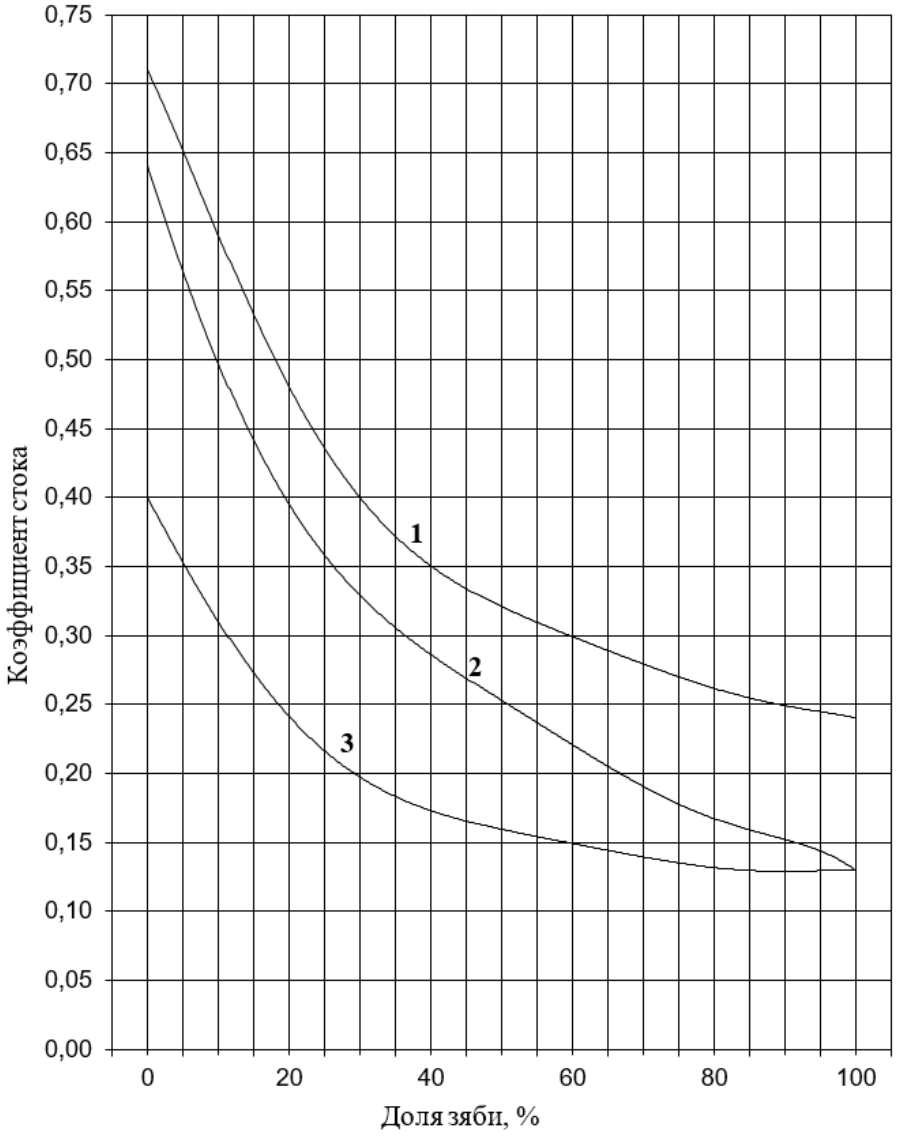


Рис. 2.13. Зависимость коэффициента стока талых вод ($К_{ст.п}$) от доли зяби на водосборе в Южном Предуралье (1) и Южном Зауралье (2 – выбитая целина; 3 – мало выбитая целина)

Выявленная зависимость коэффициента стока вод применительно к условиям Зауралья позволяет выполнить расчеты возможных его величин при различных долях зяби на водосборе по формулам 2.10 и 2.11 в сухостепном бассейне р. Жарлы для анализируемого периода 1948–1986 гг. и в полупустынном бассейне р. Кугутык для периода 1950–1986 гг. Построенные по ним кривые обеспеченности коэффициента стока, представлены соответственно на рис. 2.14 и рис. 2.15. Они дают возможность выполнять гидрологические расчеты, учитывая возможные хозяйственные изменения на водосборе при различных величинах атмосферных осадков.

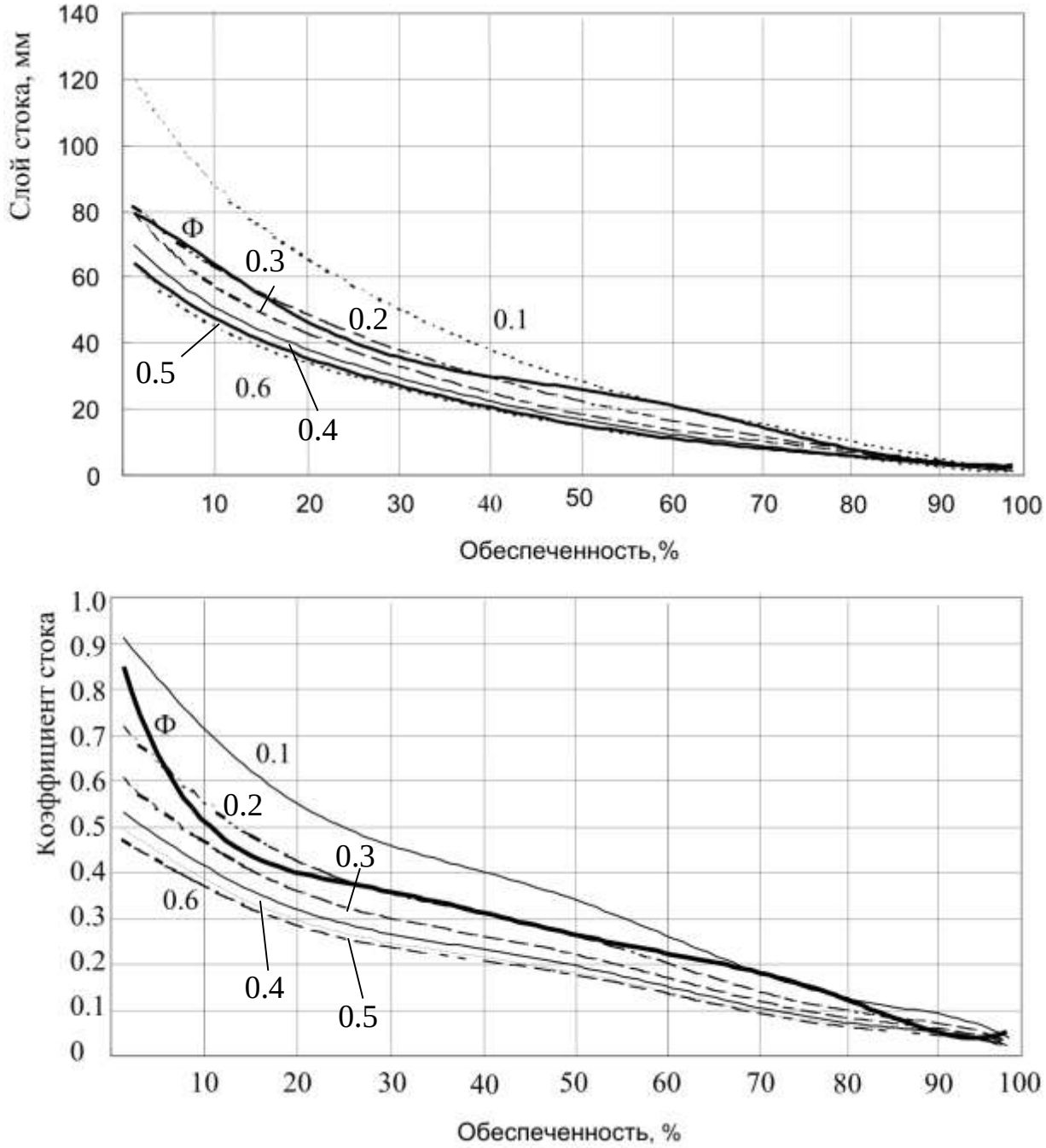


Рис. 2.14. Фактические (Ф) и расчетные кривые обеспеченности стока талых вод и его коэффициента р. Жарлы до створа пгт Адамовка при различных долях зяби на водосборе

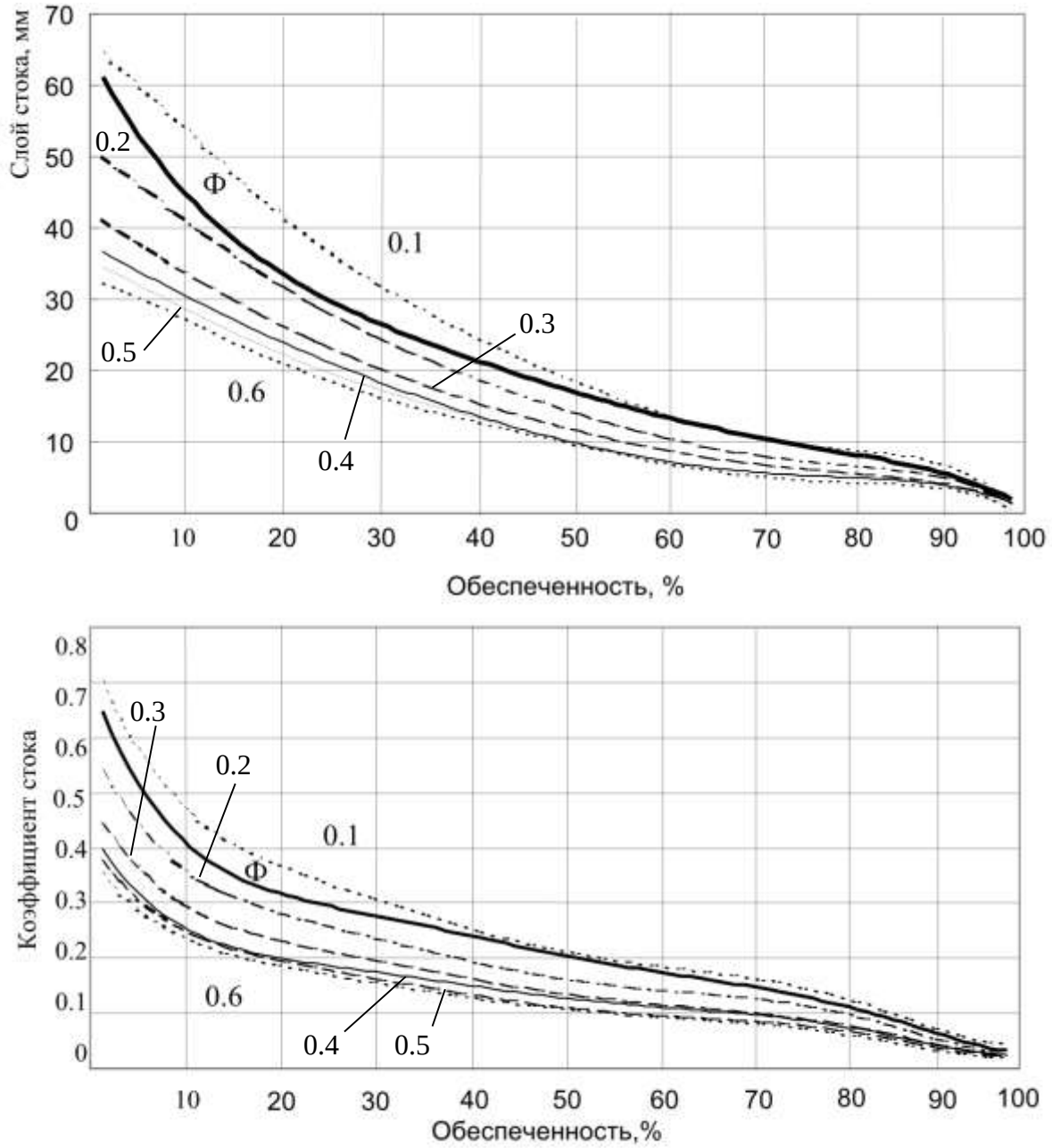


Рис. 2.15. Фактические (Ф) и расчетные кривые обеспеченности поверхностного стока талых вод и его коэффициента р. Кугутык при различных долях зяби на водосборе

Результаты изучения стока талых вод на водосборах типичных рек Южного Урала (табл. 2.9, 2.10 и рис. 2.13) позволяют определять соотношение среднего коэффициента стока с целины и других угодий рассматриваемых водосборов. Для Южного Предуралья соотношение коэффициента стока с зяби и с остальных угодий водосбора составляет в среднем 1:3,3, для полупустыни (р. Кугутык) – 1:1,3, Степного Зауралья (р. Жарлы) соотношение с не выбитой целиной 1:3,2 и с выбитой целины 1:4,9. По исследованиям И.А. Кузника (1963) для Сыртового Заволжья на темно-каштановых почвах соотношение коэффициентов стока зябь – залежь – озимые составляет 1:3:5, а на черноземах соответственно 1:2:5.

Встарь богатейшими странами были те, природа которых была наиболее обильна; ныне богатейшие страны – те, в которых человек наиболее деятелен.
Бокль Генри Томас (1821–1862),
английский историк.

Глава 3. **СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ**

3.1. Виды сельскохозяйственного землепользования*

В ст. 7 Земельного кодекса РФ выделено 6 категорий земель в соответствии с их целевым назначением и отдельно – земли запаса. Некоторые земли (поселений, транспорта, обороны) используются человеком в качестве пространственного базиса для размещения зданий, имущественных комплексов предприятий, инженерной инфраструктуры и других объектов. Они подвергаются наибольшему антропогенному влиянию.

Другие земли (особо охраняемых территорий, лесного и водного фонда) имеют связь с природой. Они используются преимущественно для организации рационального использования природных ресурсов, охраны окружающей среды и рекреационных целей.

И только сельскохозяйственные земли непосредственно используются для выращивания сельскохозяйственной продукции, являясь незаменимым средством ее производства. Эти земли по праву считаются стратегическим объектом жизнедеятельности, основой экономического и экологического благополучия страны, каждого региона и муниципалитета в отдельности.

Определение сельскохозяйственных земель содержится в п. 1 ст. 77 ЗК РФ. Ими признаются участки за чертой населенных пунктов, используемые для ведения сельского хозяйства или предназначенные для этой цели. Специфика правового режима земель сельского хозяйства обусловлена их целевым назначением, использованием для выращивания растений, разведения домашних животных, птицеводства.

Более ценными в составе земель рассматриваемой категории считаются сельскохозяйственные угодья, значимой характеристикой которых признается плодородие. Они имеют приоритет в использовании и в силу ст. 79 ЗК РФ подлежат особой охране. В их числе:

- пашни;
- территории, занятые виноградниками, садами, кустарниками;
- залежи;
- пастбища;
- сенокосы.

---

* *Автор: Ф. Г. Бакиров*

Земельный фонд Оренбургской области составляет 12370 тыс. га и в основном представлены сельскохозяйственными угодьями. Общая площадь их в 2010 году составила 10471 млн. га (85% от всей площади территории области). Земли лесного фонда составляют 702 тыс. га (5,7% площади региона), в том числе лесопокрытая 558 тыс. га или 4,5% площади региона (Комлев, Кустков, Адаев, Дмитриев, 2000).

В общей площади сельскохозяйственных угодий области пахотные земли занимают 57%, изменяясь от 76% в подзоне типичных чернозёмов до 50% в подзоне темно-каштановых почв. При этом менее 60% пашни Оренбургской области (3,6 млн. га) не имеет существенных экологических противопоказаний для использования традиционных земледельческих технологий (Кононов, 2004). Однако необоснованное применение технических приемов и средств возделывания сельскохозяйственных культур, разработанных для территорий с достаточным увлажнением, а также неправильный подбор культур стали причиной деградации почв. Практически все земли под пашней подвержены водной, ветровой или совместной эрозии (разд. 3.2.1.).

В условиях научно-технической революции и роста народонаселения, использования интенсивных технологий сельскохозяйственного производства и обострения продовольственной проблемы, важно рациональное землепользование, обеспечивающее повышение биопродуктивности сельскохозяйственных угодий и их плодородия.

В Оренбургской области на пахотных землях производится 67% всей валовой продукции сельского хозяйства. Зерновыми культурами занимается 71% посевных площадей, в том числе яровой пшеницей – 50%. Большую долю в структуре посевных площадей занимают озимая пшеница и озимая рожь. Заметное место в посевах зерновых занимают крупяные культуры просо и гречиха. Из зернофуражных культур выращиваются яровой ячмень и овёс. Ячмень занимает второе место после пшеницы. Овёс более требователен к условиям увлажнения. Поэтому посевы его незначительны и размещены на северо-западе области. Около 6% посевной площади всех сельскохозяйственных культур занимают технические культуры. Преобладают посевы подсолнечника. В последнее время посевы подсолнечника заменяют посевами сафлора. Выращиваются лён, горчица.

За последние 20 лет площади под бахчевыми культурами в Оренбуржье увеличились в 10 раз. В настоящее время площадь под продовольственными бахчевыми культурами составляет 55 тыс. га. На орошаемых участках выращивается картофель и овощные культуры**.** На корм животным и на зерно возделывается кукуруза.

Оренбуржье располагает значительными естественными кормовыми угодьями. Основной массив пастбищ находится на востоке и юге области. Сенокосы расположены преимущественно в поймах рек.

Масштабная распашка пастбищ (подъём целины) снизило обеспеченность животноводства кормами с естественных кормовых угодий, что увеличило

нагрузку на оставшуюся их часть домашними животными, вызвав их деградацию и трансформировав невыбитую целину в выбитую. Выбитая целина ~~к~~ при отсутствии дернины имеет 2–3 раза меньшую скорость впитывания воды в сравнении с невыбитой. На ней увеличивается поверхностный сток, уменьшается водообеспеченность и продуктивность растений и ускоряется деградация биогеоценозов (Ю.М. Нестеренко, 2006).

Главный путь наращивания производства продукции земледелия – повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Для достижения этого необходимо внедрение систем земледелия и технологий выращивания культур, эффективно использующих ресурсы влаги с повышением плодородия почв.

Первым этапом в решении проблем землепользования должна стать разработка системы земледелия, обеспечивающей эффективное использование пашни, занимающей основную часть в структуре сельскохозяйственных угодий.

3.2. Природа и системы земледелия на Южном Урале*

Ведущим и системообразующим фактором развития природы степной зоны Южного Урала являются водные ресурсы. Их дефицит, ограничивает влияние тепла, химических веществ, света и других компонентов природы на процессы функционирования живой и неживой материи. Обобщение знаний об обеспеченности водой и выявление влияния естественных и антропогенных изменений в ней на процессы, идущие в природе, позволяют понять и выявить причины изменений в природных и антропогенных системах. При отсутствии существенных изменений в водообеспеченности подконтрольные ей процессы в природе адаптируются к ее уровню, и их стабильность может быть нарушена под влиянием каких-либо других факторов. Регулированием обеспеченности водой, можно управлять функционально связанными с ней природными процессами, обеспечивая гармоничное развитие природы с участием человека и с учетом его интересов.

В степной зоне основным фактором, ограничивающим рост растительности, становится недостаточное обеспечение водой. Коэффициент увлажнения уменьшается до 0,7–0,3 при увеличении тепловых ресурсов. Сумма температур более +10 ºС увеличивается до 2500–4000 ºС.

В зонах недостаточного увлажнения изменения в обеспеченности водными ресурсами в наибольшей мере влияют на развитие природы. Поэтому целесообразно считать обеспеченность влагой системообразующим фактором, определяющим развитие природы вододефицитных территорий, и принять его основополагающим в исследованиях и хозяйственной деятельности, а другие факторы рассматривать во взаимосвязи с обеспеченностью водными ресурсами.

---

* *Автор: Ю. М. Нестеренко*

В Предуралье годовая сумма атмосферных осадков постепенно увеличивается с запада на восток по мере приближения к горному Уралу, сохраняя тенденцию их увеличения с юга на север. В Южном Предуралье годовое количество осадков находится в пределах 350–450 мм, а севернее в Южном Зауралье по мере удаления от гор оно быстро уменьшается до 300 мм на юге и 350 мм в северной его части (см. разд. 2.2).

Но только сведения о количестве атмосферных осадков не дают объективной оценки обеспеченности ими территории. Дать оценку обеспеченности территории атмосферными осадками (Р) можно по коэффициенту увлажнения ($К_{ув}$) (см. разд. 1.2.3), который определяется по отношению количества атмосферных осадков к испаряемости ($Е_о$) по формуле $К_{ув} = Р / Е_о$. Изолинии коэффициента увлажнения на рис. 1.3 показывают, что на Южном Урале он относительно быстро увеличивается с 0,30–0,45 на юге до 0,65–0,70 на севере и климат меняется от острозасушливого климата к малозасушливому.

Естественные степи – совокупность саморегулирующихся биогеоценозов, включающих растительность и обитающий в них животный мир, в основном с внутренним замкнутым оборотом органического и минерального вещества в преимущественно замкнутой трофической цепи. Не съеденные животными, грызунами и другой живностью растения или их части отмирают и совместно с корневой системой, создают дернину. Она обогащается продуктами жизнедеятельности обитающих в степи животных, да и самими животными после смерти. Дернина, а лучше сказать опадно-дерновое покрытие (степной войлок), с высокими фильтрационными свойствами в условиях дефицита влаги обеспечивает постепенное увеличение под ней мощности почвенного горизонта и, защищая его от перегрева, поддерживает высокую эффективность использования накопленных атмосферных осадков.

Естественные степи имеют высокую биологическую продуктивность в замкнутой системе, которая в основном расходуется на сохранение самой степи. Это стало результатом приспособления степных биоценозов в ходе его длительного развития к условиям дефицита влаги. Эти биоценозы не приспособлены к значительному отчуждению органического вещества за их пределы и имеют очень низкую хозяйственную продуктивность (Нестеренко, 2006). Отчуждение человеком значительной части органического вещества из замкнутой естественной степной системы приводит сначала к уменьшению мощности дернины, затем почвенного горизонта и гумуса в нем, увеличению стока талых и ливневых вод. Ухудшение водообеспеченности степной растительности ускоряет дальнейшую деградацию естественной степи, превращая ее в выбитую степь.

В степной зоне Южного Урала идет снижение плодородия пахотных земель. Анализ данных землеустройства ряда хозяйств показал, что за период 1965–1985 гг. содержание гумуса в пахотном слое почв снизилось на 0,3–1,5% и

в 1985 г. составило 5,5–3,5% со средним уменьшением на 0,5–1,2% в год от его запасов в почве.

Анализ данных научно-производственного объединения «Южный Урал» (1992) показывает, что скорость снижения плодородия черноземов тучных на севере Оренбургской области на границе с лесостепной зоной составляет 0,6% в год от его количества в учетном 1940 году. Интенсивность снижения плодородия черноземов обыкновенных, расположенных в более засушливых условиях, достигает 0,7% в год. Еще интенсивнее снижается плодородие черноземов южных и темно-каштановых почв, соответственно 1,7 и 2% в год от запасов гумуса в них. Интенсивное снижение плодородия распаханных целинных земель на Южном Урале отмечают также А.И. Климентьев и В.Е. Тихонов (1994). Приведенные сведения о влиянии распашки целины и применяемых на ней систем земледелия в условиях вододефицитного Южного Урала ведут к интенсивной деградации его почв. При этом скорость утраты гумуса в почвах возрастает по мере увеличения дефицита влаги.

Система земледелия в сухих степях должна строиться на компенсационной основе без истощения вековых запасов гумуса, обеспечивающего развитие почвенной структуры и обусловливающего высокую эффективность использования зимних осадков и скудных, преимущественно ливневых, летних осадков за счет улучшения водно-физических свойств почв (увеличение скорости впитывания, влагоемкости и др.). При общем недостатке органических удобрений и больших затратах по их транспортировке на поля следует интенсифицировать исследования по оптимизации условий гумусообразования в самих почвах, в том числе путем регулирования их влажностного и температурного режимов не только в период вегетации возделываемых культур, но и в течение всего года.

Другим важнейшим условием для формирования почв вододефицитных территорий является обеспеченность растительности влагой. В сухой степи влага является фактором, определяющим уровень урожайности сельскохозяйственных культур и создания биомассы естественной растительностью. На рис. 3.1 графически представлены данные по урожайности зерновых культур и количеству атмосферных осадков за зимне-летний период в Центральной зоне Оренбуржья за период с 1951 по 1990 год. Как следует из рисунка, высоким урожаям соответствуют периоды с относительно большим количеством атмосферных осадков (1960, 1962, 1964, 1966, 1968, 1969, 1970, 1978, 1981, 1989 и др.) и низким урожаям – периоды с малым количеством осадков (1955, 1967, 1975 и др.). Коэффициент корреляции между ними составляет 0,80. Имеющиеся некоторые отклонения от этой зависимости обусловлены преимущественно сроками выпадения атмосферных осадков, поверхностным стоком и другими факторами (температурой и влажностью воздуха, вегетационными периодами сельскохозяйственных культур).

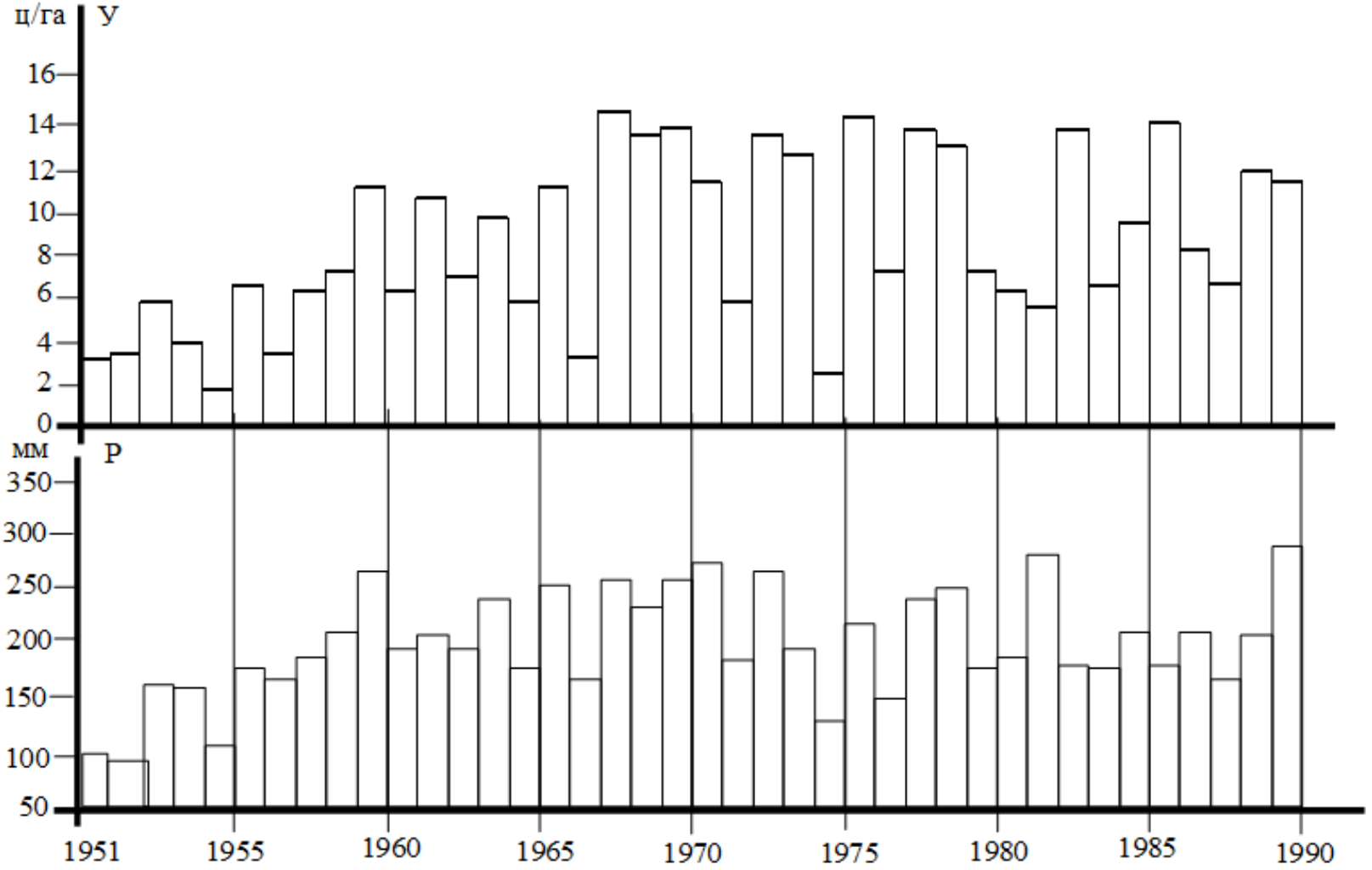


Рис 3.1. Урожайность зерновых культур (У) и атмосферные осадки за $^{1}/_{2}$ (XI – III) + (IV – VII) месяцы (Р) в Центральной зоне Оренбургской области в 1951–1990 гг. (r=0,80)

Дефицит водных ресурсов в богарном земледелии Южного Урала обусловливает необходимость повышения эффективности использования всех выпадающих атмосферных осадков, включая зимние. Однако в действующей системе земледелия, основа которой весенние посевы зерновых и других культур, важнейшей проблемой является малая эффективность использования накопленных весенних запасов влаги на пахотных землях за счет осенних и зимних атмосферных осадков. Значительная их часть теряется на непродуктивное испарение влаги до посева яровых культур во время поспевания почвы и длительном посевном периоде в связи с частыми осадками ранней весной и недостаточной обеспеченностью посевной техникой.

В центральной зоне Оренбуржья за период 1975–2015 гг. суммарный расход влаги атмосферных осадков, с учетом поверхностного и подземного стока, на полях зерновых культур в среднем по хозяйствам зоны составил около 300 $м^3$ на центнер зерна. В благоприятных по влажности условиях для них требуется 1000–1100 $м^3$/ц и реализуется на практике на орошаемых землях, а также при благоприятных сроках и количестве выпадения атмосферных осадков в Оренбуржье, получая урожай пшеницы 3 т/га и более.

Еще менее эффективно используются водные ресурсы озимыми зерновыми культурами, получая в среднем в последние десятилетия около 1,5 т/га при посеве по парам расходуются двухлетние атмосферные осадки. Следовательно, в регионе необходимо повышать эффективность использования всей годовой суммы атмосферных осадков в земледелии.

В опытных хозяйствах НИИСХ и ВНИИМС, при тех же атмосферных осадках в условиях достаточной обеспеченности посевной техникой за счет более высокой культуры земледелия, больших и сбалансированных доз внесения удобрений при средней урожайности зерновых культур 16,7 ц/га коэффициент водопотребления уменьшился в среднем до 200 $м^3$/ц. Среди них лучшие результаты имеет ОПХ «Урожайное» НИИСХ. В этом хозяйстве, при средней урожайности зерновых культур 20 ц/га, коэффициент водопотребления составляет 176 $м^3$ на центнер зерна. Однако и этот расход влаги значительно превышает фактическую потребность в ней зерновых культур в расчете на единицу продукции. В условиях континентального сухого климата Южного Урала необходим поиск путей повышения эффективности использования атмосферных осадков. Устойчивые отрицательные зимние температуры воздуха и снежный покров позволяют семенам ряда зерновых культур находится в почве длительное время без прорастания и трогаться в рост после весеннего оттаивания почвы в благоприятных условиях увлажнения, обеспечивая эффективное использование весенних запасов влаги в ней. Возможен переход к подзимним посевам зерновых культур. Следовательно, без значительного ущерба для поверхностных и подземных вод можно увеличить производство зерна и других полевых культур за счет повышения эффективности использования атмосферных осадков.

3.2.1. Влага чистых паров и ее использование

Особое место в действующей системе земледелия сухостепной зоны Южного Урала занимают чистые пары. Они входят в большинство рекомендуемых к освоению богарных севооборотов. На них приходится от 10 до 25% пахотных земель. В засушливых зонах они вводятся в севооборот для накопления влаги и усвояемых питательных веществ ко времени посева озимых для своевременного появления, нормального развития их всходов осенью даже в засушливые годы и очищению почвы от сорняков (Шульмейстер, 1975).

В систему сухого земледелия Оренбургской области, к которой относятся основные площади степей Южного Урала, паровые поля вводятся в севообороты для накопления и сохранения максимального количества продуктивной влаги в почве, внесения органических и минеральных удобрений, активизации микробиологических процессов и за счет этого увеличения содержания легкодоступных элементов питания, а также для уничтожения сорняков, особенно многолетних и корнеотпрысковых, и защиты последующих посевов от вредителей и болезней.

Рассмотрим значимость и эффективность чистых паров по использованию атмосферных осадков. В табл. 3.1 представлен водный баланс чистых паров в различных зонах Оренбургской области. Приведенные данные показывают, что в метровом слое почвы паров перед севом озимых культур остаточные запасы продуктивной влаги составляют 50–100 мм, что всего на 20–50 мм больше средних остаточных запасов влаги к этому времени после уборки зерновых культур. На непродуктивное испарение в зависимости от природной зоны расходуется в среднем от 177 до 302 мм, что составляет 70–78% от суммы продуктивных весенних запасов ($М_п$) и пополняющих их летних атмосферных осадков. Низкую эффективность черных паров по накоплению влаги к севу озимых в аналогичных условиях на обыкновенных черноземах Саратовской области выявили А.И. Фирсов и Л.П. Лощинина (1998). По их данным в благоприятные по весенним запасам влаги и летним осадкам годы суммарные потери влаги на парах достигают 346 мм. Пополнение же запасов влаги на парах ко времени сева озимых выше ее уровня сохранения после уборки ранних яровых зерновых культур происходит за счет осадков августа. Они установили достоверную корреляцию между содержанием влаги в посевах озимых с осадками августа ($r = 0,68$), тогда как корреляционная связь запасов влаги с суммой осадков всего весенне-летнего периода находится на грани достоверного ($r = 0,57$). На основании этого делается вывод, что для сухой черноземной степи, где испаряемость за май – август более чем вчетверо превышает сумму осадков за этот период, динамика влаги на парах имеет сложный и динамичный характер. В годы со средними и высокими запасами влаги весной, независимо от количества летних осадков, происходит быстрое иссушение метрового слоя почвы в интервале от НВ до ВРК и довольно стабильное сохранение влаги в дальнейшем на этом уровне.

Таблица 3.1. **Среднемноголетний водный баланс чистых паров в Оренбургской области (составлен по данным Оренбургской гидрометобсерватории)**

Населенный пункт	Запасы продуктивной влаги в слое 0–100, мм			$М_п = М_н – М_к$, мм	Атмосферные осадки (Р) за период, мм			Потери влаги на физич. испарение с пара с 1.05 по 20.08, мм /% от $М_п$+Р	Возможное производство биомассы за счет потерь влаги, т/га сухого вещества
	весной на 1.05 ($М_н$)	перед посевом озимых на 20.08 ($М_к$)	под зерновыми на 15.06		1.05 – 20.08	1.05 – 15.06	15.06 – 20.08		
Северная степь, лесостепь									
г. Бугуруслан	122	90	104	32	184	72	112	216/70	2.4
п. Фадеевский	199	107	140	92	210	81	129	302/74	3.3
Степь Предуралья									
пгт Новосергиевка	152	69	78	83	138	60	78	221/76	2.4
г. Оренбург	151	96	92	55	159	68	91	214/69	2.4
Сухая степь Южного Зауралья									
пгт Домбаровский	106	51	55	55	122	46	76	177/78	2.0

В другой своей работе А.И. Фирсов и Л.И. Лощинина (1998) показывают также отсутствие влияния черного пара на содержание влаги в последующих полях севооборота. В системе экстенсивного землепользования парам отводится также роль накопления усвояемых питательных веществ в почве к моменту сева озимых.

В паровом поле происходит интенсивная минерализация гумуса. За этот период по исследованиям К.М. Жанабекова (1994) в пару южных черноземов сухой степи минерализуется 2,2 т/га гумуса. При чем при соблюдении агротехники парования полей связи с отсутствием растительности не происходит пополнения почвы органическим веществом. По данным Н.А. Максютова (1994) основным местом потери гумуса в степях Оренбуржья является паровое поле.

Следовательно, чистые пары в условиях сухой степи не решают двух главных проблем сухого земледелия: проблемы накопления и эффективного использования влаги и проблемы повышения плодородия почв. Более того, в сравнении с другими полями богарного севооборота они неэффективно их растрачивают. Напрашивается вывод о целесообразности решения этих двух проблем путем замены их сидеральными парами, с запашкой сидеральных культур во II-III декадах июня. К этому времени по данным табл. 3.1 в почве большинства природных зон Южного Урала еще сохраняется определенное количество продуктивной влаги. Оно равно ее запасам на черном пару к периоду сева озимых культур (20 августа). Имеющееся же время до сева озимых (2 месяца) вполне достаточно для первого этапа разложения запаханного сидерального удобрения. Возможно также выведение паровых полей из полевых севооборотов, как предшественника озимых зерновых культур, переходом к полуозимым и подзимним посевам.

3.2.2. Эффективность использования влаги и плодородия почв на Южном Урале

В условиях водного дефицита Южного Урала круговорот органического вещества и его баланс в почве находятся в зависимости от водообеспеченности. Ведущим фактором водообеспеченности являются атмосферные осадки. Зависимость запасов гумуса в почвах Южного Урала от средней годовой суммы атмосферных осадков показана на рис. 3.2.

Анализ рисунка показывает высокую зависимость запасов гумуса в 0,5-метровом слое пахотных и целинных не выбитых почв эталонных участков от атмосферных осадков.

В условиях засушливого и острозасушливого климата системы земледелия должны обеспечивать максимальное использование всей годовой суммы атмосферных осадков. При оценке урожайности на пахотных землях (У) различных зон вододефицитных территорий целесообразно к расчету принимать годовую сумму осадков, так как все атмосферные осадки в той или иной мере

участвуют в создании растительной массы. В табл. 3.2. показана эффективность использования средней годовой суммы атмосферных осадков (Р) по урожайности трав на целине ($У_ц$) и зерновых культур на пахотных землях ($У_п$) в кормовых единицах на различных почвах при применяемой в настоящее время системе земледелия. В ней же показана урожайность в расчете на тонну гумуса в 0,5-метровом слое почвы (Г).

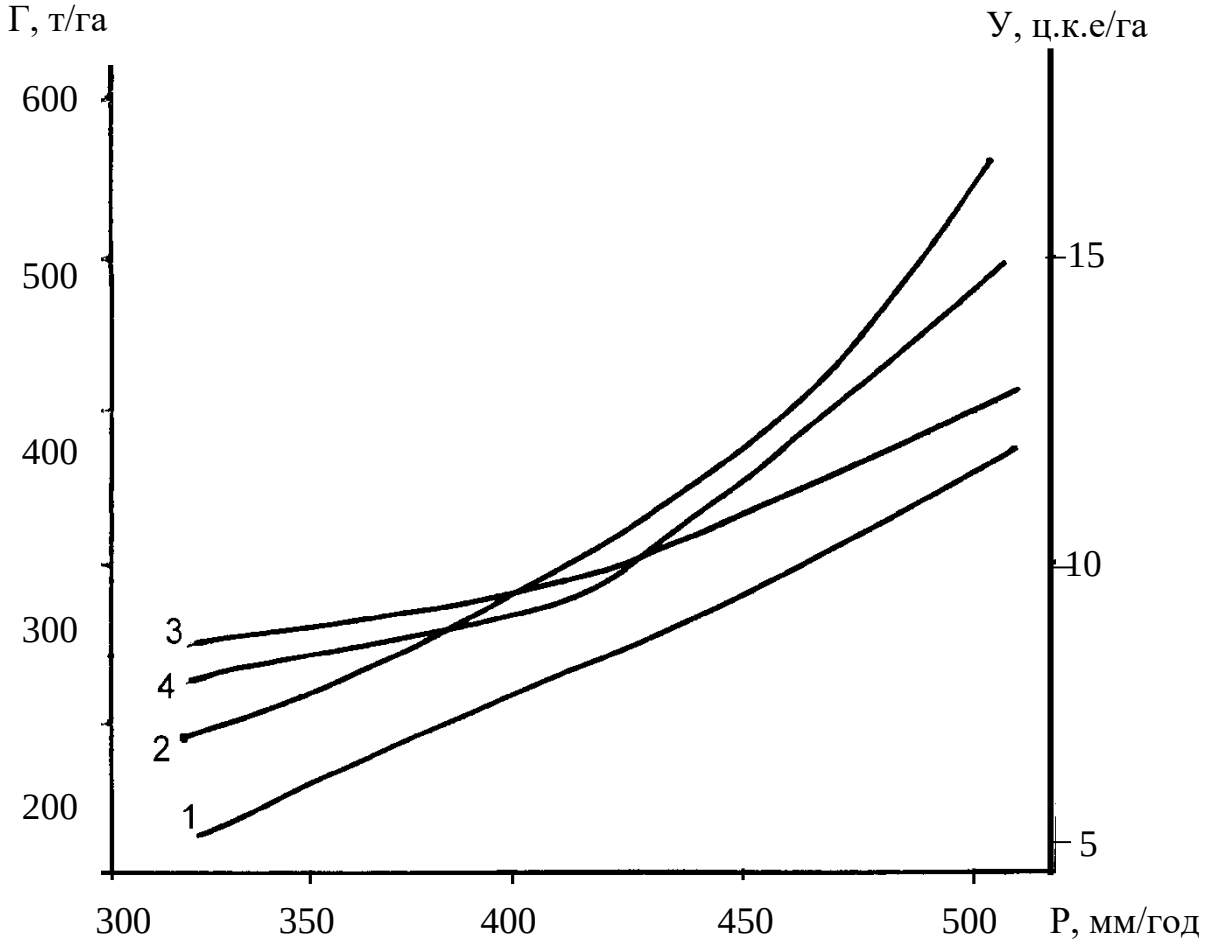


Рис. 3.2. Зависимость запасов гумуса (Г) в почве и продуктивности пахотных и целинных земель (У) от средней годовой суммы атмосферных осадков (Р) с использованием данных А.И. Климентьева и В.Е. Блохина (1980, 1996): 1 – запасы гумуса на пахотных землях и 2 – на целинных, 3 – урожайность на пашне и 4 – на целине

Затраты атмосферных осадков естественной целинной растительностью на создание центнера кормовых единиц уменьшаются с 444 $м^3$/ц к.е. на темно-каштановых почвах, получающих 320 мм осадков до 312 $м^3$/ц к.е. на тучных черноземах, получающих 500 мм осадков в год. Очевидно, с увеличением мощности дернового слоя и содержания гумуса в почвенном горизонте при большей водообеспеченности уменьшается доля непродуктивного испарения влаги.

В искусственных ценозах на пахотных землях, применяемая на современном этапе система земледелия уменьшает затраты атмосферных

осадков на темно-каштановых почвах до 356 $м^3$/ц к.е. На распаханных южных черноземах расход влаги на центнер продукции равен ее расходу на целине. На обыкновенных и тучных черноземах эффективность использования влаги на пахотных землях на 8–9% меньше, чем на целине.

Таблица 3.2. **Эффективность использования атмосферных осадков и гумуса растительностью в зависимости от их количества и типа почв на пахотных и целинных землях**

Показатели	Ед. изм.	Почвы			
		темно-каштановые	чернозем южный	чернозем обыкновенный	чернозем тучный
Атмосферные осадки за год, $Р_г$	мм	320	410	450	500
Урожайность на пашне, $У_п$	ц к.е./га	9,1	10	12	13
Урожайность на целине, $У_ц$	-//-	7,2	10	13	16
$К_{ос.п} = Р_г/У_п$	$м^3$/ц к.е.	356	410	375	385
$К_{ос.ц} = Р_г/У_ц$	-//-	444	410	346	312
Содержание гумуса в слое 0,5 м на пашне, $Г_п$	т/га	125	225	280	360
Содержание гумуса в слое 0,5 м на целине, $Г_ц$	-//-	191	312	378	564
$К_{г.п.} = У_п/Г_п$	ц/т	0,072	0,044	0,043	0,036
$К_{г.ц.} = У_ц/Г_ц$	-//-	0,038	0,032	0,034	0,028

На эффективность использования растительностью атмосферных осадков и других природных факторов в естественных и искусственных биоценозах, проведения агротехнических и мелиоративных мероприятий существенное влияние оказывает содержание гумуса в почве. Для оценки его влияния и определения интенсивности нагрузки на него растительностью введем коэффициент интенсивности использования гумуса ($К_г$), определяемый по формуле

$$К_г = У / Г, \quad (3.1)$$

где У – урожайность наземной массы в кормовых единицах, ц/га;

Г – содержание гумуса в расчетном слое, т/га.

Интенсивность биологической нагрузки на гумус целины в степи мало зависит от его содержания в почве и составляет 0,038–0,032 ц к.е./т. В лесостепной зоне при лучшей водообеспеченности и больших запасах гумуса (564 т/га) нагрузка на него снижается до 0,028 ц к.е./т.

На пахотных землях биологическая нагрузка на гумус в сравнении с целиной (по урожайности зерновых культур) увеличивается в 1,5–2 раза и составляет 0,036 – 0,072 ц к.е./т. Интенсивность нагрузки на гумус пашни

ожесточается хозяйственным отчуждением основной части урожая. Но и на пахотных землях лесостепной зоны интенсивность этой нагрузки в 2 раза меньше, чем в острозасушливой степной зоне на темно-каштановых почвах.

Более высокая нагрузка на запасы гумуса темно-каштановых почв ведет к интенсивной их деградации. За 30–35 лет их вспашки они потеряли 35% своего гумуса. За более чем 50-летнее использование под пашню обыкновенные и южные черноземы потеряли соответственно 24 и 26% запасов гумуса. Более длительное (более 50 лет) использование под пашню тучных черноземов при 500 мм атмосферных осадков и относительно низкой интенсивности нагрузки на запасы гумуса привело к снижению его содержания на 36%. По-видимому, при коэффициенте увлажнения ($К_{ув}$) равном 0,7 и влагонакапливающей системе землепользования периодически возникающий нисходящий поток влаги в зоне аэрации выносит наиболее подвижные соединения гумуса в подпочвенные слои зоны аэрации и далее в подземные воды. Так, по данным А.И. Климентьева и Е.В. Блохина (1996), в малодоступном для растений горизонте этих почв на глубине 0,9–1,3 м содержание гумуса колеблется в пределах от 3,7 до 5,4%. Подземные и поверхностные воды этой зоны также имеют повышенное количество азот- и углеродсодержащих соединений.

Научное агрономическое сообщество Оренбуржья во II-й половине XX века и в наступившем XXI веке интенсивно работало над повышением урожайности сельскохозяйственных культур на пахотных землях. В 60-х годах XX века была разработана и широко внедрена в практику земледелия система осенней основной обработки почв, увеличивающей на 40–60 мм запасы влаги на полях талыми водами за счет уменьшения их сток, а в последующие годы система посева озимых зерновых культур по пару. В результате подъёма зяби в области в 70-х годах в среднем на 5,5 млн. га урожайность яровых зерновых культур по данным министерства сельского хозяйства увеличилась до 10,7 ц/га с 6,6 ц/га в 1953–1960 годах при весновспашке. При переходе в 80-тых годах к посевам озимых зерновых по пару, используя зимние осадки двух лет, их урожайность увеличилась до 15,9 ц/га с 11,9 ц/га в 70-тых годах. В последующие десятилетия научное сообщество совершенствует эти системы, предлагая сравнительный анализ различных основных обработок почв и различных их глубин (Вибе, 2006; Бакиров, 2012; Тухфатуллин и Бесалиев, 2013; Бакиров и Арапова, 2013; Бакиров и Петрова, 2014; Васильев, Федюнин и Шустер, 2017; Кислов, 2002 и др.).

Проведены многолетние комплексные исследования сельскохозяйственных культур в севооборотах в сочетании с основными обработками почв в сравнении с бессменными посевами (Аникович, 1973; Бакиров, 2008; Долматов, Кислов, Раваева, Кащеев и Байтлюк, 2012; Митрофанов, 2012; Кислов, Кащеев, Диденко и Савраев, 2012; Кислов, Диденко, Кащеев и Савраев, 2013; Митрофанов и Кафтан, 2016; Максютов, Жданов и Лактионов, 2008; Максютов, Жданов и Абдрашитов, 2012 и др.). Их анализ и наши данные показали, что при раннем весеннем посеве яровой пшеницы и

других зерновых культур, который ведется после необходимого для этого периода подсыхания (поспевания) поверхности почвы продолжительностью до месяца и более с учетом весенних дождей, непродуктивно физически испаряется с полей 80–90 мм влаги. Весенний период характеризуется быстрым нарастанием температур, низкой влажностью воздуха и часто моросящими дождями, мешающими проведение весенних полевых работ.

Различные способы основной обработки почвы обусловливают разное накопление в ней влаги и соответственно разную продолжительность поспевания почвы. В результате к моменту сева ранних зерновых культур запасы влаги в ней выравниваются. По данным Ф.Г. Бакирова (2008) на вспашке, плоскорезном рыхлении, на мелкой обработке и нулевой в среднем за 14 лет (1988–2001 гг.) на учебно-опытном поле Оренбургского ГАУ к моменту сева ранних зерновых культур запасы влаги в метровом слое находились в пределах 128–132 мм с разницей по способам обработки в 5 мм, что находится в пределах точности измерения. В результате, при одинаковых запасах влаги перед севом ранних зерновых культур, способы основной обработки мало влияют на урожайность яровых зерновых культур. По исследованиям Ф.Г. Бакирова их общая средняя урожайность за 14 лет в 16 вариантах различных способов основной обработки почвы в зернопаропропашном и зернопаровом севооборотах отклонялась от средней величины в пределах от –7,6% до +11,8%. В опытах по яровой мягкой пшенице в 1988–1997 гг. отклонения были в пределах от –5,4% до +4,8% от среднего 1,23 т/га, что близко к наименьшей существенной разнице (НСР). Удлинение ряда лет исследования этих севооборотов А.В. Кисловым и др., (2009) до 20 еще больше усреднило факторы вегетационного периода, влияющие на продуктивность исследуемых яровых зерновых культур, и при равных предпосевных запасах влаги в почве, различия в урожайности соответственно уменьшились. Анализ его данных показал, что отклонения уменьшились до –5,4% и +4,2% от средней урожайности по всем исследуемым способам основной обработки почвы, равной 1,67 т/га. В периоды с малой продолжительностью (8 лет) различия в урожайности зерновых культур увеличиваются, находясь в пределах от –18,7% до +33,3% при средней урожайности по севообороту 7,5 ц/га (Долматов, Кислов, Раваева, Кащеев и Байтлюк, 2009).

Анализ опубликованных Д.В. Митрофановым (2012) данных показал, что в двух исследуемых севооборотах, основанных на весенних посевах яровых культур, следовательно, в основном при равных предпосевных запасах влаги в почве, в среднем за 2002–2010 гг. урожайность зерновых культур составила в среднем 1,13 т/га с отклонениями +/–0,05 т/га (+/–4,4%), что также свидетельствует о ведущей роли водного фактора в формировании их урожайности, а типы севооборотов мало на нее влияют. В среднем по его данным по урожайности они уступают бессменным посевам со средней урожайностью 1,34 т/га. Исследования эффективности использования почвенной влаги зерновыми культурами весеннего посева при разных способах основной

подготовки почвы представлены также в работах В.В. Каракулева, Ф.Г. Бакирова и В.Д. Вибе. (2006), В.Д. Вибе (2006) и др.

Последующий период научных исследований характеризуется в преимущественно поиском оптимальных глубин основных обработок почвы и продолжением исследований их влияния на урожайность в системе севооборотов. В работе коллектива авторов ОГАУ (Кислов, Федюнин, Васильев, Савчук, 2012) представлены материалы трехлетних исследований по влиянию предшественников на урожайность яровой пшеницы. Анализ показал, что при средней урожайности 11,2 ц/га отклонения от неё не существенны и составляют 0,8 ц/га (7%). В результате анализа полученных результатов в работах Ф.Г. Бакирова (2008), Д. В. Митрофанова (2012), А.В. Кислова, А.В. Кащеева, В.Н. Диденко и А.С. Савраева (2012), А.В. Кислова, С.А. Федюнина, И.В. Васильева и С.В. Савчук (2009) и др. напрашивается вывод, что при близких предпосевных запасах влаги в почве и соответственно при одинаковых, при территориально компактном расположении различных исследуемых севооборотов, атмосферных осадках урожайность яровой пшеницы в них мало различается и отклонения от средней находятся в основном в пределах наименьшей существенной разницы.

Большое внимание изучению почвенной влаги в весенних посевах зерновых культур уделял А.Г. Крючков с соавторами (2012, 2015, 2016) и др. В ходе комплексных исследований севооборотов и способов основной обработки почв определены оптимальные глубины рыхления почв большим рядом орудий, выявлено их влияние на урожайность основных культур весеннего посева и предложены варианты оптимальных их чередований.

Выполнено много исследований по влиянию сортов и норм высева зерновых культур на урожайность. Г.Ф. Ярцев и Р.К. Байкасенов (2014, 2014а, 2014б) в работах по испытанию различных сортов яровой пшеницы в Оренбургской области выявили лучшие сорта. Однако урожайность исследуемых сортов в 2010–2012 гг. мало отличается от средних урожайностей в среднем по области, что свидетельствует о подчиненной значимости сортов в сравнении с обеспеченностью влагой. Более высокая (14,3 ц/га) урожайность в сортоиспытании получена М. Ф. Тухфатуллиным и И. Н. Бесалиевым (2013) в 2006–2008 гг. на полях Оренбургского НИИСХ РАХН. Анализ работ по испытанию сортов и норм высева показывает различия преимуществ сортов и норм высева зависят в основном от погодных условий в период их вегетации, во влажные годы лучшими оказывается один сорт, а в засушливые – другие. Аналогичный вывод сделан в работе В.И. Титкова и Р.К. Байкасенова (2014) «Таким образом, как показали исследования, на востоке области наиболее целесообразно возделывать пшеницу сорта Оренбургская 21, который наиболее продуктивен при норме высева 4,5 млн/га. В условиях центральной зоны Оренбуржья в неблагоприятные годы предпочтение следует отдать сорту ЮВ-2 с нормой высева 4,5 млн/га, а в благоприятные – сорту Тулеевская при нормах 4,0 и 4,5 млн/га, которые способны сформировать наибольшую урожайность» (С. 20–22).

Анализ исследований систем удобрений и регуляторов роста также показал высокую зависимость их применения от обеспеченности влагой (Крючков, Елисеев и Абдрашитов, 2012; Дюбина, 2013; Митрофанов и Кафтан, 2016; Елисеев, 2016; Ряховский, Батурин, Березнев, 2008 и др.) А.Г. Крючков и В.И. Елисеев (2016) говорят, что при оптимальных количествах элементов питания в разных слоях почвы к севу урожайность яровой твёрдой пшеницы в степи оренбургского Предуралья ограничена 16-ю ц/га обеспеченностью влагой.

В исследованиях С.Г. Дюбиной (2013) роли предшественника, удобрений, биологических препаратов, регуляторов роста и фунгицидов на формирование урожая яровой пшеницы превышение более высокой урожайности по всему опыту составляет 2,9 ц/га к фону с урожайностью 9,6 ц/га. По данным Д.В. Митрофанова и Ю.В. Кафтан (2016) повышение урожайности за счет внесения удобрений по всем севооборотам в 2002–2013 гг. составило 11%, а по бессменным посевам – 9%.

В.И. Елисеев (2016) в 1991–2010 гг. исследовал влияние систематического внесения различных доз минеральных удобрений на урожайность яровой мягкой пшеницы в севооборотах. По его данным на лучшем варианте по удобрениям (N30P30K20) ее урожайность составила 16,1 ц/га, что на 27% больше контроля без удобрений. По-видимому, полученная урожайность яровой мягкой пшеницы в среднем является максимальной для уровня обеспеченности влагой в центральной части Оренбургской области в условиях ОПХ «Урожайное» Оренбургского НИИСХ в пятипольном зернопаровом севообороте. Дальнейшее увеличение доз минеральных удобрений не повышает ее урожайность в связи с ограничениями обеспеченностью влагой.

Успешно разрабатываются и широко внедряются механические и химические способы борьбы с сорной растительностью, болезнями и вредителями. Защита растений от них в основном не производит продукции растениеводства. Она лишь создает благоприятные условия для растений для ее создания, устраняя конкурентную сорную растительность и защищая от болезней, а также от уничтожения продукции вредителями. Однако сами вредители и болезни находятся в большой зависимости от погоды и влажности почв и воздуха. Эффективность средств защиты мало зависит от обеспеченности растений факторами роста, в том числе влагой, и поэтому они при обоснованном применении в основном значительно повышают урожайность сельскохозяйственных растений. Решению проблем зашиты растений посвящены работы В.П. Лухменёва (2000) В.П. Лухменёва и А.Х. Нугуманова (2007) А.П. Глинушкина (2009) и многих других. Протравливание семян повышает урожайность яровой пшеницы в среднем 20%, а наиболее эффективные препараты на 30% (Дюбина, 2013).

Большие исследования по выявлению влияния засоренности посевов на урожайность яровой пшеницы провели Ю.В. Кафтан и Д.В. Митрофанов (2016). Ряховский А.В., Батурин И.А., Березнёв А.П. в монографии (2004)

разносторонне рассмотрели проблемы применения минеральных удобрений и химических средств защиты растений в засушливых условиях Оренбуржья.

В Оренбуржье на пахотных землях большое значение имеет уменьшение непродуктивного испарения с поверхности почвы. Трехлетние исследования в этом направлении Ф.Г. Бакирова (2008) показали высокую эффективность мульчирования в весенних посевах яровой пшеницы, давшую 50% увеличения урожайности в сравнении с посевами без мульчи.

Много исследований проведено по технологиям выращивания озимых культур и роли парового поля в них. В.В. Каракулев, В.Н. Диденко и Д.В. Шустер (2012) выявляли возможности повышения эффективности парового поля за счёт подбора наиболее урожайных озимых и яровых культур по пару в оренбургском Предуралье. В.П. Лухменёв (2000), в монографии основательно рассмотрел вопросы защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков на Южном Урале. В.П. Лухменёв, Л.В. Ярмухаметова и С.В. Светачёв (2009) исследовали способы биологической защиты озимой пшеницы от вирусов и фитоплазм. Они считают, что причинами распространения вирусов зерновых и вызванных ими болезней являются интенсификация их выращивания, несоблюдение агротехники и говорят о целесообразности посева озимой пшеницы во второй половине сентября. Поздние ее посевы значительно уменьшают вероятность поражения ее болезнями.

Большая группа ученых во главе с Н.А. Максютовым (2015) исследовала снегонакопление на озимых культурах и их влияние на усвоение почвой воды из снега и зависимость урожайности озимой ржи и пшеницы от весенней подкормки и фона питания, установив эффективность весенней подкормки озимых культур от влагообеспеченности.

Группа ученых во главе с А.Г. Крючковым (2015) определила индексы экологической пластичности сортов озимой ржи по различным зонам области, что имеет большое значение для определения оптимальных сроков ее посева в зависимости от увлажнения почвы атмосферными осадками.

Озимые зерновые культуры имеют более высокую урожайность в сравнении с яровыми, особенно в засушливые годы. Их посевы обосновываются необходимостью возделывания страховых зерновых культур в эти годы. В результате в Оренбуржье по данным министерства сельского хозяйства озимыми культуры засевается до 500 тыс. га (2010 г.). Однако они возделываются по парам, с использованием двухлетних атмосферных осадков, что снижает эффективность их использования. Значительная часть паров не засевается озимыми культурами по причине отсутствия необходимых для их всходов запасов влаги в почве и понесенные на их содержание затраты в значительной части следует относить на себестоимость этих культур.

Большое значение обеспечению полевых культур влагой в условиях ее дефицита по технологиям весеннего посева яровых зерновых культур и озимых по пару придается в работе Бесалиева И.Н., Крючкова А.Г. (2012) и работе А.Г. Крючкова, В.И. Елисеева и Р.Р. Абдрашитова (2012). А.В. Кислов,

А.В. Кащеев, В.Н. Диденко и А.С. Савраев (2009) также отмечают высокую их зависимость от запасов влаги в почве.

Проведенные комплексные многолетние исследования важны для понимания влияния водного и других факторов на продуктивность различных зерновых культур и служат хорошей основой последующих исследований по повышению эффективности использования на пахотных землях растительностью всей годовой суммы атмосферных осадков. Но разработанная и широко внедренная в практику богарного сельскохозяйственного землепользования система земледелия, основанная на весенних посевах яровых культур после необходимого для них подсыхания (поспевания) почвы после таяния снега и соответствующих предпосевных ее подготовки (боронования, культивации и других приемов) не обеспечивает эффективного использования всех накопленных весенних запасов влаги в почве и в результате значительная их часть расходуется на непродуктивное физическое испарение с поверхности почвы. Оставшаяся их часть может обеспечить в среднем всходы растений и начало их развития. Дальнейшее их развитие и формирование продуктивной части зависит в основном от летних атмосферных осадков. В период вегетации ранних яровых культур в степной зоне Оренбуржья их выпадает в среднем 100–110 мм, которые и обеспечивают среднюю многолетнюю урожайность яровых зерновых культур 8–10 ц/га. Применяемая система богарного земледелия мало ориентирована на эффективное использование атмосферных осадков, обеспечивая лишь 30–40% их использования яровыми зерновыми культурами, что стало основной причиной отсутствия роста средней их урожайности в Оренбуржье в последние десятилетия. Нет значительного повышения урожайности зерновых культур и на полях в исследованиях, проводимых по привычному сложившемуся стереотипу в рамках действующей системы земледелия, ориентированной на весенний посев яровых культур и озимых по пару, в основном без анализа эффективности использования водных ресурсов, их баланса с учетом осенне-зимних атмосферных осадков. Сложилась объективная необходимость в разработке системы земледелия, основанной на эффективности использования растениями всей годовой суммы атмосферных осадков.

Значительное (в полтора-два раза) увеличение урожайности зерновых культур в регионе возможно на основе более эффективного использования ими всей годовой суммы атмосферных осадков, максимально накопленных в почве и подстилающих ее грунтах после таяния снега. Для этого сотрудники отдел геоэкологии Оренбургского научного центра РАН на основе фундаментальных и прикладных исследований компонентов природы степного Южного Урала и биологических свойств сельскохозяйственных культур (Нестеренко, 2006, 2018; Бакиров, 2008; Халин, Бакиров, Нестеренко, 2019) предлагают систему земледелия с возможностью использования всей годовой суммы атмосферных осадков, посевом ряда зерновых культур поздней осенью и в начале зимы в замерзающую и мерзлую почву до установления снежного покрова высотой более 10 см. В трехлетних опытах подзимнего посева яровой пшеницы нами

выявлены хорошая ее всхожесть и последующее развитие. Прорастание семян, всходы и кущение растений хорошо обеспечены влагой и имеют благоприятные температурные условия мая, обеспечив в острозасушливом 2018 г. урожайность зерна 13–15 ц/га, а в благоприятном по осадкам 2017 г. 35 ц/га, что в 1,5–2 раза больше, чем на соседних полях весеннего посева.

Подзимние посевы ранних яровых зерновых и других культур обусловливают необходимость пересмотра сложившейся системы основной подготовки почвы, системы удобрений, борьбы с сорной растительностью и болезнями. Необходимо также выявить роль предшественников культур подзимнего посева, оптимальные глубины заделки семян и исследовать ряд других технологических процессов, обеспечивающих эффективное использование атмосферных осадков и почвы. Требуется также подбор и испытание сельскохозяйственных орудий, способных работать в осенне-зимних условиях и удовлетворять требования растений к качеству их работы.

Научное решение требуется по повышению эффективности использования атмосферных осадков озимыми зерновыми культурами, превышающих по средней урожайности зерновые культуры весеннего посева лишь на 5–6 ц/га при использовании двухлетних атмосферных осадков и часто невозможностью их посева в связи с отсутствием необходимой влажности почвы в период сева в августе-сентябре. Нами предлагается исследовать смещение посева озимых зерновых культур к периоду осенних дождей по стерне с разреженным щелеванием для инфильтрации талых вод, учитывая месячные прогнозы погоды, сделав их полуозимыми без паров. При неблагоприятном прогнозе погоды переходить на подзимние посевы яровых культур. Нуждается в фундаментальном научном решении проблема повышения эффективности возделывания зерновых культур на востоке Оренбуржья.

Предлагаемая нами комплексная система земледелия, основанная на эффективном использовании годовой суммы атмосферных осадков и состоящая из посевов полуозимых культур по стерне с предварительным разреженном щелевании для инфильтрации талых вод, подзимним посевом зерновых культур и весенним завершением посевной компании сельскохозяйственного года в благоприятные сроки, в связи с уменьшением оставшихся посевных площадей, обеспечит существенное повышение урожайности сельскохозяйственных культур на пахотных землях. Ведение сельскохозяйственного землепользования на основе эффективного использования атмосферных осадков уменьшит уровень рискованности земледелия в вододефицитном степном Южном Урале.

Значительное повышение урожайности сельскохозяйственных культур в регионе на основе эффективного использования атмосферных осадков требует комплексного исследования процессов, идущих в почвах, водных ресурсах и растениях на полях при различных технологиях, выявления возможностей управления ими и разработке научно обоснованных технологий их возделывания. В Оренбуржье исследования по производству продукции растениеводства ведутся разрознено, мало ориентированные на эффективное

использование водных ресурсов, и нет системы их внедрения в производство. Необходимо глубокое единение природы и интересов человека на принципах симбиоза, широко распространенного в природных системах с высокоэффективным, экологически безопасным природопользованием, обеспечивающее развитие природы с участием человека и с учетом его интересов.

Таким образом, изложенные материалы позволяют сделать следующие выводы:

1. Природная водообеспеченность почв является зонально-территориальным фактором. В засушливых и сухих зонах имеются территории и участки земной поверхности избыточно увлажненные (возле водоемов и водотоков, в замкнутых понижениях) а также недостаточно увлажненные и мало водообеспеченные (водоразделы, выпуклые части склонов). Неравномерность влагообеспеченности вододефицитных зон обусловливает разнообразие и пестроту их почв и биогеоценозов.

2. В естественных сухих степях значительную водорегулирующую роль играет дернина многолетних злаков, обеспечивающая относительно высокую инфильтрацию талых и ливневых вод и уменьшение испарения влаги с поверхности почвы. При интенсивной антропогенной нагрузке на степь происходит уменьшение мощности дернины или ее уничтожение, что приводит к снижению инфильтрации воды в почву, увеличению поверхностного стока и, соответственно, к уменьшению водообеспеченности биогеоценозов и по этой причине к уменьшению продуктивности степи и ее деградации; Распашка сухой степи Южного Урала изменила водный и температурный режимы почв и подстилающих их грунтов. При распашке выбитой целины и при зяблевой системе подготовки почвы на пахотно пригодных землях создаются соответствующие благоприятные условия для повышения водообеспеченности почвообразовательного процесса и выращивания растений. Распашка не выбитой целины не ведет к улучшению водного режима почв и грунтов, так как коэффициент фильтрации тяжелосуглинистых южных черноземов Предуралья на не выбитой целине составляет 1,8 мм/мин, а на выбитой 0,8 мм/мин. Распашка выбитой целины увеличивает скорость инфильтрации до 1,7 мм/мин.

3. В связи с большей засушливостью климата степной зоны Южного Урала темпы снижения плодородия его пахотных земель значительно выше, чем в степях ЦЧО, юга России и в Украине. По мере снижения водообеспеченности от северных к южным районам Южно-Уральского региона также наблюдается возрастание потерь гумуса относительно общего его содержания. Типичные черноземы теряют в год в среднем 0,6% содержащегося в них гумуса, южные черноземы – 1,7% и темно-каштановые почвы – 2%.

4. В условиях большого дефицита влаги вековые запасы гумуса, обеспечивая развитие качественной структуры почв, улучшают водно-физические свойства почв и повышают эффективность использования

атмосферных осадков. Поэтому система земледелия в степях должна строиться на компенсационной основе без истощения запасов гумуса.

5. В сухой степи влага является важнейшим фактором, определяющим уровень урожайности сельскохозяйственных культур и создания биомассы естественной растительностью. Коэффициент корреляции между урожайностью яровой пшеницы и атмосферными осадками r=0,8. Это обусловливает необходимость повышения эффективности использования всей годовой суммы атмосферных осадков. Среднемноголетний их расход на центнер зерна в хозяйствах Оренбургской области составляет 290 $м^3$, тогда как в опытных хозяйствах НИИ 176 $м^3$. Анализ годового водного баланса пахотных земель выявляет реальную возможность уменьшения его до 100–130 $м^3$.

6. Наибольшая нагрузка на гумус почвы наблюдается в острозасушливой степи на южных черноземах. В расчете на тонну гумуса на них производится в среднем 0,072 ц к.е. на пахотных землях и 0,038 ц к.е. на не выбитой целине. На тучных черноземах на тонну гумуса производится в 2 раза меньше продукции на пахотных землях и в 1,5 раза меньше на не выбитой целине. По этой причине темпы деградации почв острозасушливой подзоны значительно выше, чем в северной степи.

7. Основой сельскохозяйственного землепользования в условиях вододефицитного Южного Урала должны быть влагонакапливающие и эффективно использующие всю годовую сумму атмосферных осадков системы, обеспечивающие сохранение их плодородия и с учетом возможных изменений в поверхностном и подземном стоке вод, которые могут негативно повлиять на речной сток.

8. Применяемая система богарного земледелия мало ориентирована на эффективное использование атмосферных осадков, обеспечивая лишь 30–40% их использования яровыми зерновыми культурами, что стало основной причиной отсутствия роста средней урожайности в Оренбуржье в последние десятилетия. Нет значительного повышения урожайности зерновых культур и на полях в исследованиях, проводимых по привычному сложившемуся стереотипу в рамках действующей системы земледелия, ориентированной на весенний посев яровых культур и озимых по пару, в основном без анализа эффективности использования водных ресурсов, их баланса с учетом осенне-зимних атмосферных осадков.

9. Сложилась объективная необходимость в разработке системы земледелия, основанной на эффективности использования растениями всей годовой суммы атмосферных осадков. Значительное увеличение урожайности зерновых культур в регионе возможно на основе более эффективного использования всей годовой суммы атмосферных осадков, максимально накопленных в почве и подстилающих ее грунтах после таяния снега.

3.3. Развитие и использование почвы*

Производственный цикл сельскохозяйственного сектора основывается на первичной продукции, полученной при эксплуатации почвенных ресурсов. В результате почва оказывается под воздействием новых факторов и изменяется. Целью агротехнологий является обеспечение высокой продуктивности агроценозов и развитие природных ресурсов. Плодородие и урожайность почвы должны возрастать. Применяемые агротехнологии учитывают многие, но проявляется множество земельно-деградационных процессов, из-за несоответствия применяемых технологий основам естественного формирования почв. Поэтому исследование естественных процессов формирования почв и понимания причин их изменения в агроэкосистемах необходимо для корректировки технологических процессов с целью обеспечения повышения продуктивности и сохранения почвенного покрова, как основы сельскохозяйственного производства.

Территория Южного Урала разнообразна в геоморфологическом, геологическом, палеогеографическом отношении. Сочетание факторов, в пределах степной зоны с характерным климатом, обусловило формирование сложного почвенно-растительного покрова. Проведение двух туров крупномасштабных почвенных исследований с 1960 по 2011 годы позволило выявить на территории области 1807 почвенных разностей систематизированных согласно классификации и диагностике почв СССР (1977).

Почвенный покров в пределах рассматриваемой части Южного Урала представлен в основном черноземами и каштановыми почвами. Незначительная часть территории занята темно-серыми лесными почвами, развитыми под лесными массивами. С севера на юг последовательно расположены почвенные подзоны черноземов: выщелоченные и типичные, обыкновенные, южные, а также темно-каштановые почвы. Они располагаются в соответствии с изменением биоклиматических условий почвообразования (рис. 3.3). Выходы горных пород, каменистых осыпей и песков предопределили образование неполноразвитых почв и непочвенных образований. Большое распространение среди черноземов южных и темно-каштановых почв получили солонцы и их комплексы с солонцово-солончаковыми зональными почвами. В пределах воздействия речной сети формируются дерновые, аллювиальные и лугово-черноземные почвы. Встречаются луговые солонцы и солончаки, лугово-болотные почвы.

Кроме биоклиматической зональности, территорию Южного Урала разделяют с запада на восток на Предуралье, Центральную горную зону и Зауралье (гл. 1.2.1, рис. 1.2) с нарастанием континентальности климата. Почвенный покров в пределах этих территориальных зон также имеет свои отличительные особенности.

---

* *Автор: Д. Г. Поляков*

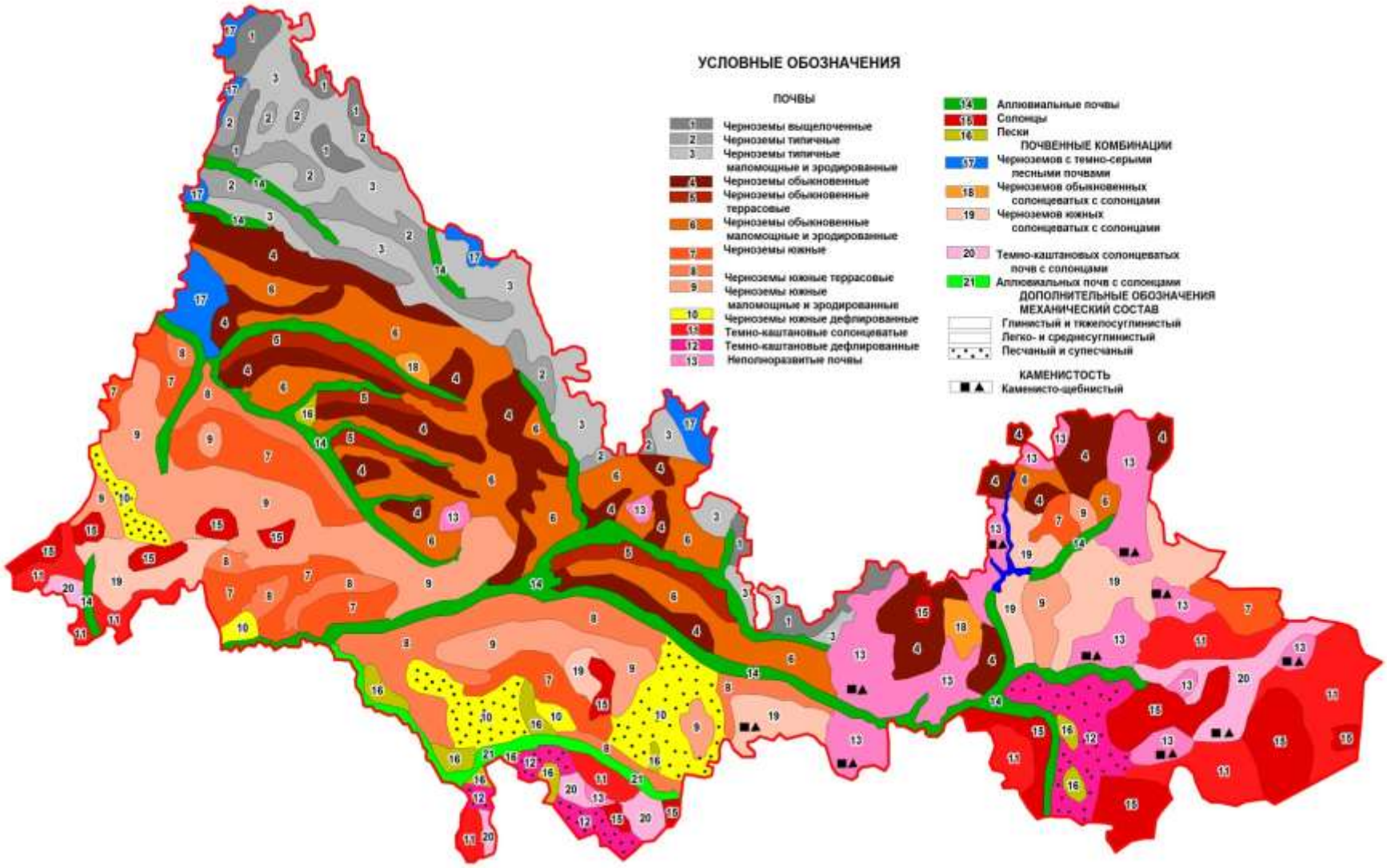


Рис. 3.3. Карта-схема почвенного покрова Южного Урала в пределах Оренбургской области (А.И. Климентьев, 2001)

Западная часть находится в условиях более влажного климата, в котором хорошо развивается травянистый покров, представленный разнотравно-злаковыми ассоциациями. Это определяет высокую интенсивность дернового почвообразовательного процесса. Здесь происходит формирование мощной дернины и более глубоких и гумусированных гумусоаккумулятивных горизонтов. Всхолмленный характер рельефа определяет развитие большой доли эродированных почв особенно в пределах Бугульминско-Белебеевской возвышенности и Общего сырта (Климентьев, 1997).

Отмечается наличие реликтового криогенного микрорельефа сформировавшегося вследствие криогенных условий позднего плейстоцена (Рябуха, 2016). Он оказывает существенное влияние на генезис и функционирование почвенного покрова, а также развитие эрозионных процессов (Алифанов, Гугалинская, Овчинников, 2010).

Палеокриогенные факторы имеют большое научное и практическое значение в теории почвообразования, в вопросах функционирования и использования современного почвенного покрова на Южном Урале.

Почвообразующими породами в Предуралье являются продукты переотложения (делювий и аллювий) верхней перми, триаса и мела в основном тяжелого гранулометрического состава, и в меньшей степени собственно их элювий с высокой долей щебенчато-каменистой фракции (Блохин, 1997).

Центральная горная зона Южного Урала характеризуется складчатым строением и сочетанием хребтов и плато с глубоко врезанными речными долинами. Здесь высока контрастность почвообразующих пород по составу и генезису и большая доля элювиальных и коллювиальных отложений, что предопределяет значительное развитие в составе почвенного покрова маломощных, эродированных и щебенчато-каменистых почв с низкой продуктивностью.

Восточная часть, включающая Зауральский пенеплен, характеризуется выровненным рельефом с неглубокими оврагами и останцами. Отличительной особенностью Зауралья является наличие древней коры выветривания, окаймляющей в основном выходы массивно-кристаллических пород останцев и сопок. Равнины и межсопочные пространства заняты четвертичными желто-бурыми карбонатными отложениями преимущественно глинистого гранулометрического состава. Породы легкого гранулометрического состава приурочены в главном образом к гранитным массивам и древнеаллювиальным отложениям рек.

В результате в почвенном покрове Зауралья меньше почв подверженных водной эрозии, но больше дефлированных и щебенчато-каменистых почв.

Ослабление биоклиматического фактора почвообразования приводит к проявлению роли литогенной основы в почвообразовании. Это отражается на снижении запасов гумуса в аналогичных подтипах, карбонатности, комплексности почвенного покрова с разнообразными по засолению и солонцеватости разностями.

Влияние усиления континентальности климата с запада на восток на почвообразование можно рассмотреть на примере сравнения разрезов почв одной и той же почвенно-климатической подзоны, развитых в идентичных ландшафтных условиях Южного Урала. Для характеристики западной части Южного Урала взят Граческий район, центральной части – Гайский район и восточной – Кваркенский район. В качестве объекта исследования выбран чернозем обыкновенный, сформировавшийся под естественной степной растительностью на участках с уклоном до 1° с карбонатными легкоглинистыми почвообразующими породами.

Разрез 42Р1–2005. Расположен в границах Петрохерсонецкого сельсовета Грачевского района в 4 км с-в с. Урицкое. Растительность разнотравно-ковыльная.

Почва: Чернозем обыкновенный карбонатный среднегумусный маломощный среднеглинистый.

Вскипание от действия 10% соляной кислоты с поверхности. Скопления карбонатов в виде прожилок наблюдаются с 43 см, белоглазки с 92 см. Глубина залегания грунтовых вод более 25 м.

$A_д$	0–5 см	Сухой, темно-серый, много корней.
A	5–17 см	Сухой, темно-серый, среднеглинистый, мелкокомковато-зернистый, рыхлый, много корней, переход по цвету постепенный.
AB	17–35 см	Сухой, темно-серый буроватый, среднеглинистый, комковато-зернистый, от рыхлого до уплотненного, корни, затечная, переход постепенный по цвету.
B	35–62 см	Сухой, темно бурый неоднородный, тяжелоглинистый, комковато-мелкоореховатый, уплотненный, единичные корни, карбонатные прожилки, переход постепенный по цвету.
BC	62–102 см	Сухой, неоднородный красно бурый с затеками гумуса, тяжелоглинистый, ореховато-крупноореховатый, от уплотненного до плотного, карбонатные прожилки, переход постепенный по цвету.
C	102–137 см	Сухой, красно-бурый, тяжелоглинистый, бесструктурный, плотный, журавчики.

Разрез 58Р1–2008, расположен в границах Колпакского сельсовета Гайского района в 10 км ю-з с. Колпакское. Растительность ковыльно-полынковая.

Почва: Чернозем обыкновенный карбонатный глубокосолончаковатый среднезасоленный слабогумусированный маломощный легкоглинистый.

Вскипание от действия 10% соляной кислоты с поверхности сильное. Выделение карбонатов в виде пропитки с 58 см, белоглазки с 86. Глубина залегания грунтовых вод более 25 м.

$А_д$	0–4 см	Средняя, связанная, плотная.
А	4–19 см	Сухой, темно-серый, легкоглинистый, комковато-пороховатый, уплотнён, большое количество корней, переход постепенный.
АВ	19–33 см	Сухой, буровато-темно-серый, легкоглинистый, комковато-пороховато-зернистый, уплотнён, корни растений, переход постепенный.
В	33–51 см	Сухой, неоднородный, тёмно-бурый, среднеглинистый, комковато-ореховатый, корни, плотный, переход заметный.
ВС	51–111 см	Сухой, неоднородный, жёлто-бурый с потеками гумуса, среднеглинистый, комковатый, плотный, единичные корни, переход постепенный.
С	111–150 см	Свежий, жёлто-бурый, среднеглинистый, бесструктурный, уплотнён.

Разрез 21Р1–2008, расположен в границах Новооренбургского сельсовета Кваркенского района в 12,5 км ю-з с. Новооренбург. Растительность: разнотравно-ковыльная.

Почва: чернозем обыкновенный карбонатный глубокосолончаковатый слабозасоленный малогумусный маломощный легкоглинистый на делювиальных карбонатных желто-бурых глинах.

Вскипание наблюдается с 19 см, видимые скопления карбонатов в виде прожилок с 55 см. Глубина залегания грунтовых вод более 25 м.

$А_д$	0–4 см	Сухой, рыхлый.
А	4–21 см	Сухой, тёмно-серый, легкоглинистый, комковато-крупнокомковато-зернистый, уплотнен, корни растений, переход постепенный по цвету.
АВ	21–36 см	Сухой, буровато-тёмно-серый, легкоглинистый, комковато-зернистый, уплотнен, корни растений, переход постепенный по цвету.
В	36–64 см	Сухой, тёмно-бурый, среднеглинистый, комковато-ореховатый, плотный, корней мало, карбонаты, переход постепенный.
ВС	64–91 см	Свежий, желто-бурый с тёмно-бурыми затекам, среднеглинистый, ореховатый, плотный, переход постепенный.
С	91–120 см	Свежий, желто-бурый, тяжелоглинистый, бесструктурный, плотный.

Сравнительная их характеристика представлена в табл. 3.3

При усилении континентальности климата происходит снижение интенсивности гумусообразования, выраженное в снижении содержания гумуса в горизонте А и глубины его гумификации. В черноземах обыкновенных центральной и особенно восточной части Южного Урала по этой же причине наблюдается увеличение содержания поглощенного натрия в почвенно-поглощающем комплексе (ППК) в горизонте АВ и легкорастворимых солей в почвообразующей породе.

Таблица 3.3. **Свойства черноземов обыкновенных Южного Урала при усилении континентальности климата с запада на восток**

Местоположение	Содержание гумуса в гор. А,%	$C_{гк}/C_{фк}$* гор. А	Максимальное содержание легкорастворимых солей			Na в ППК АВ,%
			горизонт	глубина, см	%	
Западная часть (Грачевский район)	6,7	2,1	ВС	70–80	0,089	0,9
Центральная часть (Гайский район)	5,3	1,5	С	110–120	0,134	2,6
Восточная часть (Кваркенский район)	4,8		С	125–135	0,268	1,7

*$C_{гк}/C_{фк}$ – соотношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот.

Трансформация почвенного покрова сельскохозяйственных угодий. Высокое естественное плодородие почв Южного Урала послужило одной из причин высокой доли распашки территории (табл. 3.4). Зональные почвы практически полностью распаханы. Не распаханными остались только низкопродуктивные или неудобные участки. Например, относительно низкий уровень черноземов выщелоченных в пашне объясняется их развитием под лесными массивами относящимися к Гослесфонду, а темно-каштановых почв – их засоленностью и солонцеватостью. Это определяет наличие больших сложностей при выборе почвенного эталона для характеристики целинного почвообразования.

Антропогенная нагрузка на составляющие элементы ландшафта и в первую очередь на земельные ресурсы, нарушила естественно сложившееся развитие природы Южного Урала. Проведенные Оренбургским филиалом института Волгогипрозем (и его правопреемниками), работы по мониторингу земель Оренбургской области и почвенному обследованию земель сельскохозяйственного назначения показали, что на пашне усиливаются процессы водной и ветровой эрозии, отмечаются процессы дегумификации, ухудшения структурно-агрегатного состава (атлас мониторинга почв), что подтверждается также в работах Н.И. Прихожай (2004), А.П. Трубина (2005),

М.А. Коваль (2006), А.М. Русанова и Л.В.Аниловой (2009), Д.Г. Полякова (2010), О.А. Саблина (2011), В.М. Кононова и Н.Д. Кононовой (2016).

Таблица 3.4. **Состав почвенного покрова Оренбургской области по данным ООО НПП «ГИПРОЗЕМ» (по состоянию на 2010 г.)**

Почвы	Общая площадь		В том числе, %			
	тыс. га	%	пашня	сенокосы	пастбища	прочие
Серые лесные	50,9	0,4	-	-	-	-
Черноземы:						
выщелоченные	279,5	2,3	66,5	3,1	8,8	21,6
типичные	634,9	5,1	77,5	2,3	15,8	4,7
обыкновенные	2678,2	21,6	73,5	3,9	18,9	3,7
южные	2808,2	22,8	69,4	3,4	23,5	3,7
Темно-каштановые	530,4	4,3	62,4	6,9	27,3	3,4
Неполноразвитые	633,0	5,1	2,6	2,3	84,7	10,4
Солонцеватые и засоленные	2413,6	19,5	16,1	3,4	70,5	6,9
Аллювиальные	733,7	5,9	15,6	30,4	38,7	15,3
Овражно-балочный комплекс	211,8	1,7	3,1	9,9	48,1	38,9
Пески	99,3	0,8	3,9	13,7	39,7	42,7
Выходы горных пород	34,1	0,2	-	-	-	100,0
Прочие	1262,6	10,3	-	-	-	100,0
Всего по области	12370,2	100,0				

Комплекс природных условий и распашка способствует проявлению эрозии. Опасными по водной эрозии признаны 78% почв от общей площади сельскохозяйственных угодий, по дефляции – 32%. Анализ развития эрозионных процессов по почвенно-климатическим подзонам позволяет сделать вывод, что наиболее подверженными водной эрозии являются чернозёмы выщелоченные и типичные, при снижении общего увлажнения по природным климатическим зонам и выполаживании рельефа ее воздействие постепенно уменьшается и увеличивается влияние дефляции. Доля земель подверженных водной эрозии в почвенно-климатических подзонах Южного Урала значительно больше, чем дефлированных (табл. 3.5).

К сожалению, по материалам почвенного обследования невозможно точно оценить масштабы дефляции, где она определялась гранулометрическим составом, а не фактическими потерями. В связи с этим вопрос дефляции и ее роли в деградации почв требует отдельного исследования для понимания ее масштабов и коррекции систем земледелия.

Таблица 3.5. **Площадь эродированных и эрозионно-опасных земель Оренбургской области по данным почвенного обследования, проведенного в период с 1980 по 2010 годы, тыс. га (данные ООО НПП «ГИПРОЗЕМ», 2010 г.)**

Почвенно-климатическая подзона	Водная эрозия				Дефляция				Эродированные совместно
	всего	в том числе			всего	в том числе			
		эрозионно-опасные	эродированные, из них			дефляционно-опасные	дефлированные, из них		
			слабо	средне и сильно			слабо	средне и сильно	
Черноземы выщелоченные и типичные	901,4	142,0	378,0	381,4	125,1	122,8	1,8	0,5	14,6
Черноземы обыкновенные	3067,1	1345,1	779,3	942,7	934,0	750,0	107,0	77,0	227,1
Черноземы южные	2590,2	1511,3	603,8	475,1	1199,1	990,0	107,2	101,9	103,1
Темно-каштановые почвы	1731,9	1310,6	210,9	210,4	1056,1	833,2	100,3	122,6	31,6
По всем почвенным подзонам	8290,6	4309,0	1972,0	2009,6	3314,3	2696,0	316,3	302,0	376,4

Каждый вид сельскохозяйственных угодий характеризуется целевым назначением, которое определяет характер использования земельных ресурсов и степень антропогенного воздействия. По нарастанию интенсивности использования и воздействия сельскохозяйственные угодья располагаются в ряду сенокос-пастбище-пашня.

Сенокосное использование в меньшей степени изменяет условия почвообразования, однако оно может определить развитие вторичной сукцессии заключающейся в снижении доли злаков в биоценозах.

Основная опасность чрезмерного пастбищного использования заключается во влиянии на состав биоценозов и снижении проективного покрытия. Показано, что пастбищное использование приводит к уплотнению почв и снижению их водопроницаемости. Изменение видового состава растительности пастбищ не сопровождается выраженной дегумификацией почв и морфологическими изменениями. Поэтому черноземы пастбищных экосистем обладают более высокой устойчивостью, чем на пашне (Русанов, 2015).

Ю.М. Нестеренко (2006) рассчитал, что допустимая скотоводческая нагрузка на пастбища в лесостепной зоне Южного Урала составляет 9 голов на км^2, в степной, с черноземами обыкновенными – 6 гол./км^2, южным – 3 гол./км^2 и темно-каштановыми почвами – 2 гол./км^2. Фактическая нагрузка превысила допустимую в расчете, как на площадь естественных кормовых угодий, так и на общую площадь водосбора в двух бассейнах рек уже к 1936 году, на всей территории к 1960 году.

Использование почв в пашне подразумевает целенаправленное выведение сложившейся системы из равновесия, для придания ей свойств благоприятных культурным растениям, имеющим отличающиеся экологические требования от дикорастущих степных. Сразу после освоения целины пахотные почвы имеют благоприятные свойства, что обусловливает высокие урожаи. Продолжительное пахотное использование почти повсеместно приводит к уплотнению почвы, образованию плужной подошвы, дегумификации и деградации почвенной структуры, что не соответствует экологическим требованиям культурных растений и приводит к снижению урожайности.

Основным индикатором изменения условий черноземообразования является их гумусное состояние. Оно во многом определяет их генетический, экологический и производственный статус. Агрочерноземы при сравнении с целинными характеризуются понижением содержания гумуса в основном в связи со снижением количества поступающей биомассы его минерализацией и выделением продуктов его «сгорания» в атмосферу. Исследования А.М. Русанова и Л.В. Аниловой (2009) выявили почти 10-кратное уменьшение поступления растительной биомассы в пахотные почвы степного Предуралья в сравнении с целинными. Несомненно, что недостаток поступления органического вещества и является основным фактором снижения содержания гумуса в условиях отсутствия эрозии.

На склоновых агроландшафтах снижение запасов гумуса определяется в основном эрозионными потерями, приводящими к смыву почвы и перераспределению по пути к постоянным водотокам, до которых доходит только 10% смытой почвенной массы (Евдокимова, Быстрицкая, Васильевская и др., 1976; Маккавеев, 1955).

Для определения динамики гумусного состояния подтипов черноземов исследуемого региона выбрано два модельных района. Для характеристики подтипов выщелоченных, типичных и обыкновенных выбран Тюльганский район, черноземов обыкновенных и южных – Новосергиевский район.

Тюльганский район расположен на севере центральной части области. Район занимает 1,9 тыс. км^2. По рельефу район разделяется на холмисто-низкогорную часть с черноземами, выщелоченными и типичными и равнинно-увалистую с черноземами типичными и обыкновенными. Базис эрозии – 250–300 м, глубина врезания рек от 100 до 150 м, коэффициент расчленения 1,28–1,68 км/км^2. Годовая сумма осадков в основном колеблется 450–500 мм с коэффициентом увлажнения 0,68–0,73 (см. гл. 1 рис. 1.3, гл. 2 рис. 2.3).

Новосергиевский район находится в центральной части Оренбургского Предуралья в пределах Общего Сырта. Площадь района составляет 4,5 тыс. км^2. Базис эрозии – 60–160 м, глубина врезания рек до 150 м, коэффициент расчленения 0,6–1,3 км/км^2. Годовая сумма осадков колеблется в основном от 350–400 мм с коэффициентом увлажнения 0,5–0,55. На северном макросклоне Общего Сырта сформировались черноземы обыкновенные, на противоположном – черноземы южные. За период между обследованиями в пределах данных районов применялась зональная система земледелия, основанная на отвальной вспашке, зерно-паровых севооборотах и применении необходимых доз минеральных удобрений.

Динамика средневзвешенных мощностей горизонтов А, АВ и В и содержания в них гумуса показала, что на момент первого тура (1965–1970 г.) исследуемые черноземы имели значительные запасы гумуса (табл. 3.6). К моменту второго тура, через 15 лет, снизились мощности горизонтов, содержание и запасы в них гумуса.

За рассматриваемый период в ряду чернозем выщелоченный – типичный – обыкновенный мощность горизонтов А+АВ снизилась соответственно на 10, 9 и 6 см. В черноземах южных снижение мощности гумусового горизонта не отмечено. Запасы гумуса в подтиповом ряду уменьшились на 101,6 т/га, 92,8 т/га, 30,8–53,3 и 41,7 т/га, то есть в пределах от 8 до 21% от первоначального. Разница потерь гумуса в черноземах обыкновенных Новосергиевского и Тюльганского районов связана с тем, что в пределах последнего происходит более активное перераспределение гумуса в нижележащие горизонты, чего не отмечается в пределах Общего Сырта.

Таблица 3.6. **Динамика показателей гумусного состояния черноземов Предуралья по материалам 2 туров почвенного обследования**

Подтип черноземов	Нижняя граница горизонта, см			Содержание гумуса, %			Запас гумуса, т/га			
	А (Ап)	АВ	В	А (Ап)	АВ	В	А (Ап)	АВ	В	Всего
I тур (1965–1970 гг.)										
Выщелоченный (Тюльганский район)	28	47	67	7,9	6	3,4	250,0	139,1	93,2	482,3
Типичный (Тюльганский район)	27	42	57	8,1	6,3	3,8	244,9	114,3	77,0	436,2
Обыкновенный (Тюльганский район)	26	39	57	7,2	4,3	2,9	217,2	73,8	73,6	364,6
Обыкновенный (Новосергиевский район)	25	32	64	5,4	4,1	2,2	168,8	38,2	102,8	309,8
Южный (Новосергиевский район)	23	31	62	3,8	3	2,1	118,0	33,6	95,0	246,6
II тур (1980–1985 гг.)										
Выщелоченный (Тюльганский район)	26	37	55	7,3	5,8	3,3	220,2	78,5	82,0	380,7
Типичный (Тюльганский район)	26	33	50	7	5,4	3,6	212,9	47,3	83,2	343,4
Обыкновенный (Тюльганский район)	26	33	53	6,5	5	3,1	202,8	44,8	86,2	333,8
Обыкновенный (Новосергиевский район)	27	32	57	4,5	3,7	2	158,0	25,0	73,5	256,5
Южный (Новосергиевский район)	23	31	49	3,6	3,1	2,2	112,6	34,5	57,8	204,9
Разница II-I										
Выщелоченный (Тюльганский район)	–2	–10	–12	–0,6	–0,2	–0,1	–29,8	–60,6	–11,2	–101,6
Типичный (Тюльганский район)	–1	–9	–7	–1,1	–0,9	–0,2	–32	–67	6,2	–92,8
Обыкновенный (Тюльганский район)	0	–6	–4	–0,7	0,7	0,2	–14,4	–29	12,6	–30,8
Обыкновенный (Новосергиевский район)	2	0	–7	–0,9	–0,4	–0,2	–10,8	–13,2	–29,3	–53,3 – 20,8%
Южный (Новосергиевский район)	0	0	–13	–0,2	0,1	0,1	–5,4	0,9	–37,2	–41,7 – 20,4%

В ряду чернозем выщелоченный – типичный – обыкновенный – южный отмечается уменьшение темпов сокращения гумусового горизонта и гумусированной толщи (А+АВ+В). Мощность переходного горизонта наиболее быстро сокращается в черноземах выщелоченных и южных, в связи с их ландшафтным расположением.

Площадь черноземов выщелоченных, типичных и обыкновенных в пределах Тюльганского района составляет соответственно 29,7, 28,6 и 69,1 тыс. га.

За период с 1965 по 1985 годы общие потери гумуса по этим подтипам черноземов в районе составляют 3,0, 2,7 и 2,1 млн. тонн, всего 7,8 млн. тонн. С учетом теплотворной способности гумуса всех типов почв, условно принятой в 4000 кал/г, общие потери энергии, заключенной в гумусе в пределах района составляют $1*10^{14}$ Дж., что в два раза больше выделенной энергии при взрыве атомной бомбы Малыш сброшенной американцами на японский город Хиросима. В пределах Новосергиевского района общие потери гумуса составляют 16,0 млн. тонн или $2*10^{17}$Дж. Такие энергетические потери существенно отражаются на экологическом состоянии ландшафтов.

Изменение почв в процессе сельскохозяйственного использования неоспоримо, что следует из данных по изменению показателей гумусного состояния. Это приводит к переходу площадей одних таксономических единиц чернозема в другие, и вызывает трансформацию состава почвенного покрова земель сельскохозяйственного назначения (табл. 3.7).

Основными процессами, обусловливающими динамику состава почвенного покрова, является деструктивные процессы: дегумификация, карбонатизация и эрозия, которые определяют развитие пространственной деградации и как результат – изменение структуры почвенного покрова почв земель сельскохозяйственного назначения.

Дегумификация почвенного покрова проявляется в снижении доли рода среднегумусных черноземов и увеличении малогумусных и слабогумусированных в черноземах типичных и особенно обыкновенных и южных. В черноземах выщелоченных наблюдается увеличение площадей высокогумусных таксонов на фоне резкого сокращения ареалов среднемощных почв, что может свидетельствовать о изначально высоком плодородии и большей устойчивости указанного подтипа к пахотному использованию, на фоне подверженности водной эрозии.

По всем подтипам отмечается снижение доли среднемощных черноземов, особенно в пределах Тюльганского района. Сокращение ареалов среднемощных черноземов, наряду со снижением мощности гумусового горизонта и даже переходного является четким свидетельством активно протекающих эрозионных процессов. К моменту второго тура установлено увеличение доли эродированных черноземов в основном за счет увеличения ареалов среднесмытых почв, что подтверждается снижением мощности гумусового горизонта.

В подтипе черноземов обыкновенных Тюльганского района доля карбонатных черноземов увеличивается в два раза с 12,8% до 25,9%. В Новосергиевском их доля увеличивается в 9 раз. Причиной с одной стороны является эрозия, смывающая верхнюю бескарбонатную часть почвенного профиля. С другой стороны, возможны процессы миграции свободных карбонатов в пахотных черноземах в условиях выровненных водораздельных ландшафтов вследствие изменения водного режима (Афанасьева, 1966; Поляков, 2010; Новых, Чендев, 2014).

Таблица 3.7. **Соотношение классификационных единиц черноземов Предуралья по турам почвенного обследования 1965–1985 годы, %**

Район	Подтип	Тур	Роды и виды черноземов:									
			карбонатный	тучный	среднегумусный	малогумусный	слабогумусированный	среднемощный	маломощный	слабосмытый	среднесмытый	сильносмытый
Тюльганский	Чернозем выщелоченный	I	нет	3,2	80	13,8	1,9	74,7	24,2	36,4	7,7	1,1
		II	нет	4,0	85,4	8,6	1,5	36,8	62,7	41,3	9,6	0,5
	Черноем типичный	I	20,9	4,9	73,9	9,6	нет	63,4	24,9	36,0	9,6	11,7
		II	17,7	нет	65,2	27,6	0,9	24,7	68,9	35,7	22,0	6,3
	Чернозем обыкновенный	I	12,8	1,2	68,4	25,3	нет	54,5	40,3	50,4	15,8	5,2
		II	25,9	нет	53,5	29,6	11,6	16,4	78,3	40,9	22,1	5,3
Новосергиевский	Чернозем обыкновенный	I	3,5	нет	27	36,5	23,6	8,2	78,9	15,6	3,4	12,9
		II	31,8	нет	10,9	47,0	39,6	2,9	94,6	21,4	4,7	2,5
	Чернозем южный	I	11,7	нет	0,5	37,1	53,8	3,0	88,4	36,1	11,6	8,7
		II	42,6	нет	0,3	28,6	63,1	2,7	89,1	31,3	22,1	8,1 – 7,4%

В связи с тем, что последний тур почвенного обследования проводился более 30 лет назад, полученные данные могут отличаться от современного состояния, не смотря на то, что в целом они показывают тенденцию ухудшения качества почв и почвенного покрова при интенсивном земледелии.

Для характеристики современного состояния почв сельскохозяйственных угодий исследован юго-восточный склон длиной 1,7 км на водосборе р. Урман-Ташла Тюльганского района. Он занят многолетней пашней и кормовыми угодьями, расположенными вблизи друг от друга и в идентичных условиях ландшафта. Кормовые угодья характеризуются хорошо сохранившимся естественным травостоем без признаков эрозионных процессов и антропогенной нагрузки, в почвах ясно выражен дерновый горизонт.

В пределах исследованного склона выделены следующие ландшафтные фации: элювиальная (Э) – верхняя часть склона с уклоном до 2º, трансэлювиальная (ТЭ1 и ТЭ2) – склон с уклоном 3–5º, трансэлювиально-аккумулятивную – с уклоном 2–3º включающую понижение на склоне (ТЭА1) и приподошвенную часть (ТЭА2). По склону они располагаются в последовательности Э-ТЭ1-ТЭА1-ТЭ2-ТЭА2.

В пределах фаций заложены два полнопрофильных разреза близко расположенных друг к другу но различающихся по функциональному назначению: условная целина без признаков хозяйственного использования и пашня. Исходя из концепции саморазвития почв (Роде, 1947; Полынов, 1956; Соколов, 1986; Таргульян и др., 1986) целинные аналоги пахотных почв находятся на стадии климакса. Морфологические и аналитические показатели целинных почв «маркируют» их эволюцию в памяти профиля и используются при оценке пахотных почв в качестве эталона (Блохин, 1997). Различие признаков и свойств почв целины и пашни позволяет судить об изменениях, вызванных пахотным использованием в условиях зональной системы земледелия, основанной на отвальной вспашке.

На целинном участке сформировались черноземы выщелоченные среднемощные среднегумусные глинистые. Они характеризуются мощной и хорошо связанной дерниной, равномерно убывающим гумусовым профилем и появлением свободных карбонатов в горизонте ВС. Особенностью элювиальной фации валяется наибольшая глубина формирования горизонта В и выщелоченность от карбонатов почвенной толщи. Наиболее динамичным показателем является глубина вскипания от 10% соляной кислоты. Она изменяется от 105 см на Э до 68–70 см на ТЭ1 и ТЭА2 (табл. 3.8), что свидетельствует о различиях водного режима.

Отличительной особенностью черноземов на пахотном участке склона является явное возникновение эрозионных процессов, что прослеживается по снижению мощности гумусового горизонта (А+АВ), катастрофическому сокращению мощности горизонта В, по повышению уровня вскипания, что свидетельствует о снижении средней глубины промачивания в виду стекания воды по склону, которая частично задерживается в приподошвенной части

склона. Увеличение поверхностного водного стока и незадернованность поверхности активизирует эрозионные процессы, которые наиболее активно проявляются в верхней и средней части склона. Не затронута эрозионными процессами только верхняя часть склона с уклоном до 2°.

Уменьшение содержания гумуса в пахотном горизонте сопровождается его перераспределением по профилю. Книзу, в горизонтах АВ и В, его содержание может несколько увеличиваться, видимо за счет повышения содержания лабильных форм. Все это происходит на фоне значительного сокращения мощности генетических горизонтов на пашне. В результате, общие запасы гумуса, как показано выше (табл. 3.3), непременно сокращаются.

Таблица 3.8. **Динамика морфогенетических признаков черноземов, выщелоченных в зависимости от рельефа и использования**

Угодье	Фация	Глубина вскипания	Нижняя граница горизонтов, см					Содержание гумуса, %				
			Ад	Ап	А	АВ	В	Ад	Ап	А	АВ	В
Целина	Э	105	6	-	30	52	73	9,2	-	7,8	6,4	2,1
	ТЭ1	68	6	-	39	51	66	12,4	-	8,8	2,8	1,5
	ТЭА1	90	7	-	41	52	66	10,5	-	8,5	4,6	1,8
	ТЭ2	85	5	-	34	47	60	9,1	-	7,5	4,8	1,2
	ТЭА2	70	6	-	33	54	65	7,8	-	6,6	4,7	2,2
Пашня	Э	81	-	21	29	46	64	-	8,1	7,0	4,9	2,2
	ТЭ	66	-	20	-	30	41	-	6,9	-	4,6	2,5
	ТЭА1	82	-	15	-	27	39	-	7,1	-	5,1	2,5
	ТЭ	68	-	12	-	30	34	-	6,4	-	5,7	1,7
	ТЭА2	84	-	11	28	39	54	-	6,5	6,3	4,5	2,2

Изменение свойств почв по фациям определяется, прежде всего, изменениями условий миграции воды и растворенных в ней веществ. Выступая в качестве лимитирующего фактора, она изменяет течение многих элементарных почвенных процессов. Фации ТЭ являются менее увлажненными по сравнению с ТЭА вне зависимости от использования, и видимо поэтому средняя часть распаханного склона (ТЭА1) наиболее подвержена эрозии.

Изложенные материалы позволяют сделать следующие выводы:

1. Почвенный покров степей Южного Урала представлен в основном черноземами и каштановыми почвами, свойства которых постепенно изменяются с севера на юг и с запада на восток. Согласно биоклиматической зональности и усилению континентальности климата в этих направлениях наблюдается снижение интенсивности гумусообразования, усиление процессов окарбоначивания, осолонцевания и засоления.

2. Зональный почвенный покров имеет высокое естественное плодородие. На пахотных землях отмечено усиление процессов эрозии вследствие

длительного применения системы земледелия основанной на отвальной вспашке. Наиболее подверженными водной эрозии являются чернозёмы выщелоченные и типичные. При снижении общего увлажнения по природным климатическим зонам и выполаживании рельефа постепенно уменьшается воздействие водной эрозии и увеличивается влияние дефляции.

3. Основным индикатором изменения черноземов является их гумусное состояние. Агрочерноземы в сравнении с целинными характеризуются понижением содержания гумуса в связи со снижением количества поступающей биомассы из-за отчуждения с урожаем. За 20 летний период (1965–1985 гг.) применения зональной системы земледелия произошло снижение глубины гумусового горизонта и всей прогумусированной толщи.

4. Изменение свойств пахотных почв отражается на таксономическом уровне и вызывает трансформацию состава почвенного покрова земель сельскохозяйственного назначения. Основными процессами, обусловливающими динамику состава почвенного покрова, является деструктивные процессы: дегумификация, карбонатизация и эрозия, которые определяют развитие пространственной деградации и как результат – изменение структуры почвенного покрова почв земель сельскохозяйственного назначения.

5. Дегумификация и эрозия проявляется в снижении доли рода среднегумусных черноземов и увеличении малогумусных и слабогумусированных в черноземах типичных и особенно обыкновенных и южных. По всем подтипам отмечается снижение доли среднемощных черноземов. Установлено увеличение доли эродированных черноземов в основном за счет увеличения ареалов среднесмытых почв. Увеличении площади карбонатных черноземов особенно проявляется в подзоне черноземов обыкновенных и южных. В подтипе черноземов обыкновенных Тюльганского района доля карбонатных черноземов увеличилась в два раза, с 12,8% до 25,9%. В Новосергиевском районе – в 9 раз.

3.4. Пахотные земли и их использование*

В Оренбургской области пашня занимает около 6 млн. га, что составляет 4,8% пашни России и почти половину площади области. По количеству осадков, менее 500 мм в год, температурным условиям до – 42 °С зимой и + 40 °С летом, частыми воздушными засухами, подпадает в зону рискованного земледелия. Это в совокупности с холмисто-увалистым рельефом и черноземными почвами, эффективно существующими при наличии дёрна, определяет специфику использования пахотных земель. Длительное использование плуга, полностью разрушившего дерновый горизонт, показало негативное его влияние на почву. Поэтому необходимостью сегодня является отказ от вспашки и переход на ресурсосберегающие (природоподобные) системы использования земли.

---

* *Автор: Ф. Г. Бакиров*

3.4.1. Эффективность использования пашни

Важнейшим условием, обеспечивающим рост производства продукции растениеводства, является эффективное использование пахотных земель, которое во многом определяется структурой посевных площадей. Структура посевов, должна учитывать особенности почвы, климата и рельеф местности, а также определяться экономической целесообразностью. Для обеспечения высокой рентабельности целесообразно подобрать наиболее выгодные культуры и технологии их возделывания, Рост производства продукции должен осуществляться при повышении плодородия почвы и обеспечении охраны окружающей среды. В отличие от других средств производства почва при рациональном хозяйственном использовании может и должна улучшаться.

Основные направления повышения агроэкологической эффективности использования земельных угодий в хозяйствах. В результате роста численности населения, отчуждения под строительство и другие нужды страны площадь пашни в расчёте на душу населения уменьшается. Поэтому рост производства продукции необходимо обеспечить с меньшей площади через повышение эффективности использования земельных угодий.

К основным направлениям повышения эффективности использования земли в сельском хозяйстве вододефицитного Южного Урала относятся:

- повышение эффективности использования водных ресурсов;
- эффективное использование плодородия почвы;
- мероприятия по повышению плодородия земель;
- охрана почв от эрозии и других разрушительных процессов.

В основе решения задач по повышению эффективности использования земельных угодий в хозяйствах лежат системы земледелия и технологии выращивания сельскохозяйственных культур.

3.4.2. Система земледелия – основа оптимального землепользования*

Система земледелия – комплекс взаимосвязанных агротехнических, мелиоративных и организационных мероприятий, направленных на эффективное использование земли, сохранение и повышение плодородия почвы, получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур (ГОСТ 16265–89). Все мероприятия, входящие в неё называют звеньями системы земледелия. В этой работе рассматриваются только две из них, которые являются ключевыми и входят в агротехнический блок системы: система севооборотов и система обработки почвы.

В настоящее время предлагаются разные варианты систем земледелия. Их выбор определяется почвенно-климатическими условиями, рельефом местности и направлением хозяйства. В Оренбуржье распространены в основном

---

* *Авторы: Ф. Г. Бакиров, А. В. Халин*

зернопаровые и зернопаропропашные системы, реже зернотравяные и зернопропашные.

Большое разнообразие природных, экономических и социально-экономических условий вызывают сложность в разработке и успешного освоения системы земледелия. Этим объясняется неодинаковый эффект от освоения одних и тех же систем в различных зонах, а также необходимость их постоянного совершенствования и создания новых.

Учеными Оренбуржья и Поволжья накоплен большой теоретический и практический материал по обработке почв, севооборотам и защите растений от болезней и вредителей. Значительный вклад в эти области агрономической науки внесли Н.М. Тулайков, 1963; К.Г. Шульмейстер, 1995; И.А. Чуданов, 1986; В.А. Федоткин, 1990; Г.И. Казаков, 1997; В.А. Корчагин, 1997; И.П. Макаров, 1998; Ю.Ф. Курдюков, 2001; А.В. Кислов, 2002; Н.А. Максютов, 2006; Ф.Г. Бакиров, 2008; В.П. Лухменев, 2000 и др.

Ими изучались и рассматривались вопросы, связанные с отдельными звеньями системы земледелия: севооборотов, защитой растений и обработкой почвы, а полученные результаты интегрировались в систему земледелия. В результате появилась почвозащитная система земледелия, построенная на изучении одного её звена – обработке почвы.

Интеграция отдельных звеньев в систему земледелия может дать и непредсказуемый результат, обусловленный их взаимодействием. При этом эффект может быть аддитивным, когда взаимодействие факторов представляет собой простую алгебраическую сумму эффектов каждого из факторов при независимом действии, синергетическим, когда совместное действие факторов усиливает эффект или антагонистическим, когда совместное действие факторов его ослабляет.

Этим объясняется то, что почвозащитная система земледелия, выполнив частично основное к ней требование защиты почвы от ветровой эрозии, не обеспечила повышение урожайности культур и значительно ухудшила фитосанитарное состояние пашни.

Практика показала несостоятельность в засушливых степных районах травопольной системы земледелия предложенной В.Р. Вильямсом (1950). Он построил её на идеи, что главным показателем плодородия почвы является структура, восстановить которую возможно через введение в севооборот многолетних трав. Однако низкая урожайность трав и последующей культуры обеспечивали низкую продуктивность севооборота.

Другим примером служит вывод, сделанный А.В. Яблоковым (1990), уничтожение естественных врагов и паразитов, какого-либо вредителя, при использовании пестицидов, часто приводит к вспышке численности подавляемых форм. Создается большая угроза для защищаемых сельскохозяйственных культур, чем до применения препарата. Это может стать причиной снижения эффективности ресурсосберегающих систем земледелия.

Следовательно, интеграция результатов, основанных на исследовании отдельных звеньев, в систему земледелия не всегда обеспечивает ожидаемый результат. Необходимы информационные технологии, позволяющие прогнозировать эффект такой интеграции. В лаборатории технологий управления природопользованием отдела геоэкологии ОФИЦ УрО РАН разработаны системы интеллектуального управления состоянием техногенных объектов (см. разд. 4), которые можно применить для решения обозначенной проблемы.

Статистический анализ и широкий обзор научной литературы показал, что при существующих системах земледелия урожайность зерновых культур, составляющих основу структуры посевных площадей в Оренбуржье, более 50 лет остаётся на уровне 1 т/га. В 60-х годах XX века была разработана и широко внедрена в практику земледелия система осенней основной обработки почв, увеличивающая на 40–60 мм запасы влаги на полях талыми водами за счет уменьшения их стока, а в последующие годы система посева озимых зерновых культур по пару. В результате подъёма зяби в области в 70-х годах в среднем на 5,5 млн. га, по данным министерства сельского хозяйства, в сравнении с весновспашкой урожайность яровых зерновых культур увеличилась с 6,6 ц/га в 1953–1960 гг. до 10,7 ц/га. При переходе в 80-х годах к посевам озимых зерновых по пару, использующих осадки двух лет, их урожайность увеличилась с 11,9 ц/га в 70-х годах до 15,9 ц/га (Нестеренко, 2018).

Благодаря этому и внедрению новых сортов местной селекции, переходе на менее урожайные ресурсосберегающие технологии, а также при падении плодородия почвы удалось удержать урожайность зерновых культур на этом уровне (Бакиров, 2018).

Основной причиной отсутствия роста урожайности в столь длительный период времени является не эффективное использование всей годовой суммы осадков в традиционных системах земледелия применяемых в Оренбуржье (Нестеренко, 2018). В степях Оренбуржья влага определяет уровень урожайности сельскохозяйственных культур на пахотных землях и биомассы естественной растительности на сенокосах и пастбищах. Коэффициент корреляции между атмосферными осадками и урожайностью яровой пшеницы r = 0,8. Среднемноголетний их расход на тонну зерна яровых культур при средней урожайности в последние десятилетия 0,9 т/га составляет около 3000 м^3, тогда как для этого в благоприятных по влажности условиях требуется 1000–1100 м^3 и реализуется на практике на орошаемых землях, а также при благоприятных сроках и количестве выпадения атмосферных осадков в Оренбуржье, получая урожай пшеницы 3 т/га и более. Еще менее эффективно используются водные ресурсы озимыми зерновыми культурами, получая в среднем в последние десятилетия около 1,5 т/га, при посеве по парам расходуются двухлетние атмосферные осадки. Следовательно, в регионе необходимо повышать эффективность использования в земледелии всей годовой суммы атмосферных осадков (Нестеренко, 2006).

В литературе, с середины прошлого столетия, не прекращаются дискуссии о необходимости в системах земледелия чистого пара. Целому ряду ученых в России (Орлова, 2007), Казахстане (Сулейменов, 2005) и других странах ближнего зарубежья дальнейшее развитие систем земледелия видится без чистого пара. Главный их аргумент – неоправданные потери гумуса и ухудшение качества почвы. Второй, не менее весомый, урожайность озимых которая, если разделить её на два вегетационных периода часто ниже урожайности яровых зерновых культур за два года по непаровым предшественникам.

Несмотря на эти доводы, многие производители растениеводческой продукции не отказываются от пара, как гаранта получения зерна озимых культур в сухой год. Сегодня площади под парами, отводимыми под озимые культуры в Оренбуржье, увеличиваются. Немаловажным доводом в пользу чистого пара является сокращение затрат на химические средства защиты растений в севообороте целом.

В тоже время во всем мире укрепляется понимание снижения плодородия почв в действующих системах земледелия. Наиболее уязвимым звеном в этих системах, остаётся чистый пар. Попытки заменить вспашку другими способами обработки не решили проблему. Зарождается новое направление в землепользовании – природоподобные системы земледелия, означающее сведение применяемых приемов в технологии выращивания культур до минимума, с тем, чтобы максимально приблизить условия существования почвы к естественным природным. Приведение темпов эксплуатации природных систем в соответствие с их самовосстановлением сегодня является важнейшим экологическим требованием к использованию агроландшафтов. В них, как правило, отсутствует чистый пар, поскольку он не вписывается в концепцию природоподобности системы земледелия. Сегодня переход к природоподобным системам земледелия и технологиям выращивания культур означает выбор между наиболее эффективным или наименее вредоносным решением.

Наиболее близко к решению проблемы подошел И.Е. Овсинский, издавший в 1899 году свой труд «Новая система земледелия». Он отказался от вспашки и обрабатывал почву на 5 см. И.Е. Овсинский исходил из того, что поскольку почва в естественном состоянии пронизывается корнями растений, ходами дождевых червей и т.п., то она вполне водо- и воздухопроницаема. Вспашка же уничтожает в почве каналы, образованные ими и превращает почву в однородную порошковую массу.

Предложенная И.Е. Овсинским технология была доработана и успешно применяется в странах Южной Америки, Австралии, США и Канаде, а также в некоторых регионах России под названием No-till. No-till переводится с английского как «не пахать» и используется для обозначения технологии выращивания растений без обработки почвы, с сохранением на её поверхности пожнивных остатков. По мнению ученых и практиков, отсутствие обработок почвы способствует приобретению почвой свойств сходных с целинными: зернистую структуру, хорошую водопроницаемость и влагоёмкость, высокую

активность биологических и химических процессов верхнего слоя почвы, и как результат повышение урожайности культур севооборота. Вспашка или любая другая обработка почвы, особенно глубокая, может аннулировать позитивные изменения в почве, достигнутые в результате применения этой технологии. На сегодняшний день он максимально отвечают требованию природоподобности, но имеет ряд недостатков, обусловленных почвенно-климатическими условиями.

Длительное (2012–2017 гг.) применение нулевой обработки на черноземе южном показало, что эта технология обеспечивает урожайность зерновых культур часто ниже, чем глубокого и мелкого рыхления почвы. Только подсолнечник в большинстве лет показал более высокую урожайность, а нут в 3 из 6 лет Низкой, в сравнении со среднерайонной, остается урожайность зерновых культур после 7 лет применения технологии No-till в ИП «Е.С. Квитко» Переволоцкого района Оренбургской области. Основные причины, невозможность накопления мульчи в связи с низкой урожайностью культур и уплотнение почвы, который носит кумулятивный характер (Бакиров, 2018), а также усиление засоренности посевов в целом и отдельными видами сорных растений в частности: молочаем лозным, полынью австрийской и горькой, устойчивых к имеющимся в настоящее время гербицидам.

Следовательно, отсутствие глубоких обработок почв порождает новые проблемы или усиливает уже известные. Существенным недостатком минимизации обработок, является необходимость широкого применения химических средств защиты растений, которые часто негативно влияют на живые организмы почвы, растения и потребителей продукции растениеводства. Всё это отдаляет эти технологии от статуса природоподобных и требуют доработки.

Рискованность земледелия в Оренбуржье усугубляется низкой окупаемостью применяемых в растениеводстве удобрений, стимуляторов роста, и др. препаратов при невысокой средней урожайности возделываемых культур из-за низкой обеспеченности их влагой. Окупаемая прибавка урожая от их применения обеспечивается только в благоприятные по влажности годы. Эффективность растениеводства увеличивается с повышением результативности использования водных ресурсов, которыми растения богарного земледелия в степной зоне Южного Урала в наименьшей мере обеспечены в сравнении с другими компонентами, необходимыми для их вегетации. Атмосферные осадки являются основным источником пополнения их водных ресурсов. Поэтому главной задачей богарного земледелия является повышение эффективности их использования.

Таким образом, для обеспечения устойчиво высокой урожайности сельскохозяйственных культур на Южном Урале требуется разработка систем земледелия, адаптированных к природно-климатическим условиям, которые удовлетворяя экономические интересы производителя растениеводческой продукции, обеспечивали бы сохранение почвенного плодородия и экологического благополучия сельскохозяйственных угодий. В засушливых

регионах особого внимания требует решение проблемы повышения эффективности использования водных ресурсов в целом.

Эффективность систем земледелия зависит от степени разработанности и адаптированности к местным условиям её отдельных звеньев и в первую очередь обработки почвы.

Основная обработка почв. Важнейшим звеном в системе земледелия, оказывающим огромное влияние на другие звенья, является обработка почвы. Поэтому у ученых обработка почвы всегда была предметом особого внимания. Обработка почвы имеет ярко выраженный зональный характер, но в её развитии по странам и континентам есть много общего. Она практически везде шла от примитивных к интенсивным способам, от простого разбрасывания семян по полю без обработки почвы к вспашке. Вспашка стала вершиной развития способов обработки почвы. Именно благодаря плугу Европа избежала голода и высокого уровня смертности в XIX веке, т.к. он был единственным инструментом, с помощью которого можно было эффективно контролировать рост пырея ползучего. Современный плуг стал синонимом «современного» сельского хозяйства (Дерпш, 2011).

Однако вспашка стала причиной развития эрозионных процессов, снижения плодородия почв и непроизводительных потерь влаги. В США, где в 30 годах ветровая эрозия охватила свыше 40 млн. гектаров земли, урожайность снизилась в два с лишним раза (Скорняков, 1977). Дефляция охватила почвы в Канаде, на целинных землях Казахстана, Сибири и Поволжья. Это вызывало критику отвальной обработки почвы. И.Е. Овсинский (1899), чуть позже Э.Х. Фолкнер (1956) взамен вспашке предложили систему поверхностного рыхления почвы на глубину 5 и 7–7,5 см. Они исходили из того, что корни растений и дождевые черви образуют в почве каналы и поэтому она вполне водо- и воздухопроницаема. Вспашка же уничтожает эти каналы и превращает почву в однородную порошковую массу. В 1950 году против вспашки высказался Т.С. Мальцев (1971): «виновник разрушения плодородия плуг с отвалом». В 60-х годах академик А.И. Бараев (1988), интегрировав опыт Канады с опытом Т.С. Мальцева, сформировал концепцию почвозащитного земледелия для целинных земель. Суть её заключалась в безотвальной обработке с сохранением на поверхности почвы стерни. Значительным событием в этой области стал крупномасштабный полтавский эксперимент почвозащитной обработки основанной на бесплужной обработке почвы не глубже 12–14 см (Шикула, Назаренко, 1990).

Однако, глобальная проблема, связанная с деградацией почв не была решена. По мнению В.Д. Двуреченского (2006) применение почвозащитной технологии А.И. Бараева привели к тому, что за 50 лет целинные земли потеряли 30% гумуса.

Это подтвердили и наши исследования. Длительный стационарный опыт по изучению 16 различных систем обработки в Оренбургском ГАУ показал, что наибольшие потери гумуса происходят при ежегодной вспашке (табл. 3.9).

При включении в систему безотвальных рыхлений, особенно «нулевых», обработок происходило снижение темпов дегумификации почвы. Однако при несомненных преимуществах нулевой обработки, в восстановлении почвы, этот прием имеет ряд недостатков, главными из которых являются уплотнение почвы, ухудшение фитосанитарного состояния поля и водного режима почвы, как итог снижение урожайности.

Таблица 3.9. **Изменение содержания гумуса в пахотном слое чернозема южного под действием различных систем обработки почвы с 1988 по 2016 гг. (А.В. Кислов, Ф.Г. Бакиров, С.А. Федюнин, И.В. Васильев)**

Вариант (№ в схеме опыта)	Слой почвы, см	Содержание гумуса, %	
		перед закладкой опыта (1988 г)	в конце ротации зернопарового севооборота (2016 г)
Разноглубинная отвальная, контроль	0–10	4,54	3,5
	10–20	4,34	3,6
	20–30	4,42	3,2
	0–30	4,43	**3,4**
Разноглубинная безотвальная	0–10	4,54	3,5
	10–20	4,34	4,0
	20–30	4,42	3,5
	0–30	4,43	**3,7**
Минимальная, … нулевых, … мелких и … глубоких рыхления	0–10	4,54	4,2
	10–20	4,34	3,7
	20–30	4,42	3,6
	0–30	4,43	**3,8**

Влияние способов основной обработки почвы на плотность почвы. Длительные наблюдения за физическим состоянием пахотного слоя почвы дали нам возможность выявить действие минимизации обработки на динамику плотности чернозема южного в двух принципиально разных направлениях: как способа обработки почвы под отдельные культуры и как системы обработки почвы в севооборотах.

Использование ресурсосберегающих способов обработки почвы в качестве приема приводит к уплотнению пахотного слоя, по сравнению с отвальным. Весной на вспашке плотность почвы колеблется в пределах 1,06–1,13 г/см^3, а на вариантах без осенней обработки – 1,15–1,22 г/см^3. Любой прием обработки, проведенный по вспашке, обеспечивает более рыхлое, чем по другим фонам, сложение почвы. Вспашка устраняет резкую дифференциацию пахотного слоя почвы по плотности, характерную для мелкой обработки и рыхления на среднюю глубину. В последних случаях плотность 20–30 см слоя превышает плотность вышележащего слоя на 0,07–0,10 г/см^3, а при глубоких рыхлениях разница составляет 0,03 г/см^3. Различия по плотности этих слоев уменьшается до 0,01–0,02 г/см^3 на нулевых обработках, но при более высоких значениях. После

вспашки почва длительное время находится в излишне рыхлом состоянии, что неблагоприятно сказывается водно-воздушном режиме почвы (Бакиров, 2008). В рыхлой почве начинает преобладать так называемое конвекционно-диффузное испарение (Г.И. Казаков, 1997).

Большой научный и производственный интерес представляет вопрос о влиянии длительного применения мелкой и нулевой обработок на плотность пахотного слоя.

На снижение плотности сложения пахотного слоя при длительной минимальной обработке почвы указывает Н.К. Шикула (1990), прямого посева Н.С. Матюк (1999). В его опытах на четвертый год использования прямого посева плотность сложения этих слоев снизилась соответственно на 0,11 г/см^3 и на 0,08 г/см^3 и слоя 20–30 см на 0,06 г/см^3, по сравнению с принятой в зоне системой обработки почвы. К аналогичному мнению пришел А.П. Козаченко (2000).

К противоположному выводу приходят в своих исследованиях Г.И. Казаков (1997) и О.Ю. Горячев (1999). По их данным, плотность 0–30 см слоя на необработанных полях со временем становится на 0,14 г/см^3 выше, чем на вспашке. Разница тем выше, чем продолжительнее период времени после вспашки.

В наших опытах происходит увеличение значений средней плотности почвы при применении ресурсосберегающих систем обработки (рис. 3.4), но она не выходит за приделы верхних оптимальных значений, равных 1,20 г/см^2 для пропашных и 1,30 г/см^2 для зерновых культур.

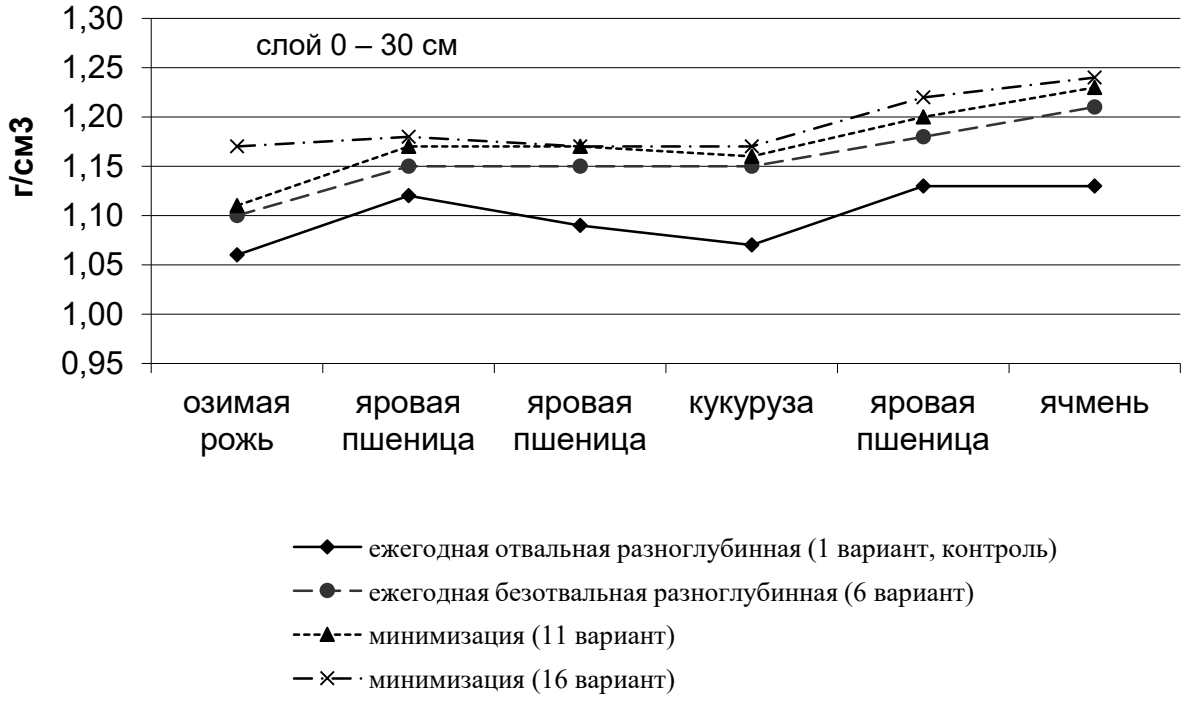


Рис. 3.4. Плотность почвы весной, после посева культур, в зависимости от применяемых систем обработки в зернопаропропашном севообороте

При повторном использовании мелкого рыхления и нулевой обработки почвы или их чередовании почва в слоях 5–10 и 10–15 см уплотняется до значений, значительно превышающих верхний оптимальный предел. Такую дифференциацию пахотного слоя по плотности многие исследователи считают одним из основных недостатков минимизации (Бакиров, 2008). При многолетнем непрерывном применении нулевой обработки на 5–6 годы наблюдается уменьшение плотности почвы (рис. 3.5).

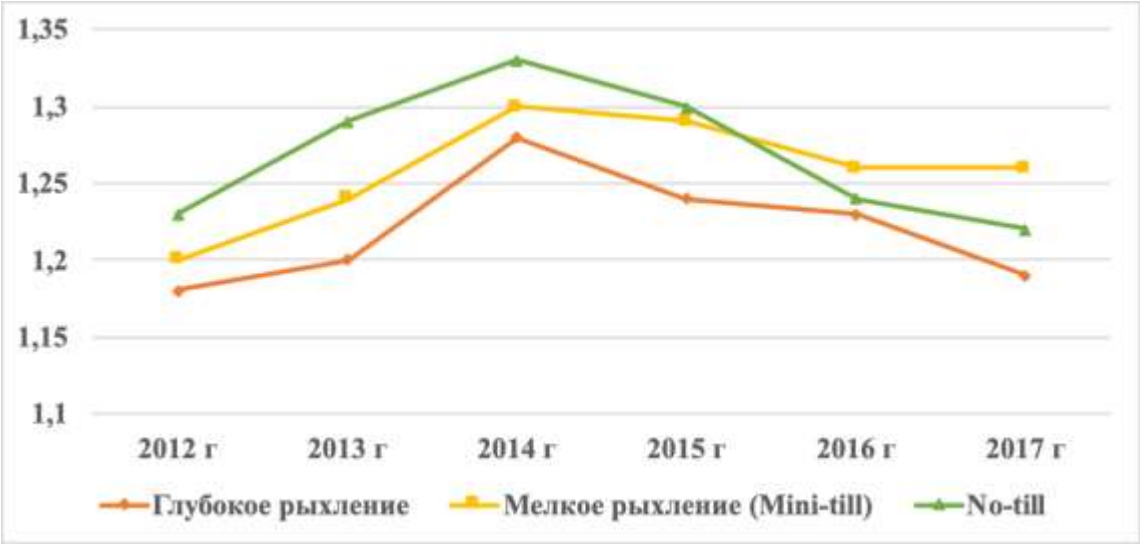


Рис. 3.5. Динамика плотности почвы (г/см^3) при непрерывном использовании прямого посева в севообороте

Таким образом, исследования показывают, что пока нет способа и системы обработки почвы, которые обеспечивают оптимальное сложение пахотного слоя почвы в течение вегетационного периода растений и севооборота.

Влияние способов основной обработки почвы на её влажность и использование ресурсов влаги. Улучшение водного режима растений в степном вододефицитном земледелии Южного Урала возможно за счёт более эффективного использования атмосферных осадков. Достигается это их накоплением в почво-грунтах в течении всего года и эффективностью использования растениями.

В стационарном опыте все изучаемые способы бесплужной обработки почвы оказались равноценными вспашке по запасам продуктивной влаги в метровом слое ко времени посева ранних яровых культур (табл. 3.10). При нулевых обработках запасы уменьшались на 10–13 мм. Это объясняется увеличением плотности почвы и отсутствием или недостаточным количеством на ее поверхности соломенной мульчи.

Таблица 3.10. **Запасы продуктивной влаги (мм) в метровом слое почвы в зависимости от приемов обработки почвы во время посева яровых ранних культур (УОП ОГАУ, в среднем за 14 лет)**

Культура, пар	Вспашка	Плоскорезное рыхление	Мелкая обработка	Нулевая
Зернопаропропашной севооборот (1988–1997 гг.)				
Пар чистый	144	153	158	–
Озимая рожь	98	95	116	–
Яровая пшеница	130	138	130	128
Яровая пшеница	132	135	126	126
Кукуруза на силос	118	134	132	–
Яровая пшеница	140	132	126	123
Ячмень	139	139	127	136
Среднее	129	132	131	128
Зернопаровой севооборот (1996–2001 гг.)				
Пар чистый	144	145	139	–
Озимая пшеница	118	125	113	–
Просо	143	145	140	–
Яровая пшеница	112	105	113	103
Ячмень	117	114	121	109
Среднее	127	127	125	106
В среднем за две ротации севооборота	128	130	128	117

Предположения подтвердились результатами другого полевого опыта (В.В. Каракулев, Ф.Г. Бакиров, В.Д. Вибе, 2006). Было установлено, что при чизельном рыхлении в сочетании с мелкой обработкой КПШ-9 в почве остается на 26 мм больше влаги, чем на вспашке. Замена КПШ-9 на БДТ-7, при использовании его отдельно и в сочетании с чизельным плугом, приводит к уменьшению запасов влаги в почве на 20 мм и 12 мм соответственно.

Следовательно, для накопления осенне-зимних осадков большое значение имеет стерня и мелкоизмельченная и равномерно разбросанная на поверхности поля солома, а на переуплотненных почвах наличие щелей, закрытых сверху рыхлой почвой. Щели обеспечивают хорошее поглощение обильно поступающей воды (во время снеготаяния и ливневых осадков), а закрытие их почвенной и соломенной мульчей посредством поверхностного рыхления уменьшает испарение влаги.

Об эффективности использования ресурсов влаги можно судить по коэффициенту водопотребления. Из 16 систем обработки почвы, изученных в стационарном опыте хорошо зарекомендовал себя вариант, где проводились только плоскорезные рыхления, при этом из 10 обработок 6 – на 10–12 см и 12–14 см. На этих вариантах среднее значение коэффициента водопотребления составило 1081 $м^3$/т, тогда как на лучших 5-ом и 9-ом вариантах соответственно 1059 и 1071, а на контроле 1074 $м^3$/т. Эффективность потребления воды культурами снижается при введении в систему нулевых обработок.

В опыте, проведенном на черноземе обыкновенном, наиболее эффективно влага расходовалась на варианте, где чизельному рыхлению предшествовало мелкое плоскорезное рыхление почвы. Замена плоскорезного орудия на дисковое увеличило коэффициент водопотребления в 1,18 раза, что свидетельствует в пользу сохранения соломенной мульчи на поверхности почвы. Самые высокие коэффициенты водопотребления в среднем за три года были зафиксированы на плоскорезном и чизельном рыхлении почвы. Следовательно, соломенная мульча благоприятно влияет не только на усвоение осенне-зимних осадков, но значительно повышает эффективность использования накопленной влаги в период вегетации растений, при условии сохранения соломы на поверхности почвы и после посева. Поэтому мульчирование должно занять достойное место среди наиболее эффективных агрономических приёмов, таких как борьба с сорняками и удобрение.

При глубоком рыхлении почвы в ней накапливается больше влаги, чем при отказе от осенней обработки (No-till). Однако в последнем случае влага расходуется значительно эффективнее. Об этом свидетельствуют коэффициенты водопотребления культур и его средние значения по обработкам почвы, приведённых в табл. 3.11.

Таким образом современные способы обработки почв обеспечивая небольшое снижение затрат и незначительный прирост урожайности (часто и падение) не решили главной проблемы, повышение эффективности использования ресурсов влаги и доведение уровня урожайности зерновых до потенциально возможного – 1,8–2,0 т/га.

Таблица 3.11. **Коэффициенты водопотребления культур в зависимости от способов основной обработки почвы в среднем за 2012–2014 гг. ($м^3$/т зерна)**

Вариант	Культуры севооборота					Средние
	ячмень	яровая пшеница	сорго	нут	подсол-нечник	
Нулевая обработка	3320	2424	616	2180	1085	2790
Мелкое рыхление	4139	2700	907	2563	1432	3160
Глубокое рыхление	4118	3038	850	3033	1422	3130

Влияние способов основной обработки почвы на засоренность посевов сельскохозяйственных культур. Наблюдения за засоренностью посевов полевых культур в зернопаропропашном и зернопаровом севооборотах на стационарном опыте позволили сделать несколько выводов. Наиболее чистыми от сорняков поля удавалось поддерживать при ежегодной разноглубинной вспашке (контроль). При комбинированной системе обработки почвы количество многолетних сорняков на полях увеличивалась в 1,4–2 раза по отношению к контролю. Включение в систему мелких и нулевых обработок приводит к еще большему засорению полей. Поэтому в замыкающем поле

севооборота (ячмень) наиболее засоренными были посевы на варианте, где за первую ротацию севооборота под все яровые зерновые культуры были проведены нулевые обработки (четыре), мелкая обработка под пар и глубокое чизельное рыхление под кукурузу. Отчетливо проявляется и отрицательное последействие предшествующих минимальных способов. Самая высокая засоренность многолетниками была на вариантах с шестикратным применением нулевых обработок.

Длительное применение ресурсосберегающих систем обработки почвы приводит к изменению видового состава сорняков, с увеличением количества злаковых растений – щетинников и ежовника (табл. 3.12). Так, если в начале первой ротации севооборота в посевах яровой пшеницы на отвальной системе обработки почвы преобладали двудольные сорняки и занимали 70% от общего количества малолетних растений и 73% при минимальной, то к концу второй ротации их доля в последнем случае составила лишь 22%. При ежегодной отвальной обработке почвы соотношение осталось прежним.

Отказ от основной обработки почвы способствуют усилению засорённости поля до уровня превышающего экономический порог вредоносности (ЭПВ).

Таблица 3.12. **Изменение соотношения в видовом составе сорняков в результате длительного применения различных систем обработки почвы**

Вид сорняка	Яровая твердая пшеница в 1-й ротации севооборота (1991–1993 гг.)				Ячмень в конце 2-й ротации севооборота (2000–2002 гг.)			
	отвальная		минимальная		отвальная		минимальная	
	шт. на м^2	%	шт. на м^2	%	шт. на м^2	%	шт. на м^2	%
Щирица запрокинутая	86	30	18	40	28	36	11	10
Щирица жминовидная	52	18	7	15	10	13	7	7
Горец вьюнковый	35	12	5	11	7	9	3	3
Марь белая	29	10	3	7	9	11	1	1
Всего двудольных	202	70	33	73	54	69	22	22
Щетинник сизый	43	15	5	11	5	6	38	36
Щетинник зеленый	23	8	3	7	10	13	22	21
Ежовник обыкновен.	20	7	4	9	9	12	23	22
Всего однодольных сорняков	86	30	12	27	24	31	83	78
Всего сорняков	288	100	45	100	78	100	105	100

На рис. 3.6 видно, что отказ от осенней обработки приводит к усилению засорённости поля (сектор А). Мелкая обработка почвы значительно сокращает их количество (сектор В на рисунке), а двукратная мелкая обработка с интервалом в 30 дней практически полностью избавляет поле от сорняков (сектор С).

Обработка зерновых гербицидом сплошного действия осенью или весной и препаратом избирательного действия в фазу их кущения позволяет снизить

количество сорняков ниже уровня экономического порога вредоносности по всем видам сорняков. Осеннего мелкого и глубокого рыхления не достаточно для контроля над сорняками на уровне ЭПВ, требуется обработка посевов в фазу кущения зерновых культур препаратом избирательного действия. Гербициды «Серп» и Евро-лайтинг в системе Clearfield позволяют поддерживать посевы нута и подсолнечника соответственно в чистом от сорняков состоянии.

Урожайность полевых культур в зависимости от систем обработки почвы в севообороте. В Оренбургском ГАУ в течение 29 лет в стационарном полевом опыте изучаются 16 различных по интенсивности систем основной обработки почвы. В качестве контроля взята разноглубинная вспашка (вариант 1 в табл. 3.13) Изучаются комбинированная (чередование отвальных и безотвальных обработок) глубокая (варианты 2, 5), комбинированная разноглубинная (варианты 3, 9), систематические безотвальная глубокая (вариант 6) и безотвальная разноглубинная обработки (варианты 7, 10, 11), а также минимальные системы (варианты 12, 15, 16). Крайняя по интенсивности система обработки (16 вариант) включает сочетание мелких на 10–14 см рыхлений и нулевых обработок. Отмеченные системы обработок изучались последовательно в пяти полевых севооборотах с различным набором культур.

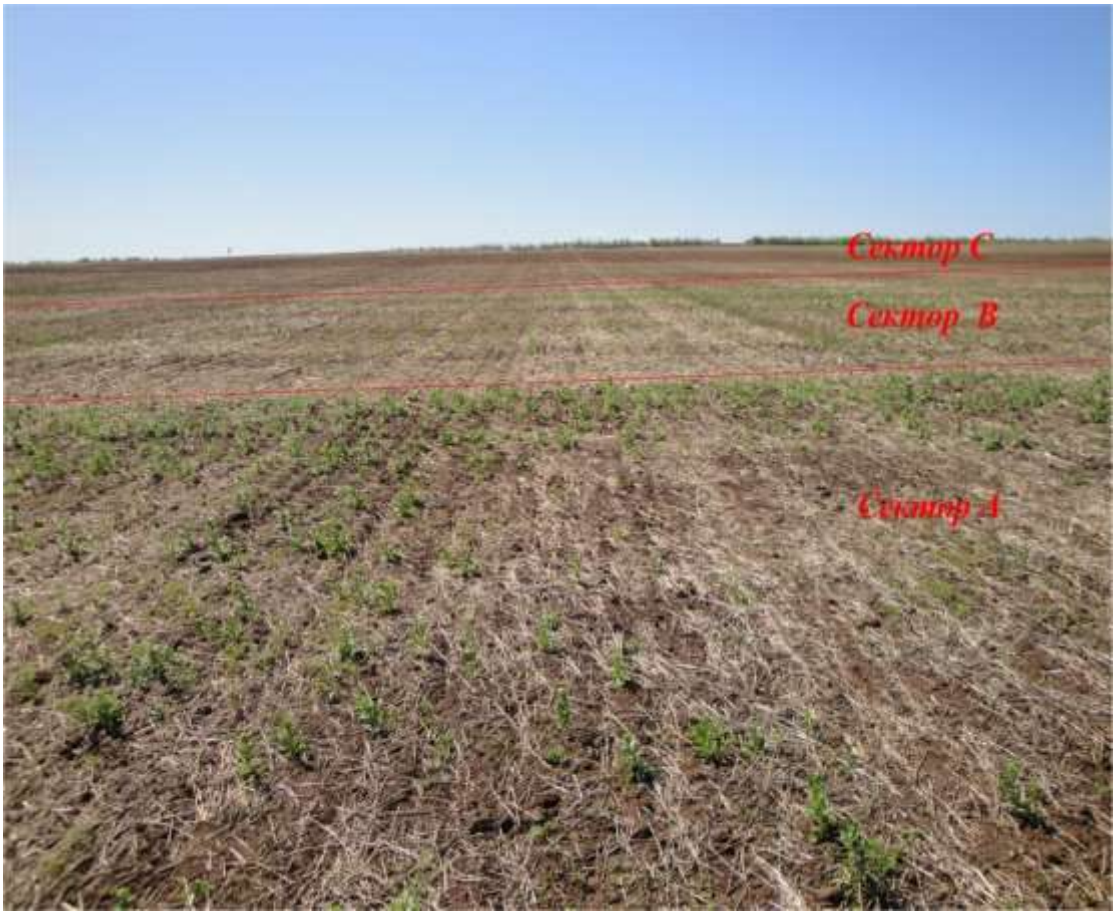


Рис. 3.6. Опытное поле Оренбургского ГАУ перед обработкой её гербицидом, 2015): сектор А – без осенней обработки, В – мелкая обработка, С – двукратная мелкая обработка с интервалом в 30 дней

В среднем за 29 лет практически одинаковая урожайность зерновых культур получена на всех вариантах.

Данные показывают незначительные различия в эффективности приемов и систем обработки почвы. оценивая системы обработки почвы за 5 ротаций севооборотов, можно сказать, что они обеспечивают одинаковую продуктивность полевых культур.

Таблица 3.13. **Урожайность основной продукции с.-х. культур в зависимости от систем обработки почвы зернопаропропашном и зернопаровом севооборотах, т/га (А.В. Кислов, Ф.Г. Бакиров, С.А. Федюнин, И.В. Васильев)**

№ системы	1 ротация (1990–1997 гг.)	2 ротация (1997–2002 гг.)	3 ротация (2002–2007 гг.)	4 ротация (2008–2012 гг.)	5 ротация (2011–2016 гг.)	Средняя за 28 лет
1	1,84	1,64	1,53	1,82	0,99	1,56
2	1,84	1,62	1,42	1,93	1,08	1,58
3	1,81	1,60	1,49	1,86	0,98	1,55
4	1,71	1,63	1,43	1,80	0,98	1,51
5	1,83	1,55	1,52	1,93	1,09	1,58
6	1,84	1,55	1,52	1,95	1,18	1,61
7	1,81	1,58	1,51	1,91	1,08	1,57
8	1,72	1,52	1,51	1,79	1,07	1,52
9	1,82	1,55	1,50	1,79	1,02	1,54
10	1,77	1,57	1,55	1,84	1,10	1,57
11	1,80	1,63	1,51	1,81	1,01	1,55
12	1,71	1,59	1,53	1,63	0,97	1,49
13	1,76	1,52	1,54	1,79	0,97	1,52
14	1,74	1,52	1,54	1,85	0,98	1,53
15	1,75	1,55	1,52	1,77	0,93	1,50
16	1,63	1,46	1,52	1,79	0,88	1,46

Однако озимая рожь, яровая пшеница твердая по озимым, кукуруза на силос наибольшую урожайность обеспечивают при вспашке. Ячмень достоверно снижает урожай зерна только при повторном отказе от механической обработки (нулевая), обеспечивая равный с контролем урожай зерна при однократной нулевой обработке по вспашке и мелкому рыхлению. Нулевая обработка хорошо зарекомендовала себя и при выращивании яровой мягкой пшеницы, идущей третьей культурой по пару. Просо не снижает урожайности при замене вспашки на мелкое рыхление.

Из вышеизложенного материала можно сделать выводы:

1. Пахотные земли в Оренбуржье используются не эффективно.

2. Традиционные системы земледелия обеспечивают урожайность зерновых культур на уровне 1 т/га, что ниже потенциально возможной – в 1,5–2 раза.

3. Основная проблема низкой урожайности и отсутствия роста урожайности в последние 50–60 лет в Оренбуржье, недостаточно разработанные и адаптированные под почвенно-климатические условия территории основные звенья систем земледелия и слабо ориентированная под эффективное использование годовой суммы осадков система земледелия.

4. Для обеспечения устойчиво высокой урожайности сельскохозяйственных культур на Южном Урале требуется разработка систем земледелия, адаптированных к природно-климатическим условиям, которые разрешили бы обозначенные выше проблемы, сочетая в себе удовлетворение экономических интересов производителя растениеводческой продукции, сохранение почвенного плодородия и обеспечили снижение экологических эксцессов. В засушливых регионах особого внимания требует проблема повышения эффективности водных ресурсов в целом.

3.4.3. Технология подзимнего посева яровых ранних культур на примере пшеницы*

Для решения проблемы повышения эффективности использования атмосферных осадков на пахотных землях Оренбуржья сотрудниками отдела геоэкологии Оренбургского ФИЦ УрО РАН предлагается технология подзимнего посева яровой ранней пшеницы.

Подзимний посев яровых культур в России применялся еще в 19 веке. О их необходимости говорил В.Р. Вильямс (1935) в книге «Травопольная система земледелия на орошаемых землях». Однако способ не получил широкого распространения и был забыт. Причиной была частая гибель культур из-за того, что посев проводился в относительно теплую, немёрзлую почву. Поэтому при выпадении осадков семена набухали и прорастали, а с приходом морозов молодые растения погибали. Вторая, основная – посевы сильно зарастали сорняками.

Позднее отказу от подзимнего посева способствовало появление плуга. Плуг, оборачивая почву, обеспечивал надежный контроль над сорняками и конкурентное преимущество культуры в период всходы-кущение. Поэтому технологии выращивания яровых зерновых с весенним посевом стали обеспечивать более высокие урожаи, чем с подзимним посевом в условиях достаточного увлажнения почвы.

В первой половине XX века подзимний посев стали применять в семеноводстве для оздоровления семенного материала (Белозеров, 1952).

---

* *Авторы: Ф. Г. Бакиров, А. В. Халин*

Синхронное цветение растений яровой и озимой пшениц обеспечивал подзимний посев яровой формы. Это дало возможность получить новый исходный материал и создать сорт яровой мягкой пшеницы Приморская 39 (Меланич, 1985).

В последние годы интерес к подзимнему посеву появился в связи с большим беспокойством ученых по поводу пищевого давления на человека продуктами насыщенными пестицидами и ухудшение экологической обстановки в природе связанное с широким применением химии в растениеводстве. Значительно уменьшить химическую нагрузку в растениеводстве возможно путем разрыва естественных циклов развития "растения-хозяина" и его "врагов", основанного на концепции о параллельной биологической эволюции растений и их патогенов выдвинутой Н.И. Вавиловым (1967). Получившей дальнейшее развитие в теории сопряжённой эволюции паразитов и их хозяев П.М. Жуковского (1985). Перспективным способом решения этой проблемы является использование сверхранних и подзимних сроков посева яровых. Это позволит "растению-хозяину" в период более благоприятный для своего развития пройти уязвимую патогенами фазу, в результате чего снизится количество применяемых средств защиты.

В последние годы началась новая волна стихийных попыток применения подзимнего посева яровых, преимущественно пшеницы, в Казахстане (Латышев, 2017) и Украине (АгроПолигон). Широта почвенно-климатических условий обусловливает большое разнообразие и разные возможности использования этого способа, а также создает трудности в его применении.

Из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что подзимний посев яровой пшеницы используется в селекции для внутривидовой гибридизации начиная с начала 19 века, а для получения продовольственного зерна – с 18 век, но из-за отсутствия на тот моменты способов борьбы с сорняками в посевах не получил широкого внедрения. Дальнейшие попытки применения этого способа для производства зерна в разных регионах России и в Республиках СССР 50-е годы прошлого века также не увенчались успехом, в основном по тем же причинам, а также из-за отсутствия соответствующей посевной техники и технологии разработанной с учётом почвенно-климатических условий, т.е. научной поддержки и сопровождения.

Однако, имеющийся опыт применения и теоретические предпосылки свидетельствуют о высоком потенциале технологии подзимнего посева и при доработке его отдельных элементов может обеспечить существенное увеличение урожайности. Это особенно актуально в связи с аридизацией климата, а также с ухудшением экологической ситуации в растениеводстве.

Условия Оренбургской области наиболее благоприятны для подзимнего посева яровой пшеницы и других яровых культур, так-как на Южном Урале, в отличие от других регионов России, с наступлением устойчивых холодов в середине ноября, температура почвы не поднимается выше –1 °С и не опускается ниже 10–12 °С, до полного снеготаяния. Поэтому семена, положенные в почву,

не набухают и не трогаются в рост. Весной после таяния снега с нарастанием температуры воздуха и прогреванием верхнего слоя почвы семена начинают прорастать.

Преимущества подзимнего посева яровых культур. Главным преимуществом подзимнего посева является возможность получения сверхранних всходов культуры и более высоких урожаев в сравнении с традиционной технологией весной, требующей высыхания (поспевания) почвы до влажности, позволяющей работу сельскохозяйственной техники на полях. Семена, помещенные в почву осенью, прорастают значительно раньше, чем посеянные весной и всходы получают преимущество в использовании ресурсов влаги в более благоприятных температурных условиях. Кущение яровой пшеницы лучше проходит при среднесуточной температуре 10–12 °С. Пониженная температура почвы в этот период положительно влияет на образование узловых корней и закладку генеративных органов, а тем самым и на урожайность пшеницы. При весеннем сроке посева фаза кущения приходится на первую декаду июня, когда среднесуточная температура воздуха достигает 20 °С. В результате у подзимних посевов имеются значительные преимущества в закладке потенциала урожая и её реализации. Стабильность условий для образования вторичных корней, уже может обеспечить прибавку урожайности в 7–10 ц/га (Бакиров, 2006).

Подзимний посев, в отличие от озимых культур, можно проводить по непаровым предшественникам, а в годы с недостаточным увлажнением почвы и по черному пару, поскольку его можно и лучше осуществлять в сухую почву.

В первый год исследований было установлено, что растения яровой пшеницы подзимнего посева практически не поражаются корневыми гнилями. Следовательно, это путь к сокращению количества пестицидов и экологизации растениеводства.

Более раннее созревание и освобождение полей подзимними посевами позволяет использовать их под посев пожнивных культур, сидератов, а при выпадении летних осадков озимых зерновых и кормовых культур.

Введение в систему земледелия подзимнего посева позволит оптимизировать структуру посевных площадей путём насыщения её зерновыми культурами, без ухудшения фитосанитарного состояния полей и тем самым повысить экономическую эффективность севооборотов. Это также обеспечит более выгодное использование сельскохозяйственных машин, тракторов, транспорта, рабочей силы, открывая простор для маневрирования сроками сева в весеннее время.

Заключение. Подзимний посев яровой пшеницы имеет большую перспективу в Оренбургской области из-за агроэкономической привлекательности и благоприятных для них почвенно-климатических условий. Перспективность подзимнего посева подтверждается его историей, современной практикой, научно-обоснованными предпосылками и нашими предварительными полевыми опытами. Но его внедрение в производство

сдерживается отсутствием научных исследований. Требуется решение наукой следующих задач: определение глубины, нормы и сроков подзимнего посева; подбор предшественников и способов основной обработки почвы и посевной техники; изучение норм и сроков внесения удобрений и средств защиты растений.

В предлагаемой нами технологии, подзимний посев яровых культур осуществляется поздно осенью для предотвращения прорастания семян до весны. В отличие от известных технологий подзимнего посева, результат достигается сроком посева и глубиной размещения семян в почве.

Традиционная технология выращивания ранних яровых культур построена так, что ими практически не используются осадки ранневесеннего периода вегетации (апрель – первая декада мая). Это обусловлено тем, что посев их осуществляется при наступлении физической и биологической спелости почвы, которая в большинстве зон наступает в конце апреля начале мая, а на востоке области во второй декаде мая. К этому времени из почвы теряется от 40 до 60 мм влаги. При запаздывании севом яровых культур потери значительно возрастают. Потери зерна могут составить 5–7 ц/га.

Результаты лабораторных исследований направленные на изучение возможности прорастания и сохранения всхожести зерна яровых культур высеянных в грунт и содержащихся в условиях соответствующих зимним показали, что семена яровой пшеницы, находившиеся в почвенном грунте при отрицательных температурах воздуха до –33 ^{0}С, сохраняют всхожесть.

Полевые исследования на черноземе южном среднемощном карбонатном тяжелосуглинистом КФХ «Сорокин С.В.» Октябрьского района и опытного поля ОГАУ Оренбургского района Оренбургской области показали, что способ возделывания яровой пшеницы с подзимним сроком ее посева способствует наиболее эффективному использованию водных ресурсов региона, значительно снижая непродуктивные их потери, вследствие более раннего срока начала ее вегетации, обеспечивая тем самым наиболее благоприятные условия увлажнения и температурный режим в критические фазы развития (кущения и выхода растений в трубку). В условиях 2019 года было установлено, что всходы яровой пшеницы переносят заморозки до –6, –8 °С.

Хорошо развитая корневая система яровой пшеницы, а также ограниченное прохождение по полю сельскохозяйственной техники, из-за сокращения предпосевных и посевных работ в весенний период, способствовали сохранению оптимальных значений плотности почвы до уборки. Созревание яровой пшеница подзимнего срока посева происходит на две-три недели раньше пшеницы весеннего срока посева, что способствует увеличению возможности для проведения противоэрозионных и влагосберегающих мероприятий, борьбы с сорняками, значительно повышая ее значение в качестве предшественника, увеличивая при этом экономическую эффективность и продуктивность агроценозов (Халин, Бакиров, Нестеренко, 2019).

3.4.4. Чередование культур и использование агроценозов степной зоны Южного Урала*

Потребность чередования культур возникла вследствие необходимости взаимодействия человека с природой и бережного к ней отношения. Сельскохозяйственные культуры и приемы их возделывания оказывают значительное влияние на свойства почвы и экологическое состояние агроценозов, что сказывается на урожайности и технологиях выращивания последующих культур.

Всестороннее изучение условий повышения продуктивности современного земледелия, при существующих формах собственности на землю, свидетельствует о необходимости сбалансированного круговорота веществ и энергии, регуляции и восстановление устойчивости экосистем.

Возделываемые культуры значительно отличаются способностью усваивать питательные вещества и влагу из почвы. На основании проведенных исследований В.Г. Ротмистров (1939) дифференцирует полевые культуры по свойствам и глубине проникновения корневой системы, разделяя их на три группы: 1) с неглубокой (гречиха, картофель, просо, горох); 2) средней (пшеница, рож, ячмень, вика) и 3) глубокой корневой системой (люцерна, сахарная свекла, подсолнечник, кукуруза), оказывающих существенное влияние на влагообеспеченность последующих культур в севообороте. Чередование культур с различной корневой системой, способствует усвоению не только легкодоступных питательных веществ, но и извлекать их из труднодоступных соединений (гречиха). Насыщенность зерновыми культурами, влечет за собой увеличение потребности в азоте и значительный рост засоренности следующих культур (Каштанов, Заславский,1984). Пропашные культуры имеют высокую способность борьбы с сорняками и подавляют развитие корневой гнили у зерновых культур. Однако они являются энергичными потребителями воды и элементов питания, что приводит к увеличению потребности в удобрениях для следующих культур, а также возникает необходимость для принятия комплекса агротехнических мер способствующих накоплению влаги в почве, недостаток которой в засушливых климатических условиях значительно снижает эффективность применения удобрений. Существенное влияние на баланс питательных веществ в почве оказывают бобовые культуры, которые способствуют накоплению в почве азота в усваиваемых растениями формах. Оценка влияния различных предшественников в засушливых условиях региона показала, что среди паровых предшественников наибольшая продуктивность зерновых культур наблюдалась в звеньях с сидеральными парами. После них с высокой эффективностью использовалась почвенная влага и атмосферные осадки, сокращалась численность сорняков и улучшалось фитосанитарное состояние, а поступающая в почву вегетативная масса растений способствовала

* *Автор: А. В. Халин*

значительному росту положительного баланса органического вещества. Кукуруза на силос уступает паровым предшественникам вследствие более высокой засоренности, использованию почвенной влаги и элементов питания. Из непаровых предшественников высокую оценку имеют посевы бобовых и зернобобовых культур, а также их смеси. Продуктивность повторных посевов яровых зерновых культур значительно снижается вследствие высокой засоренности, увеличения вредителей и возбудителей болезней при отсутствии борьбы с ними.

Биологизация земледелия способствует устойчивому производству сельскохозяйственной продукции с сохранением плодородия почвы и снижением природных рисков (Максютов и др., 2012). Различные культуры оставляют после себя не одинаковое количество питательных веществ и органических остатков, а также по-разному влияют на физические свойства и водный режим почвы.

Воспроизводство органического вещества в засушливых степных условиях земледелия, является наиболее актуальной проблемой при возделывании полевых культур, решение которой возможно только путем увеличения поступления в почву растительных остатков и органических удобрений (Жуков,1991; Лошаков, 1992; Халин 2000; Нестеренко, 2006). Поступление оптимального количества органического вещества в почву из растительных остатков, является важным условием улучшения ее агрохимических и агрофизических свойств, обеспечения лучшего проникновения воды в почву, повышения ее влагоемкости, уменьшения испарения и снижения эрозионных процессов. Технологии с использованием органических удобрений, призванные обеспечивать поддержание бездефицитного баланса гумуса в почве, не нашли широкого применения в современной практике землепользования из-за нехватки средств и материалов, что в конечном итоге может привести к деградации почв. Многочисленными исследованиями установлено, что накопление гумуса в почве зависит от поступающих в пахотный слой органических веществ и поукосных растительных остатков. Минимальное количество их поступает в звеньях с чистыми парами, а максимальное с многолетними травами и их смесями (Егоров, 1981; Попов, 1983, Орлов и др., 1985; Сафонов и др., 1991).

Органическое вещество, поступающее в почву с послеуборочными остатками полевых культур и удобрениями, необходимо для обеспечения нормального биологического круговорота с микробиологической минерализацией, а также мобилизацией биофильных элементов в доступные формы. Исследованиями В.М. Дудкина и А.Г. Дудкиной (1985) установлено наибольшее поступление биомассы в почву при выращивании многолетних бобовых и злаковых трав, далее следуют однолетние зерновые и зернобобовые культуры и наименьшее ее количество остается после пропашных кормовых культур.

Исследования биологических показателей плодородия почвы в бессменных посевах показали, что использование парового поля сопровождается

активным развитием процессов минерализации органического вещества. Наиболее высокий коэффициент минерализации и процесс накопления нитратов происходит при включении в севооборот парового поля и кукурузы, в качестве разделителя пшениц. По мере удаленности от чистого пара коэффициент минерализации значительно снижается. Посевы проса способствовали повышению коэффициента педотрофности и гумификации почвы. (Возняковская и др., 1996).

Исследования Ю.М. Нестеренко (2006) свидетельствуют о том, что чистые пары в условиях сухой степи не решают двух главных проблем сухого земледелия: проблемы накопления и эффективного использования влаги и проблемы повышения плодородия почв. Полученные результаты двенадцатилетних исследований Н.А Максютова (1997) в условиях Оренбургской области подтверждают высокую степень минерализации органических веществ в период парования, которая достигает 1,76 т/га, а величина потери гумуса 0,8%. По данным Е.И. Алиева и др. (1989) в чистых парах разлагается 0,6–2,2 т/га в год.

В органической форме почва аккумулирует 60% фосфора, 98% запасов азота, а также порядка 80% серы и значительное количество других элементов питания (Александрова,1980; Берестецкий,1984; Гаврилюк,1991). Растительный опад естественных фитоценозов, в условиях Центральной Черноземной зоны обеспечивает поступление в почву до 2% азота и 3–5% зольных элементов, при соотношении углерода и азота равным 20. Среди возделываемых культур в агрценозах, многолетние травы имеют наиболее близкий к естественным биоценозам химический состав. Немного уступают им горох и сахарная свекла и в 1,5–2 раза беднее азотом опад зерновых культур (Родин, Базилевич 1965). По данным Е.Н. Мишустина (1985) многолетние травы за год вегетации фиксируют в среднем 150–300 кг азота, из которых 75–100 кг остается в почве. В исследованиях Ф.И. Левина (1977) полевые культуры по количеству азота, оставляемого в растительных остатках располагаются в следующей убывающей последовательности: многолетние бобовые травы, зерновые бобовые, корнеплоды, кукуруза, зерновые.

Возделываемые в агроценозах растения, оказывают неодинаковое влияние на восполнение запасов гумуса в почве. Наиболее активно разложение гумуса происходит в чистых парах – 0,6–2,2 т/га (Алиева и др.,1989). По данным Г.Н. Булашкина (1989) при выращивании зерновых и зернобобовых культур при урожайности 20–25 ц/га в почве образуется 0,35 т гумуса и минерализуется 0,4 т/га. В посевах кукурузы его минерализуется 0,7–1,5 т/га, подсолнечника 1,2–1,8, сахарной свеклы 1,5–2,5 т/га, а поступление органического вещества в почву после их возделывания составляет 0,2 т/га. Под однолетними травами минерализуется 0,4–0,6 т/га гумуса, который полностью компенсируется поступающим в почву органическим веществом. Среди возделываемых культур наибольшее накопление гумуса в почве обеспечивают посевы многолетних трав (0,6–1,0 т/га) (Алиева и др.,1989; Кирюшин, 1989).

Однолетние бобовые растения значительно уступают многолетним по количеству ассимилированного азота и поступающим в почву растительным остаткам, оказывают меньшее влияние на физические свойства почвы. Согласно результатам исследования С.А. Воробьева (1979), по массе пожнивно-корневых остатков, полевые культуры, возделываемые в Центральной Черноземной зоне, располагаются в следующей убывающей последовательности: многолетние травы, озимые зерновые, яровые зерновые, кукуруза, подсолнечник, зерновые бобовые, сахарная свекла.

Результаты проводимых нами исследований в степной зоне Южного Урала показали, что по массе пожнивно-корневых остатков полевые культуры, можно расположить в следующей убывающей последовательности: многолетние травы (115,7 ц/га), суданская трава в занятом пару (79,2 ц/га), донник второго года хозяйственного использования (78,9 ц/га), озимая рожь (68,8 ц/га), кукуруза на зерно (67,2 ц/га), гречиха (66,6 ц/га), просо (63,5 ц/га), яровая пшеница твердая (56,4 ц/га), яровая пшеница мягкая (55,3 ц/га).

Состав и чередование культур на принципах плодосмена, с использованием нетоварной части урожая на удобрение, применение сидератов и органических удобрений на современном этапе развития богарного земледелия в степной зоне Южного Урала являются наиболее доступными способами сохранения и биологического воспроизводства плодородия почвы. Посевы многолетних трав в настоящее время являются основным источником, обеспечивающим естественный круговорот питательных веществ в агроценозах.

Возделываемые культуры и применяемые технологии обработки почвы оказывают различное и весьма существенное влияние на ее физические свойства, структуру, плотность сложения и содержание водопрочных агрегатов. Многочисленными исследованиями (Александрова, 1980; Берестецкий, 1984; Дудкин В.М., Дудкина А.Г. 1989; Каштанов, Заславский, 1984) установлено, что главной причиной ухудшения физических свойств черноземов является снижение количества и качества поступающего в почву органического вещества, а также содержание в ней гумуса.

Возделываемые культуры оказывают различное влияние на водный режим, и содержание влаги в почве. Происходит это вследствие различной потребности растений в воде, особенности распределения корневой системы в почве и технологии их возделывания.

Почва не одинаково иссушается в период вегетации различными культурами и имеет, различную влажность после их уборки. Поэтому, наряду с погодными условиями, важно учитывать степень и глубину иссушения почвы предыдущей культурой, биологические особенности последующей возделываемой культуры, количество и режим потребления почвенной влаги по отдельным фазам развития растений, что имеет особое значение для засушливых районов богарного земледелия.

Степень и сроки увлажнения почвы являются лимитирующим фактором эффективности возделывания культур, применяемых технологий, а также

использования удобрений и средств защиты растений. Для яровой пшеницы большое значение имеют весенние и раннелетние дожди. Кукуруза и просо хорошо используют осадки в середине и даже в конце лета. Недостаток осадков в июне-июле отрицательно сказывается на урожае картофеля, а недостаточная влагообеспеченность в сентябре создает критические условия для озимых зерновых культур. Изменение сроков посева, а, следовательно, и прохождение фаз развития растений имеет существенное значение для снижения степени риска влияния неблагоприятных климатических условий на урожайность сельскохозяйственных культур. При оптимальных сроков посева растения проявляют наибольшую устойчивость к засухе, суховеям и заморозкам, значительно возрастает эффективность применения удобрений.

Одним из способов, решения проблемы увеличения эффективности использования водных ресурсов в степной засушливой зоне Южного Урала при выращивании яровых зерновых культур является подзимний их посев в замерзший грунт. Преимуществом данного способа их возделывания является повышение эффективности использования почвенной влаги, накопленной в осенне-зимний период, а также весенних осадков ранними всходами яровых культур подзимнего ~~срока~~ посева, обеспечение наиболее благоприятных условий в период прохождения критических фаз роста и развития растений, повышение урожайности и качества продукции. Результаты лабораторных исследований сохранения всхожести зерна яровых культур в мерзлой почве в зимний период и возможностей его прорастания ранней весной показали, что семена яровой пшеницы, находившиеся в почве при отрицательных температурах до -33 ^{0}С., сохраняют всхожесть и энергию прорастания, дают дружные всходы с хорошо развивающейся корневой системой.

Результаты полевых исследований возделывания яровой пшеницы с подзимним сроком посева в производственных условиях в КФХ «Сорокин С.В.» Октябрьского района и опытном поле ОГАУ Оренбургского района Оренбургской области на южном среднемощном карбонатном тяжелосуглинистом черноземе (Халин, Бакиров, Нестеренко 2019) показали, что подзимние посевы обеспечивают эффективное использование водных ресурсов засушливой степной зоны, значительно снижая непродуктивные их потери. Вследствие более раннего начала ее вегетации, обеспечиваются благоприятные условия увлажнения и температурный режим в критические фазы развития (кущение и выход растений в трубку). Ранневесенние всходы яровой пшеницы переносят кратковременные заморозки до -6 и -8 ^{o}С. Хорошо развитая корневая система яровой пшеницы, а также ограниченное прохождение по полю сельскохозяйственной техники, из-за сокращения предпосевных и посевных работ в весенний период, способствовали сохранению оптимальных значений плотности почвы до уборки. Созревание яровой пшеница подзимнего посева происходит на две недели раньше пшеницы весеннего посева, что способствует увеличению возможности для проведения противоэрозионных и влагосберегающих мероприятий, борьбы с сорняками, значительно повышая ее

значение в качестве предшественника, увеличивая при этом экономическую эффективность и продуктивность агроценозов. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о значительном увеличении коэффициента продуктивного кущения, массы 1000 зерен и числа зерен в колосе.

Почвенные условия и состояние агроценозов, даже в пределах одного хозяйственного субъекта, имеют значительные различия. Поэтому при возделывании сельскохозяйственных культур нужно использовать различные варианты и комбинации чередования культур и при необходимости вносить корректирующие изменения в применяемую систему земледелия в зависимости от складывающихся погодных условий, особенностей конкретного поля и меняющихся рыночных отношений, обеспечивая высокую продуктивность сельскохозяйственных угодий с сохранением и увеличением их плодородия.

В схемах чередования культур необходимо максимально использовать биологические их возможности, а также действия и последействия предшественников, учитывая фитосанитарное и эрозионное состояние агроценозов. При составлении структуры посевных площадей, необходимо учитывать особенности почвенных, климатических условий и рельефа местности, применять почвозащитные системы и технологии, способствующие сохранению биологического равновесия в агроценозах. В схемах чередования культур необходимо использовать максимально широкий набор альтернативных культур, с различными сроками посева и уборки, учитывая экономическую их целесообразность, а также сидеральные и промежуточные культуры с дифференцированным подходом к их чередованию.

Изложенное в главе позволяет сделать вывод. Производство сельскохозяйственной продукции должно основываться на учете местных условий, которые могут существенно варьировать даже в пределах одной почвенно-климатической зоны. Водная компонента для степной зоны является сиситемообразующей, она лимитирует уровень урожайности агроценозов и являются показателем эффективности систем земледелия. Хорошо выраженный рельеф Южного Урала является мощным фактором развития эрозионных процессов. Поэтому обеспечение мер по накоплению и сохранению влаги и разработка противоэрозионных мероприятий с учетом рельефа конкретного участка является залогом высокого урожая и преумножения плодородия почвенного покрова. Также необходимо решение проблемы отрицательного баланса гумуса в применяемых системах земледелия.

Велико есть дело достигать во глубину земную,
куда рукам и оку досягнуть возбраняет натура,
проникать рассуждением сквозь тесных расселин …
и вечной ночью помраченные вещи и деяния
выводить на солнечную ясность.

М.В. Ломоносов

Глава 4. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА ЮЖНОГО УРАЛА: ФОРМИРОВАНИЕ, ГЕОДИНАМИКА И НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ*

Геологическая среда Южного Урала сформирована на стыке юго-восточной части Восточно-Европейской (Русской) платформы и юго-западной части Западно-Сибирской платформы. Расположение региона на стыке геодинамически взаимодействующих платформ с разной геологической историей обусловило существенные различия в строении земной коры западной и восточной частей региона, разделенные древними Уральскими горами, образовавшимися в результате подвига восточной кромки Восточно-Европейской платформы под Западно-Сибирскую платформу. Этому свидетельствует наклонное строение верхней части Уральских гор на Южном Урале.

4.1. Геология Южного Урала

Геологическое строение верхней части земной коры оказывает большое влияние на формирование природных условий. Южный Урал в геолгическом и тектоническом отношении является сложным. В него входят юго-восточная часть Восточно-Европейской платформенной области, северный борт Прикаспийской впадины, Предуральский краевой прогиб, Уральская складчатая система и северо-западная часть Тургайского прогиба.

Западная платформенная область расположена в платформенном Предуралье, которое принадлежит юго-восточной части Русской (Восточно-Европейской) платформы. Основные его формы – южная часть Волго-Уральской антиклизы и часть северного борта Прикаспийской синеклизы. На востоке платформенные структуры осложнены Предуральским краевым прогибом, в котором каменноугольные и пермские терригенно-карбонатные и галогенные породы имеют большие мощности. Платформенные тектонические структуры прямо влияют на рельеф (Оренбургский свод, Бузулукская впадина, Урало-Сакмарская седловина и др.). Осадочный чехол

* *Авторы: М. Ю. Нестеренко, А. Г. Соколов, А. В. Цвяк*

платформенной части имеет относительно меньшую мощность, сложен он терригенными рифей-вендскими и, главным образом, карбонатными палеозойскими породами, венчающимися сульфатно-галогенно-карбонатными пермскими породами, в основном, кунгурскими образованиями. Мощные слои глинистых пород в зоне аэрации с прослоями суглинков создают условия для формирования в них верховодок над подземными водами.

В геологическом строении Южного Предуралья принимают участие докембрийские, нижнепалеозойские, девонские, каменноугольные и пермские отложения, которые образуют палеозойский сложно деформированный фундамент. В период мезозойского пенеплена на нем образовались коры выветривания, во впадинах – триасовые, юрские, меловые, палеогеновые и неогеновые отложения.

С е в е р н ы й б о р т Прикаспийской впадины граничит с Восточно-Европейской платформой по долине р. Урал и занимает небольшую часть на территории исследуемого региона. Исследования показывают, что Прикаспийская впадина осложнена серией разломов широтного простирания, по которым происходит ступенчатое погружение блоков в южном направлении.

П р е д у р а л ь с к и й к р а е в о й п р о г и б на Южном Урале расположен приблизительно в ста километрах восточнее меридиана г. Оренбурга и состоит из внешней части прогиба, рифовой и приосевой зон и зоны Киндебулакских складок, переходящих в Уральскую складчатую систему (Хоментовский, 1950). Осадочный чехол в прогибе осложнен многочисленными флексурами, валообразными и антиклинальными поднятиями, согласующиеся с тектоническими нарушениями в кристаллических породах фундамента.

В Предуральском прогибе повсеместно распространены пермские отложения. В западной части его нижнего отдела выявлены образования ассельского яруса, представленные органогенно-обломочными известняками мощностью около 150 м. Восточная часть прогиба представлена терригенными отложениями артинского яруса. В центральной его части обнажается повсеместно распространенный кунгурский ярус. Он представлен галогенно-сульфатными отложениями, мощность которых в ядрах диапировых складок и соляных антиклиналей достигает 2000 м (Горяинов и др., 1972). В восточной части прогиба мощность кунгурского яруса уменьшается до 250–300 м.

Верхний отдел перми в Предуральском прогибе представлен отложениями глин, алевролитов и песчаников уфимского яруса общей мощностью до 350–500 м и красноцветными терригенными образованьями татарского и казанского ярусов мощностью до 250–800 м.

Четвертичные отложения на Южном Предуралье распространены повсеместно и представлены аллювиальными, лиманными, делювиальными и элювиальными образованьями. Аллювиальные отложения распространены в долинах современных рек, слагают террасы и русловые образования. Делювиальные отложения более распространены на склонах возвышенностей.

У р а л ь с к а я с к л а д ч а т а я с и с т е м а Южного Урала исследовалась В.В. Сагло (1967) и включает:

1. Западно-Уральскую зону внешней складчатости, в которой породы смяты в систему складок меридионального простирания.

2. Центрально-Уральское поднятие состоит из Зилаирского синклинория и Сакмарского антиклинория на западе, Уралтаусского и Эбетинского антиклинориев, Хабарнинской седловидной синклинали и Вознесенско-Присакмарского синклинория.

3. Магнитогорский прогиб, в составе которого Ирендыкский антиклинорий и Кизило-Уртазымский синклинарий.

В Уральской складчатой системе верхнепротерозойские отложения часто выходят на дневную поверхность в антиклинальных структурах. Отложения ордовикской системы выявлены в крыльях ее крупных антиклинальных структур. В складчатой системе имеются также силурийские, девонские, каменноугольные, пермские, мезозойские, неогеновые и четвертичные отложения (Гаряинов, 1972).

Геологический разрез Западно-Уральской зоны складчатости в интервале пород среднедевонского-нижнепермского возраста близок к платформенному. Центральное Уральское поднятие сложено метаморфическими и осадочными породами доордовикского возраста, простирающимися субмеридианально. В ядрах антиклинориев залегают обломочные и метаморфические породы преимущественно рифейского возраста. Синклинальные складки сложены ордовикско-нижнекаменноугольными сланцами, песчаниками, карбонатно-терригенными и карбонатными разностями с подчиненным развитием глинистых сланцев (Наливкин, 1941; Ярош,1965; Огаринов, 1969 и др.).

Южное Зауралье представлено восточной частью Магнитогорского прогиба и Восточно-Уральским поднятием. Магнитогорский прогиб состоит из ряда синклинориев, сложенных вулканогенными и осадочными толщами среднедевонско-нижнекаменноугольного возраста. В центральных частях синклинориев залегают известняки среднекаменноугольного возраста, в грабенах и мульдах – мезозойские угленосные образования. Восточно-Уральское поднятие состоит в основном из антиклинориев. Синклинальные его структуры сложены вулканогенными породами ордовикского и силурийского возраста, а также угленосными осадками, известняками и сланцами нижнекаменноугольного возраста.

4.1.1. Геология Южного Предуралья и его изучение

Геологическое строение Южного Предуралья и техногенные воздействия на верхнюю часть земной коры нами исследуются более двух десятилетий. Поэтому в этой книге оно рассмотрено более подробно.

4.1.1.1. Особенности геологического строения и геодинамического состояния земной коры Южного Предуралья

В Южном Предуралье, расположенном на юго-востоке Восточно-Европейской платформы, формирование и эволюция напряженно-деформированного состояния, геофизических процессов и сейсмичность земной коры определяются ее строением, природной динамикой и совокупностью воздействий на геологическую среду. Для решения поставленных задач выполнен анализ геологического строения и геодинамики верхней части земной коры Южного Предуралья (рис. 4.1), уточнена ее геодинамическая модель и сделан анализ напряженно-деформированного состояния, в значительной мере определяющего реакцию геологической среды на техногенные воздействия.

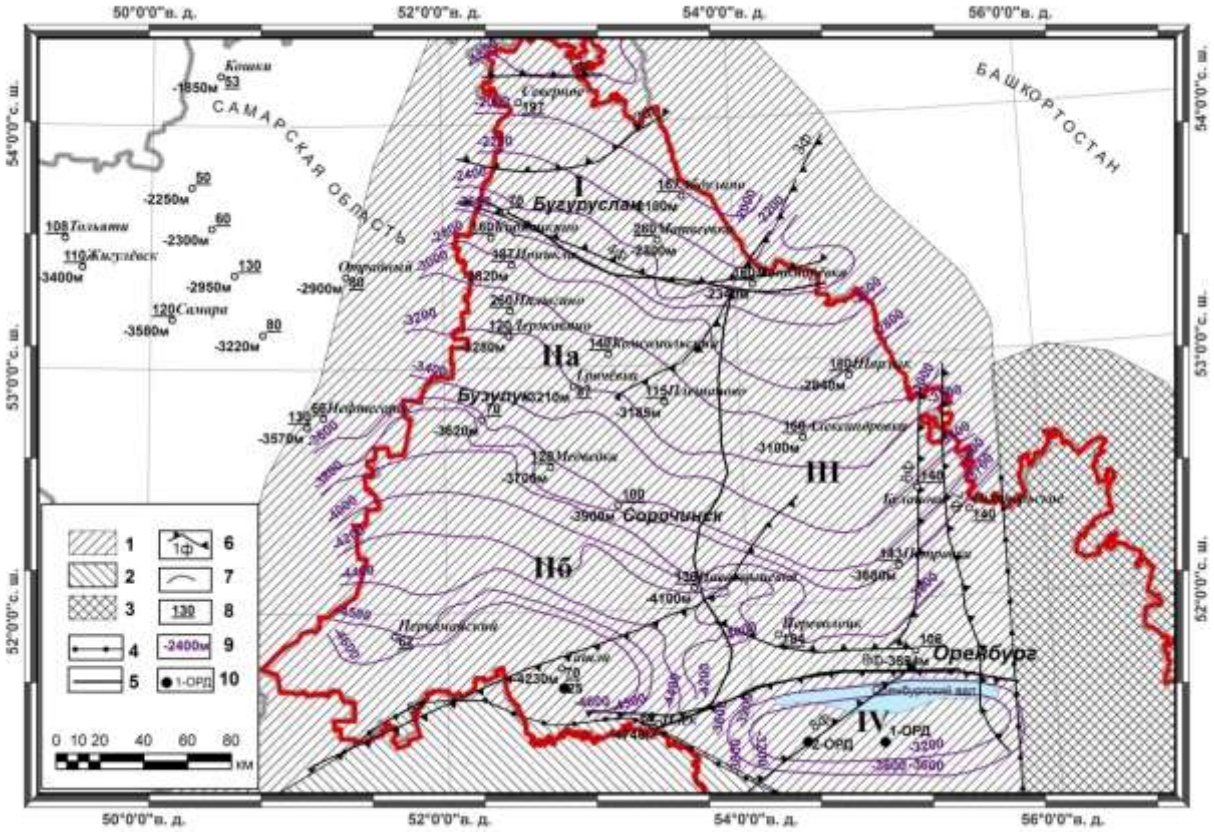


Рис. 4.1. Структурная карта-схема Южного Предуралья.
Структурные элементы: надпорядковые – Волго-Уральская антеклиза 1, Прикаспийская синеклиза 2, Предуральский краевой прогиб 3; 1-го порядка – Южный склон Татарского свода I; Бузулукская впадина: северный борт Бузулукской впадины IIа, южное погружение Бузулукской впадины IIб; Восточно-Оренбургское сводовое поднятие III, Соль-Илецкий свод IV; 4 – надпорядковые структуры; 5 – условные границы структур 1-го порядка; 6 – структурообразующие разломы 1-го порядка; 7 – изогипсы кровли кристаллического фундамента; 8 – абсолютные отметки поверхности рельефа; 9 – глубины залегания кровли кристаллического фундамента; 10 – структурные скважины

Наши исследования особенностей геологического строения с позиции техногенных изменений в геологической среде при добыче УВ основываются на разработанной А.В. Пейве (1971), В.В. Белоусовым (1975), Н.А. Беляевским (1981), В.Е. Хаиным (1985), В.И. Дюниным (2000) и др. блоково-слоистой модели земной коры. С геодинамических позиций формирование структуры осадочного чехла рассматривается как результат внутриплитной динамики, вызванной в основном коровыми процессами и ротационными напряжениями, и как результат внешних по отношению к платформенным структурам воздействий, которые связаны с динамикой литосферных плит. Литосферная плита в результате вращательно-поступательного движения и воздействия внешних сил дробится на крупные блоки – платформы, на которых формируются горноскладчатые пояса. Эти пояса, взаимодействуя между собой, делятся на более мелкие блоки и т.д., вплоть до микроблоков. Максимальные градиенты напряжений формируются на границах блоков, где наиболее часто наблюдаются деформации и подвижки земной коры, обусловливающие землетрясения. Для выяснения конкретных причин их возникновения необходимо знание особенностей геологического её строения и исторического становления территории.

Неоднородность строения земной коры приводит к неоднородному распределению напряжений и к их концентрации в местах контактов блоков. Медленные деформации земной коры, вызываемые природными и техногенными причинами, приводят к подвижкам по поверхности контактов. В результате происходит сброс напряжений и выделение сейсмической энергии. Выяснение конкретных причин их возникновения предполагает знание особенностей геологического строения территории в плане её исторического становления (Нестеренко, 2012).

Исследуемый регион по многим геологическим параметрам является пограничным. Это объясняет особую сложность его строения.

На основе анализа фондовых материалов и литературных источников уточнено геологическое строение Южного Предуралья, состоящее из двух главных структурных этажей: докембрийского кристаллического фундамента и осадочного чехла.

На поверхности залегают четвертичные, пермские, каменноугольные и другие осадочные отложения (Атлас Оренбургской области, 1993 г.). Рельеф лишь в общих чертах наследует общее погружение докембрийского фундамента в южном направлении, что свидетельствует о сложной истории геологического развития региона.

Природная динамика осадочного чехла определяется главным образом динамикой кристаллического фундамента, и ее анализ требует рассмотрения земной коры как единой системы. Блоково-разломная структура земной коры и пликативные и дизъюнктивные дислокации осадочного чехла закладываются на ранних этапах дробления фундамента. Поэтому блоково-разломная структура

платформенных частей земной коры определяет и дискретную структуру геологической среды, при этом блоки земной коры взаимодействуют между собой в зонах растяжения, сжатия, скольжения и сдвига.

Таким образом, реальные массивы грунтов и горных пород имеют блоковое строение и находятся под действием постоянных и медленно меняющихся тектонических напряжений. Неоднородность строения земной коры приводит к неоднородному распределению напряжений и к их концентрации в местах контактов блоков. Медленные деформации земной коры, вызываемые природными и техногенными причинами, приводят к подвижкам по поверхности контактов. В результате происходит сброс напряжений и выделение сейсмической энергии.

В основу методологии исследования и мониторинга геодинамического и напряженно-деформированного состояния недр нефтегазоносных районов в условиях техногенного воздействия на нее нами принят комплексный подход, учитывающий взаимовлияние геологических структур, динамики гидрогеосистемы, добычи полезных ископаемых и напряженно-деформированного состояния среды. Сравнительный анализ геологического строения, системы разломов, динамики подземных вод, напряженности и сейсмичности позволяет районировать территорию региона по геофизической и сейсмической активности (рис. 4.2). Комплексный подход ориентирован на теоретическое обобщение и дальнейшее развитие представлений о взаимодействиях в системе геологическая среда – гидрогеосистема – напряженно-деформированное состояние и сейсмичность верхней части земной коры в условиях техногенеза. Он также направлен на выявление закономерностей формирования НДС и разработку теоретических основ геофизического и сейсмического районирования платформенных территорий с учетом техногенного воздействия на геологическую среду на примере Южного Предуралья.

Предлагаемая методология мониторинга и прогноза техногенной сейсмичности на основе комплексного учёта техногенных изменений в недрах включает следующие методы и методики:

– создания сети сейсмических станций и мониторинга геофизической и сейсмической активности недр в районах разрабатываемых месторождений углеводородов;

– выявления зон повышенной геодинамической активности и районирования территории;

– разработки геоинформационной системы и базы данных сейсмических событий, геологического строения, техногенных нарушений, инженерных и промышленных объектов территории исследований;

– распознавания и обработки техногенных и природных сейсмических событий по записям сейсмических станций;

– моделирования сейсмической активности территории исследований во времени;

– геофизического и сейсмического районирования нефтегазоносных районов;

– моделирования техногенных геодинамических процессов Южного Предуралья и выявления геофизических индикаторов техногенных трансформации геологической среды в районах добычи нефти и газа;

– моделирования развития гидродинамических воронок в подземных водах на разрабатываемых месторождениях нефти и газа;

– исследования прогнозных параметров сейсмической активности районов добычи нефти и газа;

– выявления техногенных изменений в геодинамике верхней части земной коры и их последствий;

– выявления закономерностей влияния добычи нефти и газа на напряженно-деформационное состояние и сейсмичность недр в районах недропользования;

– контроля техногенных изменений в динамике земной коры на разрабатываемых месторождениях углеводородов путем создания геодинамических полигонов с использованием сейсмического мониторинга.

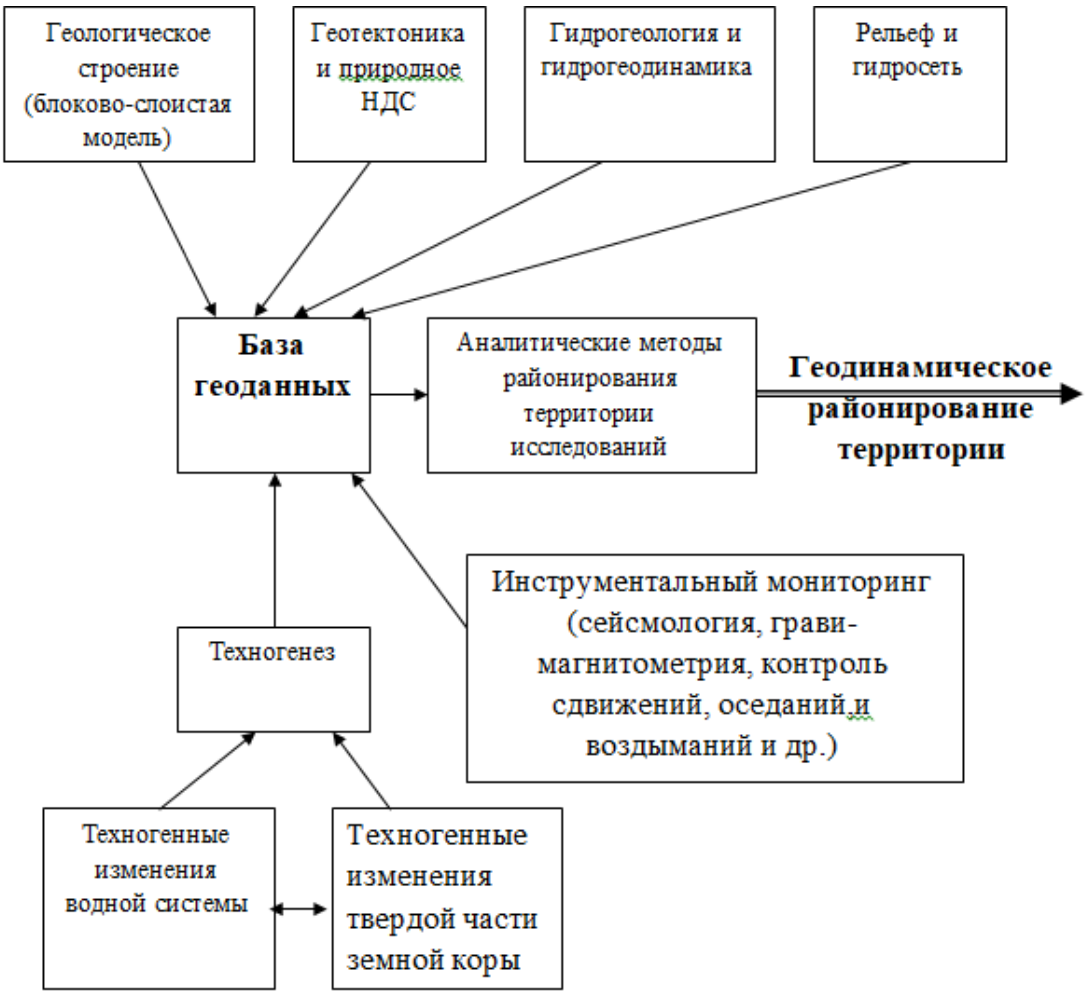


Рис. 4.2. Методика геодинамического районирования нефтегазоносных областей

На основе созданной базы данных реализован ряд математических моделей, описывающих геофизические и геодинамические процессы в недрах районов добычи нефти и газа Южного Предуралья.

Южное Предуралье по своему геологическому строению является уникальной территорией. Оно расположено на стыке трех крупнейших структур: Волго-Уральская антеклиза, Предуральский краевой прогиб и Прикаспийская синеклиза. С другой стороны, являясь, по большей части, платформенной территорией, отражает черты внутриплатформенных районов. Это обусловливает необходимость анализа напряженно-деформированного состояния, геологического строения и сейсмичности ряда других внутриплатформенных территорий со схожими условиями.

Слоисто-блоковое строение земной коры находит свое отражение в глобальном и региональном масштабах. По определению Л.И. Красного (1984) под геоблоком следует понимать глыбовый элемент тектоносферы, отражающий ее специфическую делимость на крупные структуры земной коры, обладающие характерными чертами литогенеза, магматизма и метаморфизма, а также относительно автономной историей геологического развития. В геолого-геофизическом аспекте проблема делимости («дискретности») земной коры связана с выделением блоковых структур и обоснованием их расслоенности. Решение этой проблемы возможно на основе выделения разломных зон различного порядка, представляющих собой планетарную сеть ограничений блоковых объемных структур различного порядка.

В вертикальном разрезе строение верхней части земной коры Южного Предуралья типично для Восточно-Европейской платформы.

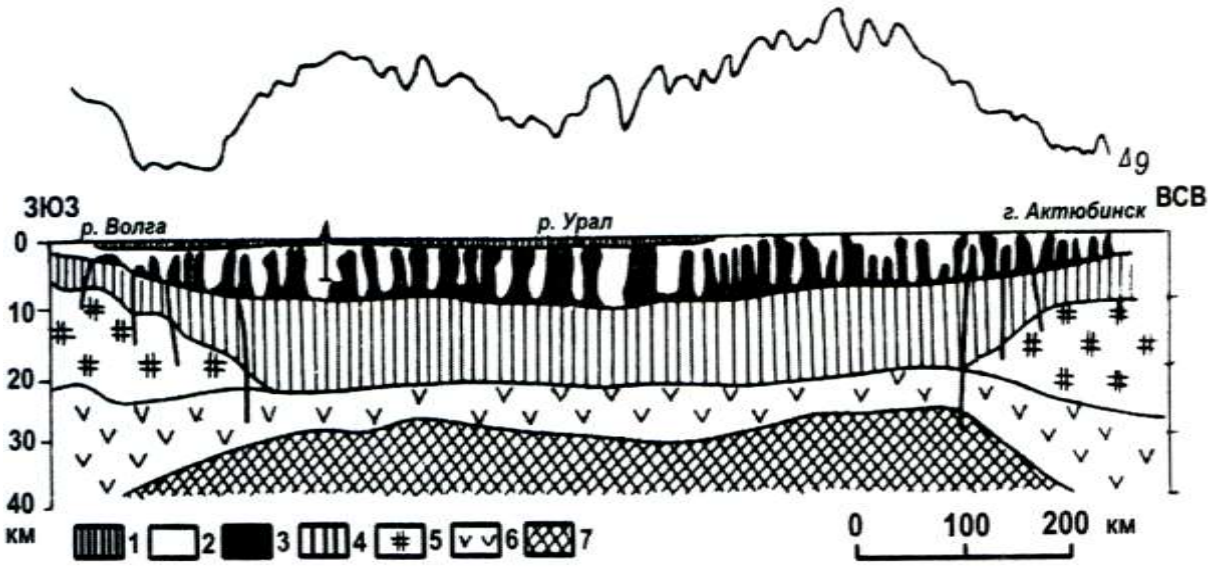


Рис. 4.3. Геологический разрез через Восточно-Европейскую платформу и Прикаспийскую синеклизу: 1 – отложения верхнего плиоцена; 2 – отложения палеогена, мезозоя и пермо-триаса; 3 – соляные штоки и гряды; 4 – подсолевой осадочный комплекс; 5–6 – консолидированная кора (5 – гранитный, 6 – базальтовый слои); 7 – верхняя мантия

Сведения о глубине и структуре поверхности мантии в пределах юго-востока Волго-Уральской антеклизы, Предуральского краевого прогиба и северного борта Прикаспийской синеклизы могут оцениваться, как базовая информация о сейсмическом потенциале региона (см. рис. 4.3). Возможное положение мантийной поверхности дает анализ результатов гравиметрических исследований по аномалиям ускорения силы тяжести (Δg).

На рассматриваемой территории формирование пластово-блоковых геологических тел определяется особенностями развития кристаллического фундамента архейско-нижнепротерозойского возраста и отложений осадочного чехла верхнепротерозойского, палеозойского и мезозойского возраста. Поверхность фундамента осложняется флексурами, разломами, по которым его сегменты устойчиво ступенчато погружаются в юго-восточном направлении. Ступени на всем протяжении осложняются более мелкими блоками. Кроме того, структуры первого и второго порядков также ограничены разломами и разбиты, в свою очередь, разломами по границам внутренних выступов-останцов.

4.1.1.2. Строение кристаллического фундамента в краевой юго-восточной зоне Восточно-Европейской платформы

На распределение по территории и интенсивность геодинамических процессов существенное влияние оказывает строение и глубина залегания кристаллического фундамента.

Первые карты рельефа поверхности фундамента платформенной части Оренбургской области были составлены по данным «легких» геофизических методов: гравиразведки, магниторазведки и электроразведки М.Ф. Свищевым (1961), Н.И. Белоликовым (1964), Б.А. Ляпустиным (1976) с использованием материалов комплексных геофизических исследований Ю.Н. Година (1958) и др.

Фундамент, подстилающий осадочный комплекс, по физическим свойствам резко отличается от пород осадочного чехла, поэтому поверхность его является опорной границей раздела для многих геофизических методов исследования строения земной коры. Карта строения фундамента составлена В.С. Коврижкиным и И.М. Жуковым в 1997 г для монографии «Геологическое строение и нефтегазоносность Оренбургской области» (Геологическое строение и нефтегазоносность Оренбургской области, 1997). Но эти карты в значительной мере устарели.

К настоящему времени в Оренбургской области проведены значительные по масштабам и результатам геолого-разведочные работы (ГРР), которые изменили наши представления о строении ее фундамента и осадочного чехла. Массовое применение сейсморазведки позволило в разы увеличить точность построения сейсмических границ, в том числе кровли фундамента, и выявить широкое развитие разрывной тектоники в фундаменте и осадочном чехле.

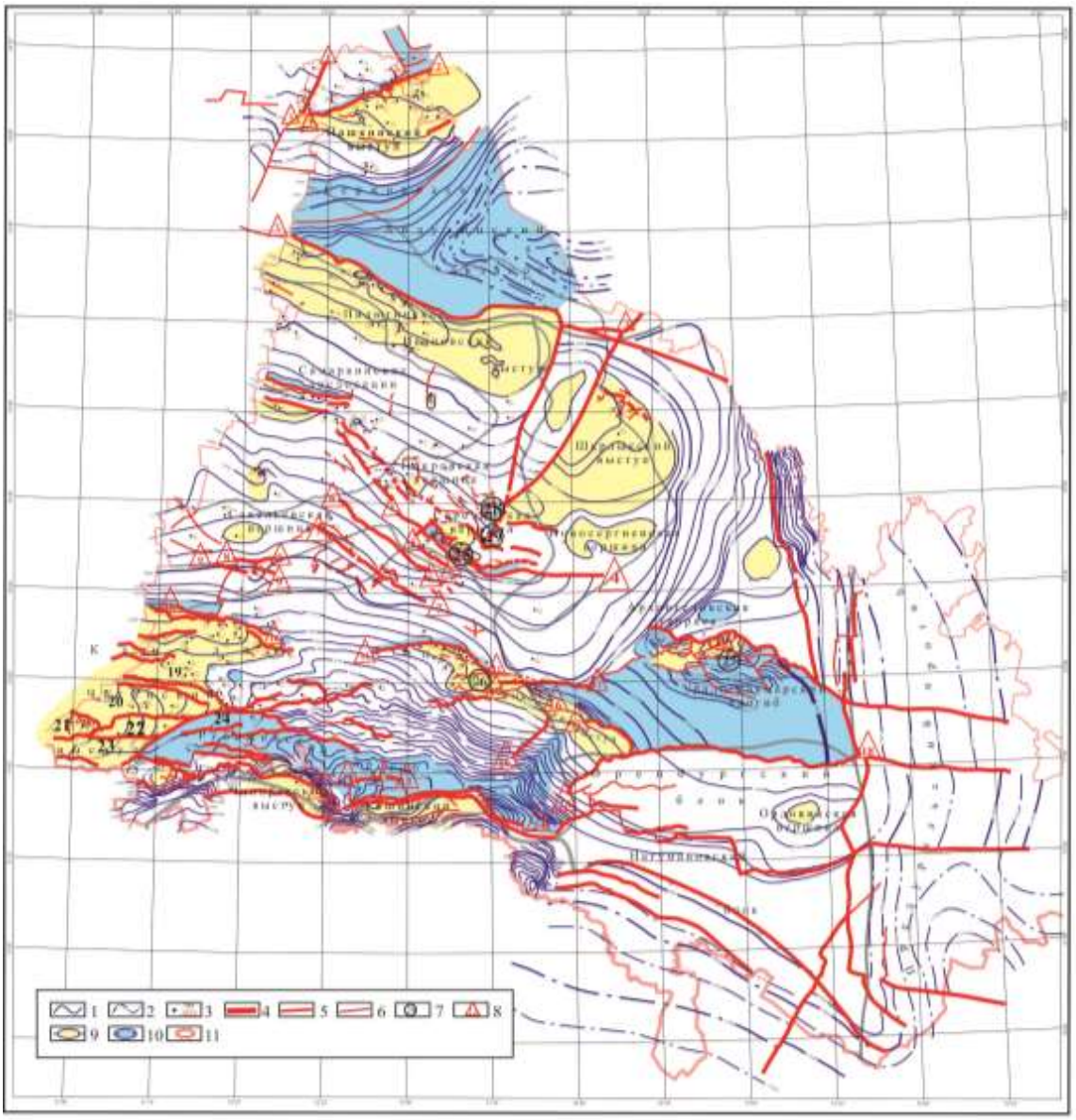
Представленная в данной работе структурно-тектоническая карта (рис. 4.4) учитывает весь полученный объем информации по фундаменту к настоящему

времени. Прежде всего – результаты глубокого бурения. Фундамент хорошо разбурен в районах, где отложения девона ложатся непосредственно на породы фундамента: на выступах фундамента Южного склона Татарского свода и Жигулевско-Оренбургского свода. Не вскрыт фундамент в Серноводско-Абдулинском авлакогене, в Предуральском прогибе, в пределах Соль-Илецкого выступа и в бортовых частях Прикаспийской впадины. Единичные скважины вскрыли отложения фундамента в границах Восточно-Оренбургского сводового поднятия. В перечисленных тектонических районах фундамент не вскрыт из-за больших толщин терригенных отложений протерозоя (рифей-венда) или нижнего палеозоя (ордовик, силур), перекрывающих породы фундамента и не являющихся объектами нефтегазовых поисков. В этих районах фундамент прогнозируется по геофизическим данным.

Проявления разрывной тектоники в фундаменте обусловлены вертикальными движениями, достаточно длительным и медленным, быстрым тангенциальным, приводящим к разрывам сплошности и заметным вертикальным и горизонтальным смещениям блоков относительно друг друга. В связи с этим современный фундамент образует линейно грядовый рельеф с асимметричным строением всех блоков. Как правило, приподнятые края блоков осложняются линейно вытянутыми валами, а опущенные края – линейно вытянутыми прогибами. Предшествующие карты фундамента отличались изометричными формами рельефа: выступами, вершинами, куполами. Принципиальное отличие новой структурно-тектонической карты от прежних построений заключается в признании значительно большей раздробленности складчатого основания на линейно вытянутые гребневидные формы (рис. 4.4).

В региональном плане территория западной части Оренбургской области по Р.О. Хачатряну (1979) расположена в юго-восточной краевой зоне Волжско-Камской антеклизы между Жигулевско-Пугачевским и Южно-Татарским сводами, с одной стороны, Прикаспийской синеклизой и Предуральским краевым прогибом, с другой. Основным тектоническим элементом Оренбургской части является Жигулевско-Оренбургский свод, как восточное продолжение Жигулевско-Пугачевского свода, ограниченный с трех сторон отрицательными структурами: с севера Серноводско-Абдулинским авлакогеном, с юга Прикаспийской синеклизой и с востока Предуральским прогибом. Основной закономерностью поверхности фундамента является его погружение с севера на юг и с запада на восток. Однако, эти погружения очень неравномерные и подчиняются разломно-блоковой тектонике, которая явилась следствием активизации разломов в различные эпохи тектогенеза (Денцкевич, 1998).

В работе А.Г. Соколова (2010) выделено 3 класса тектонических нарушений: 1-го ранга – глубинные разломы; 2-го ранга – протяженные тектонические зоны с доказанной нефтеносностью или прогнозируемые как зоны нефтегазоности (ЗНГН); 3-го ранга – короткие разломы, являющиеся спутниками протяженных зон.



Изогипсы поверхности кристаллического фундамента: 1 – по данным бурения и сейсморазведки, 2 – по данным гравиметрии, 3 – скважины, вскрывшие кристаллический фундамент с отметкой по его кровле; тектонические нарушения 4 – 1-го ранга (глубинные разломы), 5 – 2-го ранга - региональные, 6 – 3-го ранга – второстепенные; 7 - грабены; 8 - разломы; 9 – Выступы и приподнятые участки; 10 – прогибы и пониженные участки, 11 – малоразмерные купола. Разломы (Δ): 1. Байтуганский, 2. Туймазино-Бавлинский, 3. Большекинельский, 4. Ольховский, 5. Пойменный, 6. Воробьевско-Сорочинский, 7. Тихоновский, 8. Матюнинский, 9. Крутоярский, 10. Гаршинский, 11. Акъярский, 12. Землянский, 13. Долинно-Рубежинская тектоническая зона, 14. Кошинская горстовидная зона, 15. Сладковско-Заречный, 16. Рыбкинский, 17. Переволоцкий, 18. Оренбургский. Тектонические блоки Камелик-Чаганской системы дислокаций: **19**. Росташинско-Давыдовский, **20**. Зайкинский, **21**. Вишневский, **22**. Мирошкинский, **23**. Овчинниковский, **24**. Дружный. Грабены (О): 25. Ольховский, 26. Бикулинско-Землянский палеограбен, 27. Архангеловский, 28. Куштакский, 29. Междуреченский.

Рис. 4.4. Схеметическая структурно-тектоническая карта поверхности кристаллического фундамента

Главными по значению и по влиянию на всю геологическую историю, являются глубинные разломы. Они лежат в основе тектонического районирования области. К ним относятся Туймазино-Бавлинский,

Большекинельский, Землянский, Оренбургский, Северо-Прикаспийский, Предуральский разломы и Ольховский грабен (рис. 4.4). Их характерной особенностью (кроме Предуральского краевого прогиба) являются единые условия формирования на базе проявления 2-х основных фаз складчатости. Первая фаза раннепротерозойская – грабеновая, когда погружение отдельных блоков компенсировалось осадками рифей-вендского (или ордовикского в случае Оренбургского) возраста. При этом прогибание одного из смежных блоков происходило в условиях глобального растяжения поверхности земной коры. Механизм образования рассматриваемых прогибов напоминает рифтогенез. Однако в Южном Предуралье динамика несколько иная. При рифтогенезе оба борта опознаются по резкому смещению блоков. Выявленные в Оренбургской области прогибы, отличаются активным одним бортом и пассивным другим. Вторая фаза – инверсионная, горстовая в девонское время (франский ярус) вывела ранее опущенные блоки на уровни выше смежных. Эта тенденция была закреплена позднегерцинским и альпийским циклами тектогенеза, создавшими современный облик перечисленных крупных структурных элементов. Следует отметить, что глубинные разломы являются и наиболее долгоживущими. Так, например, по Большекинельскому разлому воздымание северного блока продолжалось и в каменноугольное и в пермское время, что привело к образованию Большекинельского вала практически по всем палеозойским отложениям. По Оренбургскому разлому воздымание южного блока происходило также длительное время, что создало по всем отложениям Оренбургский вал.

Рассматривая главный тектонический элемент района исследований (рис. 4.4) – Жигулевско-Оренбургский свод с севера на юг, северным его ограничением является региональный глубинный Большекинельский разлом. По этому разлому под влиянием сил растяжения сформировалась наиболее крупная в Оренбургской области отрицательная структура – Серноводско-Абдулинский авлакоген. В протерозойское время он заполнялся продуктами эрозии с соседних приподнятых участков и к додевону был полностью снивелирован. Глубина залегания фундамента в самой восточной части авлакогена достигает по геофизическим данным 8 км.

Южнее Большекинельского разлома поверхность фундамента Жигулевско-Оренбургского свода представляет собой моноклиналь в разной степени разбитую разломами, неравномерно погружающуюся на юг и на восток. Самый северный протяженный Пилюгинско-Ивановский выступ является приразломной структурой, контролируемой с севера Большекинельским разломом. Бурением и сейсморазведкой установлено, что его гребневидный край, получивший название Кирюшкинской гряды представляет тектоно – эрозионный останец с многочисленными вершинами (Красно-Октябрьской, Воинской, Курбанайской, Наумовской и др.), который имеет продолжение в пределы Самарской области. Его протяженность в Оренбургской области 60 км, ширина 5–10 км, амплитуда около 150 м.

В средней субширотной части описываемого структурного элемента и по осадочному чехлу в средней части Бузулукской впадины, выделяется интенсивно дислоцированная зона диагональной ориентировки, начиная от Самаркинских дислокаций на западе и кончая Царичанско-Судьбодаровской группой поднятий в пределах Восточно-Оренбургского сводового поднятия (ВОСП) на востоке. Локальные структуры полностью подчинены дизъюнктивной тектонике. Чётко выражены приразломные валы Самаркинских взбросов (Жигулёвско-Самаркинская система дислокаций). К ним приурочены Могутовское, Гремячевское, Воронцовское месторождения. Залежи Рябинового месторождения контролируются тектоническими нарушениями Малогасвицкой системы. Нефтеносность на Ольховском и Пойменном месторождениях подчиняется блоковой тектонике Ольховской системы разломов. Красное, Смоляное, Кодяковское месторождения приурочены к Боголюбовско-Смоляной системе взбросов (Соколов, 2010).

Жигулёвско-Самаркинская система дислокаций не ограничивается территорией Оренбургской области, и имеет продолжение на запад в группе Муханово-Дмитриевских поднятий. Общая протяженность системы поднятий достигает 300 км при ширине до 40–50 км, в том числе 170 км по территории Оренбургской области.

На юго-восточном продолжении рассматриваемой зоны в протерозойское время образовался Ольховский грабен (впадина, углубление, образовавшееся в результате опускания, оседания участка земной коры по разломам), который установлен бурением и сейсморазведкой в пределах Ольховского месторождения и к востоку от него. Он представляет собой тектоническую расщелину в теле фундамента, заполненную рифейскими отложениями. Ширина грабена 2–3 км, протяженность около 30 км, простирание диагональное с юго-востока на северо-запад. Глубина грабена и соответственно мощность рифейских отложений – около 300 м. По нашим представлениям Ольховский грабен является мелким элементом крупной Урало-Бавлинской синеклизы, внедрившимся в тело фундамента Жигулевско-Оренбургского свода с востока. Анализ сейсмического материала говорит о том, что Ольховский грабен может быть не единственным таким тектоническим элементом. К северу от него на Междуреченской и Куштакской площадях выделены еще два подобных грабена, хотя и меньших размеров.

Южнее этой зоны сейсмическими методами выявлены ещё три разлома разной протяженности: Пойменный, Воробьёвско-Сорочинский и Тихоновский. Они имеют такую же диагональную ориентировку, как и Ольховский. Как правило, все разломы являются структурообразующими: приподнятые блоки образуют приразломные валообразные структуры, амплитуды которых зависят от амплитуды взбросов или сбросов.

Южнее, примерно на одной широте, бурением подтверждены две однотипные взбросовые системы дугообразной формы: Гаршинская и

Акъярская. Гаршинская система состоит из нескольких линий разломов, субпараллельных друг другу. Наибольшую амплитуду смещения имеет фронтальная линия (50–80 м), следующие лишь 10–20 м. С юга к разломным зонам примыкает обширный приподнятый участок, протяженностью до 45 км при ширине до 15 км. Акъярский разлом на более контрастном восточном отрезке имеет амплитуду около 50 м. Южный приподнятый блок Акъярской структурной зоны представляет собой гребневидную систему горстовых поднятий, ступенчато воздымающихся в восточном направлении от отметок -4500 на западе и до -4000 м на востоке в районе Сидоровской площади. Восточным продолжением Акъярского разлома служат Землянский и Капитоновский дизъюнктивы. Отмечается затухание Акъярского разлома на запад, а Гаршинского на восток, то есть во встречных направлениях к осевой зоне Бузулукской впадины.

Наиболее раздробленной является южная часть Бузулукской впадины: Камелик – Чаганская система разломов с дизъюнктивной тектоникой преимущественно сбросового характера. При этом сформировался ряд взаимосмещенных блоков с амплитудами до 300–500 м. Эта система блоков сформировалась в пределах крупной положительной структуры Камелик-Чаганского выступа фундамента, который представляет собой погружающийся на юго-восток элемент Жигулевско-Оренбургского свода.

Гораздо меньше изучен фундамент в восточной и юго-восточной частях Южного Предуралья на территории современного Восточно-Оренбургского сводового поднятия. Являясь юго-восточной краевой зоной Волго-Уральской антеклизы, фундамент здесь погружен на значительные глубины, образуя ложе Урало-Бавлинской синеклизы, выполненной осадками рифей-венда, принадлежащими промежуточному структурно-тектоническому этажу. По данным гравиразведки закартированы два меридиональных нарушения, по которым проходит западная граница синеклизы. В ее пределах картируются два выступа фундамента: Шарлыкский и Новосергиевский, первый из них подтвержден бурением. К востоку от выступов происходит наиболее резкое погружение фундамента в сторону Предуральского прогиба. По субширотному разлому, установленному сейсморазведкой, южнее Архангеловского выступа (террасы) происходит ступенчатое погружение с амплитудой около 500 м с образованием Урало-Сакмарского прогиба, осложненного грабеном с амплитудой около 500–800 м (Соколов, 1997).

Северное ограничение Урало-Сакмарского прогиба к востоку от Акъярской тектонической зоны совпадает с Землянским глубинным разломом. Его рифей-вендские отложения, подстилающие додевон с юга подтверждены бурением в пределах Бикулинско-Землянского палеограбена. Предполагается значительное погружение фундамента в восточном (Предуральский прогиб) и южном (Оренбургский разлом) направлениях до 7 км.

Соль-Илецкий выступ, расположенный в южной части исследуемой территрии, имеет четкие тектонические границы: на севере с Оренбургским

разломом, на юге с бортом Прикаспийской впадины и на востоке с бортом Предуральского прогиба (Соколов, Киселев, 2004). В его северной части между крупными широтными разломами сформировался Оренбургский блок, который в ордовикское время был грабеном. По данным бурения толщина вскрытой части додевона, представленной ордовикскими отложениями, составляет более 2160 м. Затем во франское время, в эпоху сжатия, произошла инверсия, и по тем же нарушениям Оренбургский блок испытал мощное воздымание с образованием крупной линейной структуры горстового типа. По данным гравиразведки в Оренбургском блоке фундамент залегает на глубине 6500–7000 м. Южнее его выделен Нагумановский блок, более погруженный и с относительно выположенным рельефом.

Бортовая зона Прикаспия по фундаменту, по нашим представлениям является активной тектонической зоной. С одной стороны, по ней происходит погружение фундамента в сторону центральной очень погруженной Прикаспийской синеклизы, с другой стороны, по северным обрамлениям границы в результате мощных тангенциальных сил, вызванных закрытием океана Тетис, образовались выступы фундамента Северо-Прикаспийского горста (Новицкий, 1990). Чинаревский выступ находится на территории Казахстана, но его северное обрамление проявилось в Оренбургской области. Кошинский выступ подтверждается Кошинской структурой и Кошинской горстовидной зоной. В восточной части бортовой зоны на южном ограничении Соль-Илецкого выступа зафиксированы протяженные тектонические нарушения сбросового типа диагональной северо-запад – юго-восточной ориентировки. Здесь предполагаются максимальные глубины залегания фундамента – до 11 км.

Восточная окраина Восточно-Европейской платформы замыкается Предуральским прогибом меридиональной ориентировки, протягивающимся на сотни километров от Мугоджар на юге до побережья Северного Ледовитого океана. Он состоит из ряда впадин. На территории Оренбургской области это Бельская впадина. Несмотря на довольно детальную изученность прогиба современной сейсморазведкой, информация о фундаменте мала. Это объясняется недостаточной динамической выразительностью соответствующх отражающих горизонтов, отсутствием привязки отражающих горизонтов (ОГ), отрицательным влиянием соляной тектоники на качество отражения сигналов подсолевыми горизонтами. В связи с этим глубинное положение фундамента представляется по данным гравиразведки (Светлакова и др., 2003).

Карта по поверхности кристаллического фундамента (рис. 4.4) отображает современное положение и строение, осложненное движениями и осадконакоплением в течение длительного палеозойского периода. Какой была поверхность фундамента на начало осадконакопления можно только предполагать. Сформировалась она свыше 2,5 млрд. лет назад к концу архея. Состав: изверженные породы – гнейсы и гранитогнйсы. В какой-то степени фундамент определил геологическое строение последующих эпох, каждая из

которых внесла свои изменения и усложнения, так как все поднятия и опускания, сдвиги и разломы реализовывались через фундамент. Определенно можно говорить о том, что длительное время в конце архея существовал континентальный климат, а поверхность была подвержена эрозионным процессам, в основном, под действием ветра, солнечной энергии и температуры. Об этом свидетельствует наличие коры выветривания толщиной в 30–40 м. Неоднородность ее состава приводила к образованию возвышенностей, которые впоследствии стали эрозионными останцами: Пашкинский выступ в пределах южного склона Татарского свода, Пилюгинско-Ивановский выступ, осложненный локальными мелкими вершинами, на северной окраине Бузулукской впадины и др. Кристаллический фундамент представлял, по-видимому, поверхность близкую к моноклинали с четко выраженным погружением с севера на юг. Уже тогда северная часть Оренбургской области входила в состав обширного Татарского свода и все геологическое время оставалась самым приподнятым участком платформы. В архее, по-видимому, были заложены ~~такие~~ субширотные разломы, которые затем были причислены к глубинным (Соколов, 2010): Туймазино-Бавлинский, Большекинельский, Оренбургский.

В протерозое (650–3500 млн. лет назад) большая часть территории Оренбургской области испытывала континентальный режим, фундамент был выведен на поверхность и подвергался эрозионным процессам. В то же время в протерозое в пределах Оренбургской области земная кора подвергалась глобальному растяжению, в результате чего по наметившимся разломам образовались прогибы, авлокагены, грабены. В пределах Оренбургской области известные протерозойские грабены: Туймазино-Бавлинский, Серноводско-Абдулинский, Ольховский, Землянский, Соль-Илецкий, Предуральский. Динамика их была такова, что от разлома в сторону ослабленного борта прогибание усиливалось и расширялось, а прогиб заполнялся результатами эрозии возвышенных участков поверхности, т.е. континентальными – терригенными осадками. Поэтому все эти грабены, как правило, ассиметричны. Они глубокие (до нескольких километров) в непосредственной близости к породившему их разлому, и постепенно выполаживаются к противоположному борту. Наиболее значительный из них Серноводско-Абдулинский авлакоген (САВ) имеет глубину прогиба возле Большекинельского разлома свыше 2-х км, ширину до 60 км, в длину свыше 350 км, пересекая Самарскую и Оренбургскую области и Башкортостан. В последнем САВ сливается с Предуральским прогибом. Эти грабены опознаются по рифей-вендским отложениям, слагающим прогибовую часть. Исключение представляет Соль-Илецкий грабен, контролируемый Оренбургским глубинным разломом, который выполнен ордовикскими терригенными отложениями, по данным бурения толщиной свыше 2 000 м.

Прикаспийская синеклиза начинает существенно отчленяться от Волго-Уральской антеклизы только в ранегерцинский этап, т.е. в среднем девоне.

Однако тектонические сочленения все-таки были, о чем свидетельствуют исследования Ю.В. Новицкого (1990), который установил существование Прикаспийского горста, состоящего из Чинаревского, Кошинского и Соль-Илецкого блоков, сформировавшиеся вдоль бортовой зоны Прикаспия. В пределах Чинаревского блока зафиксирован грабен такого же характера, как вышеупомянутые Серноводско-Абдулинский, Ольховский и др. заполненный рифей-вендскими отложениями.

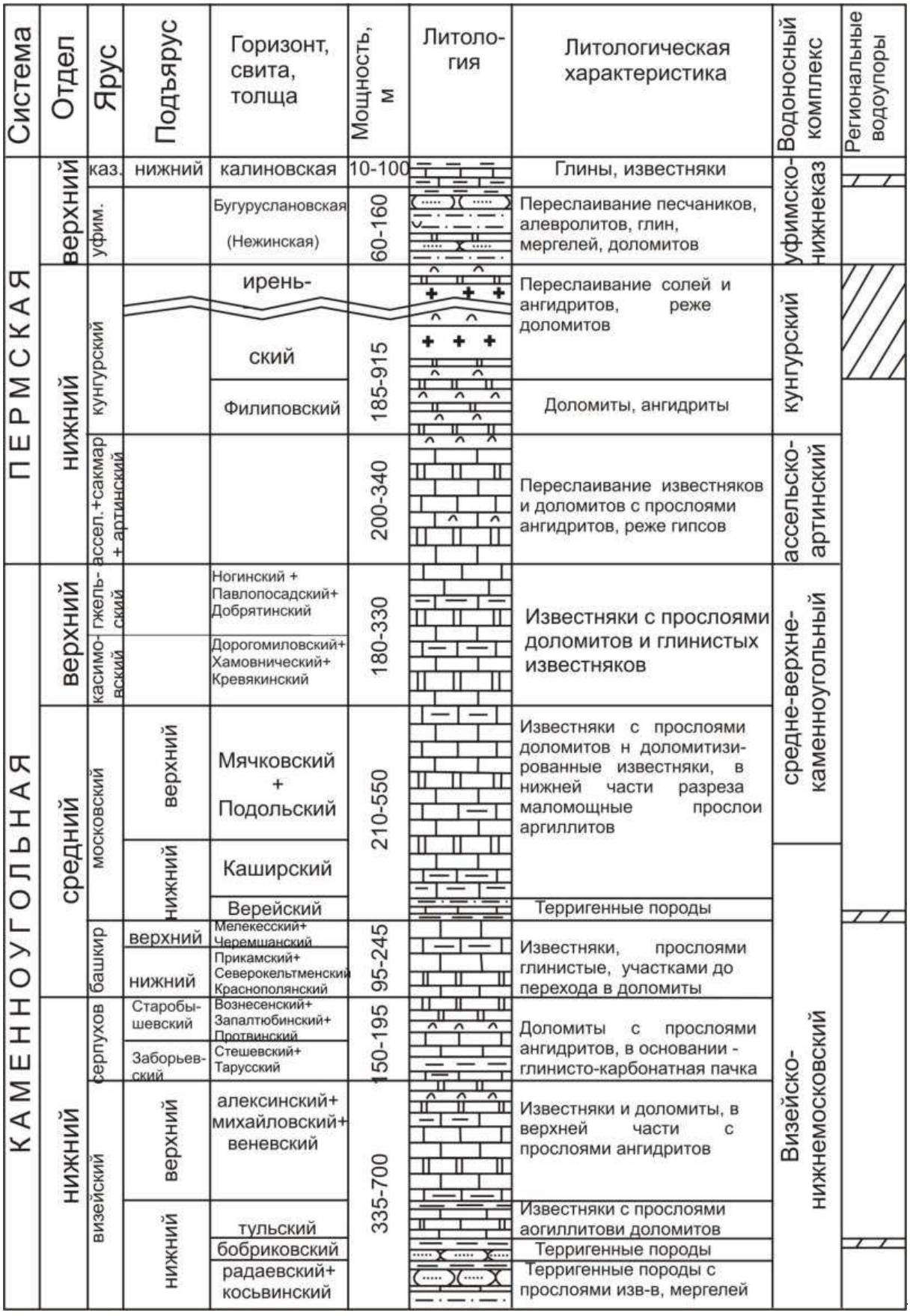
4.1.1.3. Строение осадочного чехла Южного Предуралья

Осадочный чехол перекрывает кристаллический фундамент на всей территории Южного Предуралья. Он образовался в результате неоднократного наступления и регрессии древних морей на Евразийском материке. Наибольшее влияние на его формирование оказало море Тетис. На мощность и строение осадочного чехла оказывали множество факторов. К основным относятся рельеф поверхности кристаллического фундамента и его геодинамическая активность, продолжительность затопления морем, его течения, условия формирования и отложения донных осадков, а также эрозионные процессы в периоды отсутствия затопления.

Геодинамическая активость осадочного чехла формируется под влиянием геодинамики ниже расположеного кристаллического фундамента, а также различных природных и антропогенных процессов, происходящих в нем и над ним.

В западной части Южного Предуралья осадочный чехол представлен отложениями палеозойских и мезо-кайнозойских образований общей мощностью 3–5 км. В восточной, южной и северной частях кристаллический фундамент перекрыт протерозойско-палеозойскими отложениями мощностью от 2,5 до 6 км (Геологическое строение…, 1997). В пределах Оренбургского свода в разрезе почти повсеместно отсутствуют рифейско-вендские отложения (рис. 4.5). Однако, возможно, рифейско-вендские отложения присутствуют в южной части Соль-Илецкого свода. В наиболее приподнятых западной и северной частях Оренбургского свода из разреза местами выпадают низы девонских отложений.

Являясь частью земной коры, осадочный чехол служит в основном передаточным звеном эндогенных природных землетрясений. В условиях техногенного нарушения его структуры и геодинамики он становится источником техногенных землетрясений, часто значительной силы (Нестеренко, 2012 и др.).



Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Горизонт, свита, толща	Мощность, м	Литология	Литологическая характеристика	Водоносный комплекс	Региональные водоупоры
ПЕРМСКАЯ	верхний	каз.	нижний	калиновская	10-100		Глины, известняки	уфимско-нижнеказ	
		уфим.		Бугуруслановская (Нежинская)	60-160		Переслаивание песчаников, алевролитов, глин, мергелей, доломитов		
	нижний	кунгурский		ирень-ский	185-915		Переслаивание солей и ангидритов, реже доломитов	кунгурский	
				Филиповский			Доломиты, ангидриты		
		ассел.+сакмар + артинский			200-340		Переслаивание известняков и доломитов с прослоями ангидритов, реже гипсов	ассельско-артинский	
КАМЕННОУГОЛЬНАЯ	верхний	гжель-ский		Ногинский + Павлопосадский+ Добрятинский	180-330		Известняки с прослоями доломитов и глинистых известняков	средне-верхне-каменноугольный	
		касимо-вский		Дорогомиловский+ Хамовнический+ Кревякинский					
	средний	московский	верхний	Мячковский + Подольский	210-550		Известняки с прослоями доломитов н доломитизированные известняки, в нижней части разреза маломощные прослои аргиллитов		
			нижний	Каширский				Визейско-нижнемосковский	
				Верейский			Терригенные породы		
		башкир	верхний	Мелекесский+ Черемшанский	95-245		Известняки, прослоями глинистые, участками до перехода в доломиты		
			нижний	Прикамский+ Северокельтменский Краснополянский					
	нижний	серпухов	Старобы-шевский	Вознесенский+ Запалтюбинский+ Протвинский	150-195		Доломиты с прослоями ангидритов, в основании - глинисто-карбонатная пачка		
			Заборьев-ский	Стешевский+ Тарусский					
		визейский	верхний	алексинский+ михайловский+ веневский	335-700		Известняки и доломиты, в верхней части с прослоями ангидритов		
			нижний	тульский			Известняки с прослоями аогиллитови доломитов		
				бобриковский			Терригенные породы		
				радаевский+ косьвинский			Терригенные породы с прослоями изв-в, мергелей		

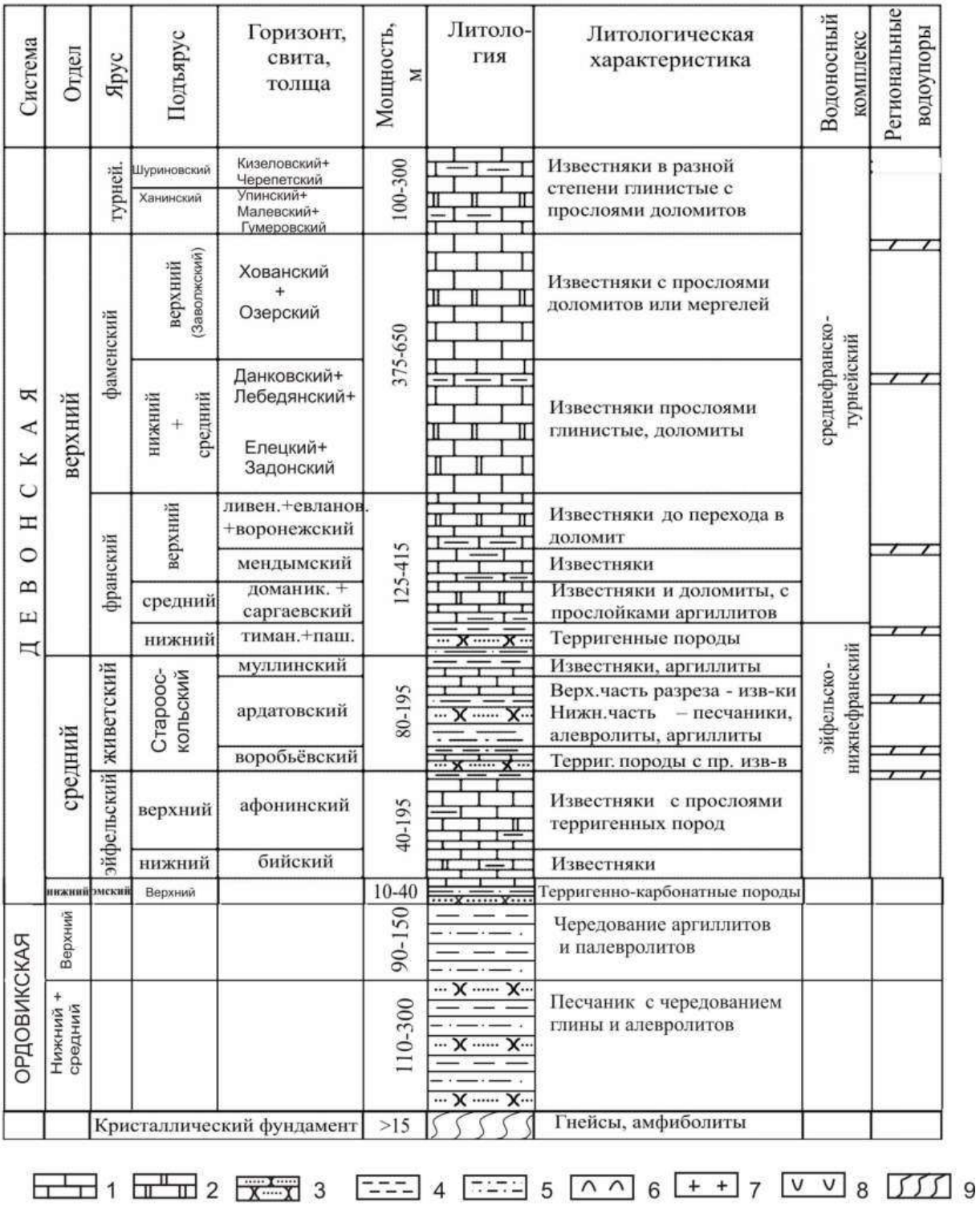


Рис. 4.5. Литолого-стратиграфическое строение осадочного чехла Южного Предуралья и его водоносные комплексы (на основе материалов НИПИнефть, ООО «Газпром добыча Оренбург»). 1 – известняки, 2 – доломиты, 3 – песчаники, 4 – глины и аргиллиты, 5 – алевролиты, 6 – ангидриты, 7 – каменная соль, 8 – гипсы, 9 – гнейсы

В осадочном чехле Южного Предуралья весьма рельефно выражена лишь Жигулевская структура, а Оренбургская как положительная структура четко не

прослеживается и представляет собой замкнутую моноклиналь. Осадочный чехол в Предуральском краевом прогибе осложнен многочисленными флексурами, валообразными и антиклинальными поднятиями, которые согласуются с тектоническими нарушениями в кристаллических породах фундамента. Прогиб заполнен мощной толщей пермских отложений, в нём отмечаются диапировые структуры и прочие проявления соляной тектоники (Косыгин, 1960).

В разрезе осадочных пород четко выделяются три структурных этажа: верхнепермско-четвертичный (надсолевой), кунгурский (солевой) и среднедевонско-артинский (подсолевой) (рис. 4.5).

Кунгурские отложения солей нижнепермского возраста распространены по всему Южному Предуралью и выходят далеко за его пределы. Их мощность изменяется от 100–350 м на его севере до 2–3 км в Прикаспийской низменности. Толща соленосных отложений делит весь разрез осадочного чехла на подсолевой и надсолевой структурные формационные комплексы. Кунгурские отложения солей оказывают существенное влияние на многие процессы, идущие в осадочном чехле (Соколов, Нестеренко, Рогоцкий, 2012).

Строение осадочного чехла и особенности его формирования определяют условия образования месторождений нефти и газа, а также оказывают значительное влияние на его геодинамику, природную и особенно техногенную сейсмическую активность, поэтому подлежит подробному изучению.

В поздневендское и раннеордовикское время происходила существенная перестройка структурного плана Волго-Уральского бассейна, выразившаяся в формировании обширных пологих впадин – первых синеклиз.

В дальнейшей истории формирования платформенного чехла выделяется три формационных комплекса, которые характеризовались зональной сменой структурного плана бассейна и выпадением из разреза отложений кембрийской и силурийской систем: 1) ордовикско-верхнедевонский; 2) нижнекарбоново-верхнепермский; 3) нижнетриасово-кайнозойский (рис. 4.5) (Огаринов, 1969; Геологическое строение…, 1997; Нестеренко, 2010а; Соколов, 2010).

Ордовикско-верхнедевонский комплекс исследовали А.С. Пантелеев (1997), С.С. Коноваленко (1999), А.Г. Соколов (2010) и др. Он представлен терригенными и карбонатными отложениями. В разрезе ордовика преобладают песчаники, алевролиты, аргиллиты с маломощными горизонтами известняков и доломитов.

По опубликованным данным (Геологическое строение…, 1997) вскрытая мощность ордовика изменяется от 213 до 949 м. Наибольшая вскрытая мощность – 2025 м выявлена в скв. 1 Красный Яр. Наши исследования результатов бурения скв. 1 и 2 «Ордовик» на Соль-Илецком выступе и других скважин выявили вскрытую мощность до 2900 м (южная часть Урало-Сакмарского прогиба) (Нестеренко, 2012).

В ордовикский период, территория Волго-Уральского бассейна была приподнятой и не покрывалась морем (Коноваленко, 1999). Опускания

проявляются в северной и юго-западной его частях, соответствующих Серноводско-Абдулинскому авлокогену и Бузулукской впадине, а также Урало-Сакмарскому прогибу.

В раннем девоне Волго-Уральский бассейн оставался приподнятым, с незначительным прогибанием восточной части и территории примыкающей к зоне глубинного разлома, соответствующего заложению будущего Предуральского краевого прогиба и южной зоны контакта с Прикаспийской синеклизой. По мнению С.С. Коноваленко (1999) прогибание привело к трансгрессии моря с востока на запад. Эти два периода отвечают каледонскому этапу формирования Волго-Уральской антеклизы и всей Восточно-Европейской платформы. Нижнедевонские отложения представлены песчано-глинистыми фациями, с горизонтами кварцевых песчаников. С ними связаны проявления месторождений нефти и газа в северной (Татарский свод), юго-восточной (Жигулевско-Оренбургский свод) и южных частях антеклизы (Бузулукская впадина).

Подробное исследование дальнейшего развития юго-востока Восточно-Европейской платформы в целом проведено А.С. Пантелеевым (1997) и С.С. Коноваленко (1999). По данным бурения скважин нами уточнены распределения фациального состава. В среднедевонскую эпоху формируется новый структурный план Волго-Уральской антеклизы, который характеризует в целом герцинский этап развития Восточно-Европейской платформы. В этот этап ее развитя преобладали погружения, особенно в северной, южной и юго-восточной частях. Тектонические движения отличались значительной дифференцированностью. Максимальные погружения испытывали северная часть Серноводско-Абдулинского авлокогена и южная часть Бузулукской впадины, а также Прикаспийская впадина.

Начиная с эйфельского и особенно живетского веков среднего девона палеогеографическая обстановка изменилась и значительная часть Волго-Уральского бассейна стала испытывать погружения. Поскольку трансгрессия распространилась с востока на запад, то в восточной части преобладали фации открытого моря – известняки и аргиллиты, с прослоями песков и алевролитов, а на западе лагунно-континентальные песчаники, аргиллиты, с прослоями глин, мергелей и доломитов. Максимальные мощности отложений достигали 0,4 км. С ардатовским и воробьевским временами связаны крупные месторождения нефти и газа в восточной (Серноводско-Абдулинский авлокоген), в юго-западной и южной (Бузулукская впадина), в юго-восточной (Жигулевско-Оренбургский свод) и центральной частях Волго-Уральский антеклизы (Нестеренко, 2012).

Более поздние франские отложения в нижних частях разреза представлены глинами и песчаниками, часто насыщенных нефтью. Они постепенно сменялись толщами глин, аргиллитов и мергелей, с прослоями известняков иногда битуминозных. Мощность франских отложений достигает 300–400 м.

Особое значение имеют так называемые доманиковские слои, расположенные в средней части франкского яруса. Они представлены тонкослоистыми глинами, известняками и кремнистыми породами, с повышенными содержаниями битумов, образовавшихся за счет больших масс водорослей, скапливающихся в застойных понижениях морского дна, и месторождений нефти и газа. Доманиковские слои считают одной из главных нефтегенерирующих формаций Волго-Уральского бассейна.

Фаменские отложения верхнего девона представлены аргиллитами и песчаниками, с горизонтами известняков и доломитов. В среднефаменское время начинается фаза регрессии и накопления терригенно-карбонатных отложений в условиях мелководья. Их мощность варьируется в пределах 0,7–1,1 км. В карбонатных породами франка и фамена раположены месторождения и проявления углеводородов в северной и северо-восточной (Татарский свод), в северо-западной (Серноводско-Абдулинский авлокоген), в западной (Бузулукская впадина), в восточной (Жигулевско-Оренбургский свод) и центральной частях Волго-Уральского бассейна.

Нижнекарбоново-верхнепермский комплекс. В каменноугольный период сохранился примерно тот же структурный план Волго-Уральской антеклизы, сложившийся к концу девонской системы. В карбоне наибольшим распространением пользуются карбонатные фации (известняки и доломиты), в меньшем количестве отмечаются горизонты аргиллитов и глин. Каменноугольный период представлен турнейским, визейским, серпуховским, намюрским, башкирским, каширским и московским ярусами, близких между собой по литологическому составу. Максимальные мощности карбона на севере до 0,6 км и до 1,5 км на юге. Следует отметить, что для каменноугольного периода характерна ясно выраженная субмеридиональная ориентировка структур, с юго-восточным их падением в сторону Предуральского краевого прогиба, заложившегося в среднем карбоне.

В юго-восточной части Волго-Уральского бассейна в турнейско-визейское время начинает формироваться Урало-Сакмарский прогиб. На юге в зоне контакта с Предуральским краевым прогибом он граничит с Соль-Илецким выступом, который сформировался в франское время верхнего девона.

Три стадии поднятия, имевших место в позднем турне, позднем визе и раннебашкирское время, кратковременно прерывали погружение Восточно-Европейской платформы и Волго-Уральского бассейна. Позднекаменноугольная эпоха характеризуется медленными поднятиями, которые обусловили уменьшение глубины моря и в жарком сухом климате накапливались доломиты, ангидриты, гипсы с прослоями солей. С карбонатными породами связаны месторождения углеводородов в северной, центральной, юго-западной и южной частях Волго-Уральской антеклизы.

В пермский период строение Волго-Уральской антеклизы отражает план каменноугольного периода. Ассельский, сакмарский и артинский яруса нижней перми представлены пачками известняков, общая мощность которых на севере в

районе Бугуруслана в Серноводско-Абдулинском авлакогене 0,3–0,7 км, а на юге в зоне контакта с Прикаспийской синеклизой до 1,5 км. В начале сакмарского времени на границе с Предуральским краевым прогибом начинают формироваться ряд небольших рифов, вытянутых в цепочку с севера на юг. Более поздние кунгурские отложения представлены ангидритами, известняками и каменной солью. Мощность кунгура на севере 0,6–0,8 км, на юго-востоке до 1,2 км, а в Прикаспийской впадине она увеличивается до 3 км. В верхнекарбоновых и нижнепермских отложениях открыты ряд крупных месторождений нефти и газа, и в том числе крупнейшее Оренбургское нефтегазоконденсатное месторождение (Урало-Сакмарский прогиб) залегающее в карбонатных породах московского яруса среднего карбона (Мячковский горизонт) и нижнепермских карбонатных отложениях ассельско-кунгурского (Иренский горизонт) ярусов. По данным И.А. Шпильмана (1972) мощность нефтегазоносной залежи в Оренбургском нефтегазоконденсатном месторождении (ОНГКМ) достигает 1400 м.

Начало поздней перми (уфимский, казанский и татарский ярусы) характеризуется регрессией моря. Морские отложения представлены пестрыми по составу толщами песчаников, известняков, глин, доломитов и алевролитов общей мощностью от 0,1 км до 0,9 км.

Пермские отложения имеют большое значение в строении Прикаспийской впадины. Мощность пермских отложений, начиная с севера Волго-Уральской антеклизы (Татарский свод) в южном направлении резко возрастает, достигая 8 км в Прикаспийской впадине.

Нижнетриассово-кайнозойский комплекс. Отложения нижнего триаса (Донгузкая и Бузулукская свиты) тесно связаны с отложениями татарского яруса верхней перми и представлены в основном песчаниками, с линзами конгломератов и карбонатных стяжений. Мощность отложений 200–500 м.

В среднем триасе весь Волго-Уральский бассейн (за исключением Прикаспийской впадины) был подвержен воздыманию. Это выразилось в доминировании терригенных фаций (глины, песчаники, конгломераты) в геологическом разрезе этого времени. Мощность отложений от 40 до 60 м. В зоне Урало-Сакмарского прогиба (скв.1-Орд. и 2-Орд.) отложения триаса не вскрыты (см. рис. 4.5).

Особый интерес представляют отложения триаса в Прикаспийской впадине, где он распространен на всей площади и имеет большую мощность. По последним данным бурения мощность среднего триаса, сложенного, в отличие от нижнего, известняками и реже доломитами, составляет до 0,8 км (Геологическое строение…, 1997). Верхний триас представлен красноцветными песчано-глинисто-мергелистыми отложениями. Общая мощность триаса более 2 км.

В нижнеюрском этапе структурный план наследует средне-верхнетриассовый комплекс, но осадконакопление происходило лишь в Прикаспийской впадине. В средней юре с началом постепенного погружения

происходит перестройка структурного плана Волго-Уральского бассейна. Среднеюрские отложения представлены глинами и алевролитами (Илецкая свита) в южной части в зоне Соль-Илецкого выступа. Мощность отложений 0–80 м. В Урало-Сакмарском прогибе юрские породы отсутствуют в разрезе (Коноваленко, 1999).

В раннем мелу площадь прогибания несколько сократилось, но в позднем мелу произошло изменение структурного плана Волго-Уральской антеклизы и завершилось формирование Шарлыкского и Калгано-Каргалинского выступов. Общая мощность меловых пород, представленных глинами, мергелями и мелом, составляет 0–220 м.

Кайнозойские отложения представлены неогеновыми глинами (0–140 м) и четвертичными суглинками и песчаниками (0–70 м). Отложения палеогеновой системы развиты только в Прикаспийской впадине. В раннем палеоцене в Волго-Уральском бассейне, за исключением Прикаспийской впадины, преобладали поднятия и почти вся территория подвергалась эрозии. В Прикаспийской впадине миоцен представлен маломощной толщей песчаников сарматского яруса, несогласно перекрывающих палеоген.

Нижнетриасово-кайнозойский комплекс, в целом, отражает альпийский этап формирования Восточно-Европейской платформы и Волго-Уральской антеклизы. Области поднятий (Татарский и Жигулевско-Оренбургский своды) раположены в северной и западной частях антеклизы, а основные участки прогибаний южной части (Бузулукская впадина и Урало-Сакмарский прогиб) тяготеют к Прикаспийской впадине и в целом сохранили свои структурные очертания.

4.1.1.4. Структурная карта по додевонской поверхности

Одним из основных объектов наших исследований является девонский комплекс отложений. Пристальное внимание исследователей к этим отложениям с точки зрения разрывной тектоники вызвано: во-первых, в девоне происходила самая интенсивная разломная тектоника, захватившая всю юго-восточную окраину Русской платформы и во-вторых, большинство месторождений в девоне сформированы при участии разломной тектоники. Установлено несколько фаз тектогенеза, проявившихся в девоне (Кайдалов, Денцкевич, Яхимович, 1996). Одна из них среднедевонско-раннефранская проявилась, в основном, на ограниченных участках юга Оренбургской области. В кыновское время формировались линейные диагональные разломы Восточно-Оренбургского района. Среднефранский век тектогенеза охватил все районы области. Он привел к дроблению на мелкие блоки низов платформенного осадочного комплекса, которые картируются по отражающим горизонтам в девоне. В это же время подновлялись и те более древние разломы, по которым в байкальском и каледонском тектонических циклах были заложены Серноводско-Абдулинский авлакоген, Соль-Илецкий и Ольховский грабены и др. Вся девонская тектоника «впечаталась» в подошвенные отложения осадочного чехла. Начиная с

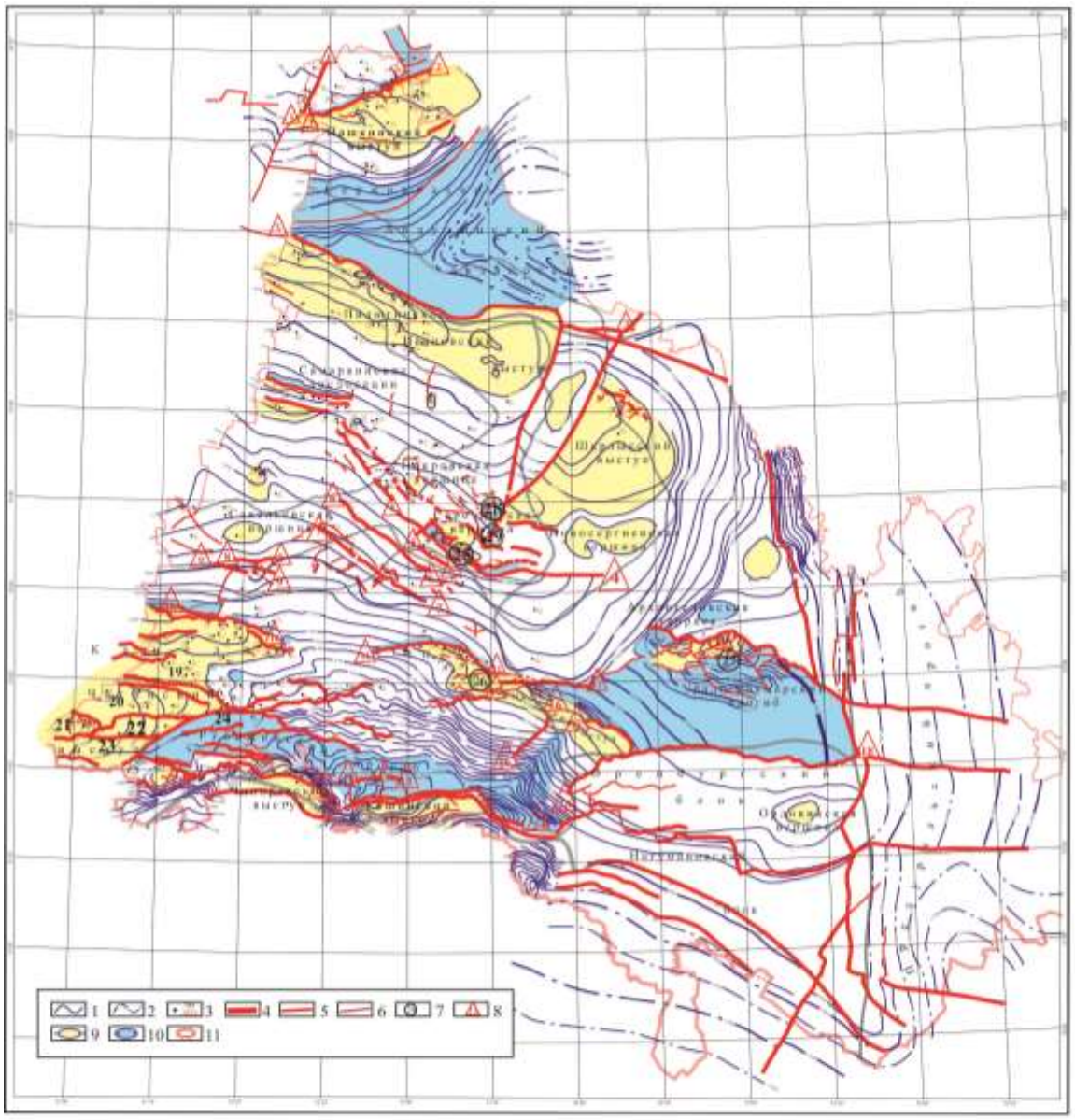
фаменского яруса, на платформенной части Оренбуржья превалирует пликативная тектоника.

Составленная А.Г. Соколовым (2010) карта додевонской поверхности (рис. 4.6), кроме гипсометрической характеристики содержит информацию о вещественном составе подстилающих отложений. Бурением установлен гетерогенный характер основания девонских отложений. Ими могут быть породы кристаллического фундамента, рифей-вендские и ордовикские отложения. В допалеозойское время большая часть западной половины Оренбургской области представляла собой сушу. Рифей-вендские отложения формировались в пониженных частях, открытых на восток, откуда и происходила трансгрессия моря. Эти пониженные участки контролировались разломами 1-го порядка: Туймазино-Бавлинским, Большекинельским, Ольховским, Землянским, Оренбургским, заложенными в эпоху растяжения.

Благодаря интенсивному прогибанию земной поверхности вдоль этих разломов образовались грабены Туймазино-Бавлинский, Соль-Илецкий, Ольховский, Бикулинско-Землянский, авлакоген (внутриплатформенная линейная подвижная зона) Серноводско-Абдулинский, в том числе Урало-Бавлинская синеклиза. Эти разломы опознаются по наличию в додевоне древних осадочных пород: рифей-вендских или ордовикских в Соль-Илецком грабене.

В рельефе додевонской поверхности выделяются структуры первого порядка и надпорядковые: Южный склон Татарского свода, Бузулукская впадина, Восточно-Оренбургское сводовое поднятие, Прикаспийская синеклиза и Предуральский прогиб (Нестеренко, 2015).

К концу протерозоя основная часть Оренбургской области оказалась в условиях суши и континентального режима. Все протерозойские грабены оказались компенсированы терригенными отложениями, рельеф стал выровненным эрозионными процессами и представлял собой моноклиналь, погружающуюся на юг, унаследованную от фундамента. Локально, в зависимости от поведения фундамета, развивался Соль-Илецкий тектонический элемент. В ордовике он подчинялся закону грабена, который заполнялся синхронно с погружением терригенными отложениями. Но уже в силуре, по-видимому, и Соль-Илецкий участок был уже скомпенсирован осадками, вплоть до девона, поверхность всей Оренбургской области была сушей. Поэтому додевон является контролирующим репером, с которого начинается погружение всей территории области и формирование осадочного чехла. Это погружение имело трансгрессивный характер и начиналось с южных районов, наиболее погруженных. Подошва осадочного чехла на юге области сложена самыми ранними девонскими отложениями, а к северу более поздними отделами девона.



Изогипсы поверхности кристаллического фундамента: 1 – по данным бурения и сейсморазведки, 2 – по данным гравиметрии, 3 – скважины, вскрывшие кристаллический фундамент с отметкой по его кровле; тектонические нарушения 4 – 1-го ранга (глубинные разломы), 5 – 2-го ранга - региональные, 6 – 3-го ранга – второстепенные; 7 - грабены; 8 - разломы; 9 – Выступы и приподнятые участки; 10 – прогибы и пониженные участки, 11 – малоразмерные купола. Разломы (Δ): 1. Байтуганский, 2. Туймазино-Бавлинский, 3. Большекинельский, 4. Ольховский, 5. Пойменный, 6. Воробьевско-Сорочинский, 7. Тихоновский, 8. Матюнинский, 9. Крутоярский, 10. Гаршинский, 11. Акъярский, 12. Землянский, 13. Долинно-Рубежинская тектоническая зона, 14. Кошинская горстовидная зона, 15. Сладковско-Заречный, 16. Рыбкинский, 17. Переволоцкий, 18. Оренбургский. Тектонические блоки Камелик-Чаганской системы дислокаций: **19**. Росташинско-Давыдовский, **20**. Зайкинский, **21**. Вишневский, **22**. Мирошкинский, **23**. Овчинниковский, **24**. Дружный. Грабены (О): 25. Ольховский, 26. Бикулинско-Землянский палеограбен, 27. Архангеловский, 28. Куштакский, 29. Междуреченский.

Рис. 4.6. Схематическая структурно-тектоническая карта поверхности кристаллического фундамента

Из анализа и сопоставления пересечений профилей следует, что среднедевонская эпоха в геотектонической истории изучаемой части платформы была эпохой плавных колебательных движений, при которых осадконакопление

или площадные размывы чередовались в достаточно стабильной обстановке, на огромных территориях, в основном без блоковых движений и разломов. Об этом свидетельствуют почти равные мощности отложений терригенно-карбонатной толщи девона на большинстве исследуемых пересечений. Особенностью терригенно-карбонатного девона является частое чередование карбонатов и терригенов по всей области. Это подтверждает существование колебательных движений земной коры в это время. Относительно глубокое море сменялось на режим мелкого бассейна. Некоторую особенность, несмотря на общую закономерность, имеют афонинские карбонатные оложения. Толщина их закономерно увеличивается от первых десятков метров на севере до 250–300 м на юге. На западе области в Зайкинско-Росташинской зоне нефтегазоносности (ЗНГН) отмечается аномальное увеличение за счет биогермных известняков до 300 м и более. Это аномальное увеличение прослеживается на восток, что позволило некоторым исследователям выделить карбонатный массив регионального значения, простирающийся от западной до восточной границы Оренбургской области (Баранов, 1982). Биогермные известняки создают так называемые органогенные постройки (биостромы, биогермы, рифы), которые усложняют поверхности надафонинских отложений.

Франский век в геологической истории Оренбургской части Восточно-Европейской платформы стал временем крупных тектонических катаклизмов, блоковых движений и генеральных перестроек, каких не имела вся последующая геологическая история. В отличие от предыдущих тектонофаз, этими движениями была охвачена практически вся юго-восточная окраина антеклизы. Ее воздействие обнаружено на всех изученных профильных пересечениях (Денцкевич, 1998). В отличие от протерозойской это была, в основном, эпоха сжатия. Этот факт проявился практически во всех перечисленных выше грабенах протерозойского времени, испытавших инверсию – фазу горста. Отложения карбонатно-терригенного девона Серноводско-Абдулинского авлакогена, Ольховского, Соль-Илецкого, Землянского грабенов оказались на 200–300 м выше крыльевых отложений, создав антиклинальные структуры, которые впоследствии сыграли положительную роль для нефтегазоносности, так называемых грабен-горстов.

Таким образом девонский тектогенез явился структурообразующим фактором геологической истории Оренбуржья. Создалась блоково-грядовая структура поверхностей девона и фундамента. Это отражено на карте додевонской поверхности, которая представляет современное строение фундамента и карбонатно-терригенного девона (рис. 4.6). При взаимоперемещениях блоков, некоторые из них, испытывая подъем, оказывались на поверхности и подвергались размыву. Особенно мощные воздымания Оренбургского блока Соль-Илецкого выступа привели к размыву всего девонского этажа. Это привело к тому, что в своде блока на ордовике лежат отложения карбона. Общая величина подъема по оценке И.А. Денцкевича (1995)

составляет свыше 2500 м. Размывы изменяют структурные очертания последующих отложений, нивелируя борта структур и уменьшая их амплитудную выразительность.

Начиная с позднефранского времени, осадконакопление в пределах Оренбургской области происходит без особых перерывов и напряженной тектоники. Только с карбона Уральская геосинклинальная область начинает процесс горообразования вплоть до перми и давление в виде тангенциальных сил через Предуральский прогиб осуществляется на окраину Восточно-Европейской платформы. В позднем фране, фамене, турне в условиях морского режима карбонатные осадки захоранивают блоковый характер рельефа. Большие амплитуды смещений по тектоническим разломам унаследуются флексурами (ступенеобразный изгиб пластов горных пород, образующийся в результате смещения, деформации земной коры.), малые амплитуды становятся погребенными. Только единичные разломы остаются мобильными зонами. В некоторых случаях надразломные зоны осложняются органогенными постройками франского, фаменского, отчасти турнейского возраста которые образуют ловушки УВ.

Мобильной зоной во фране и фамене остается Оренбургский глубинный разлом. Оренбургский блок Соль-Илецкого выступа продолжает воздымание при этом подъем блока сопровождается размывом его верхней части, а терригенные осадки накапливаются к северу от Оренбургского разлома в пределах Восточно-Оренбургского района, образовав внутриформационную линзу колганских отложений (Яхимович,1998). В колганской толще сформировался автономный нефтегазоносный район с преобладанием ловушек литологического типа.

Почти синхронно в конце франского времени в Бузулукской впадине был заложен некомпенсированный Муханово-Ероховский прогиб (МЕП) из системы Камско-Кинельских прогибов, который просуществовал до конца турнея. Глубина прогиба к началу визея доходила до 250 м. Его оренбургский фрагмент в поперечнике от северного до южного бортов имеет ширину около 100 км, а по оси наибольшего прогибания с востока на запад около 70 км. Полная компенсация прогиба произошла в визейское время за счет терригенных осадков, эродируемых с бортов прогиба. Одновременно с отсутствием отложений в прогибе бортовые зоны представляли собой карбонатные платформы, интенсивно развивающиеся за счет рифовых построек. Они создали уникальные зоны нефтегазонакопления: Южную и северную бортовые зоны МЕП, состоящие из многочисленных месторождений, образовавшихся в структурах облекания органогенных построек. Таким образом, Муханово-Ероховский прогиб вместе с бортовыми зонами и Колганский бассейн являются новообразованиями – структурами, не унаследованными от фундамента.

В нижнепермское время на большей части площади Оренбургской области продолжается карбонатное осадконакопление, которое сменяется в иреньское время на сульфаты, ангидриты и каменную соль. При этом толщина соли в

плаформенной части сравнительно небольшая – первые десятки метров. В основном структурные осложнения наследуют структуры карбона, но усиливаются нижнепермскими биогермами. Наибольшие структурные изменения в перми происходили в южных районах Оренбургской области. Высокоамплитудные артинские уступы отделили от Восточно-Европейской платформы Прикаспийскую синеклизу (ПС) и Предуральский прогиб (ПП). Амплитуда уступа по борту ПС составляет до 1000 м, а по западному борту ПП – 500–700 м. Такие величины позволяют считать их палеоматериковыми склонами, наподобие современных материковых склонов, существующих на бортах современных океанов (Соколов, 2004). У подножия склонов в ПС по данным сейсморазведки наблюдаются оползневые структуры, которые установлены и у современных материковых склонов.

В кунгурское (ирень) время ПП и ПС представляют собой замкнутые бассейны и в условиях жаркого климата в их пределах происходит интенсивное соленакопление. При этом средняя толщина соли достигает более 1500 м (Пантелеев, 1997). После этого происходит повсеместное погружение платформы, более интенсивное в пределах ПП и ПС. В верхнепермское время (уфимский, татарский, казанский ярусы) отложения соли перекрываются мощными (до 5000 м) терригенными осадками – песчаниками, алевролитами и аргиллитамии. Соль, находясь под большим давлением перекрывающей толщи становится активным агентом соляной тектоники. Спусковым крючком для нее послужило интенсивное горообразование Уральской геосинклинали (татарский век вплоть до триаса). Тангенциальные силы, действующие со стороны горного Урала, создали в Предуральском прогибе систему валов и прогибов соляной толщи с явлениями диапиризма в перекрывающих верхнепермских отложениях меридиональной ориентировки. Одновременно соляная тектоника проявилась в Прикаспийской впадине. Ориентировка валов и прогибов отвечает рисунку борта Прикаспийской синеклизы. Однако с удалением от бортовых зон в сторону внутренней области линейная ориентировка теряет эту направленность и соляная тектоника выражена отдельными локальными куполами в огромном количестве хаотично заполняющими Прикаспийску впадину.

Рудиментарная соляная тектоника меньшими толщинами соли и меньшими амплитудами соляных валов приурочена к восточной окраине Восточно-Европейской платформы в Восточно-Оренбургском районе и Соль-Илецком выступе. В сводовой части Оренбургского блока специфическая соляная тектоника обязана воздействию глубинного Оренбургского разлома, по которому продолжался подъем блока, приуроченный к альпийскому тектогенезу. В мезо-кайнозое большая часть территории Оренбургской области представляла собой сушу. Отложения этого периода получили распространение только в южных районах.

Триасовое время – это период полного господства суши на всей территории обасти, включая ПС и ПП. Триасовые отложения представляют собой континентальные гравийно-песчаные осадки.

Позднеюрская эпоха ознаменовалась трансгрессией моря с юга. В зоне сочленения ПС и Волго-Уральской антеклизы сформировались отложения морского бассейна. Отложения мела, имеющие неповсеместное рапространение, формировались в условиях нестабильного морского басейна.

В то же время в некоторых сейсмически активных зонах в пределах Оренбургской области проявились мезокайнозойские грабены, которые картируются на геологических картах и проявляются на временных сейсмических разрезах в верхней части разреза. Местами они имеют протяженность в несколько десятков километров (Новогеоргиевский, Старобелогорский, Варшавский грабены в Новосергиевском районе), а местами они имеют локальное проявление (например, на территории ОНГКМ). Предполагается, что такого рода грабены приурочены к тектоническим нарушениям древнего заложения, возобновляющим тектоническую активность в настоящее время (Соколов, 2001). При этом контрагентом таких подвижек служат соли гидрохимической свиты. Соль, будучи пластичной горной породой, под давлением вышележащих отложений первой реагирует на вертикальные и горизонтальные сдвиги, возникающие в земной коре. В частности, горизонтальные сдвиги нами отмечены в пределах ОНГКМ, с амплитудой сдвига до четырех километров (Нестеренко, 2014). В этом случае контрагентом, по нашему анализу, явилась иреньская соль.

Разломная тектоника осадочного чехла в западной части площади исследования подчиняется Оренбургскому разлому, имея широтное простирание, в восточной части подчиняется западному борту Предуральского прогиба с преобладающей меридиональной ориентировкой. В целом наблюдается унаследованность тектоники надордовикской толщи вышележащими горизонтами осадочного чехла, вплоть до новейших отложений. Соляная тектоника усиливает ее амплитудную выразительность. Анализ временных разрезов показал, что малоразмерные структуры, приуроченные к западному борту Предуральского прогиба соответствуют органогенным постройкам (ОП) сакмарского возраста с нефтегазоносностью во всех нижнепермских пластах-коллекторах. Эта зона, шириной 4–6 км, выражена валообразной структурой по отражающему горизонту Кн2 и является характерным поисковым объектом на всем протяжении западного борта ПП. Сами же структуры имеют сравнительно малые линейные размеры. Поэтому их выявление возможно только сейсморазведкой с плотной сеткой наблюдения, т.е. методом 3Д.

Одна из первых тектонических моделей строения Соль-Илецкого выступа, отличающаяся от официально признанных в геологической службе Оренбургского геологического управления и Оренбургской геофизической экспедиции, составлена А.Г. Соколовым (2004). Модель составлена на

основании достаточно большого объема сейсморазведочных работ как регионального, так и поисково-детального характера МОГТ 2Д и глубокого бурения, проведенного, в основном, в пределах Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения (ОГНКМ), а также в прилегающих районах. Основным его выводом было выделение Оренбургского блока, как части Соль-Илецкого выступа, испытавшего в ордовике грабеновую, а в девоне высокоамплитудную горстовую фазу тектогенеза (Денцкевич, 1995, Соколов, 2015, 2016). Контролирующим элементом этого тектогенеза явился Оренбургский глубинный разлом по иерархии, принятой авторами в работах (Соколов, 2004, 2010, 2012). Представленная А. Г. Соколовым модель фиксирует приуроченность ОНГКМ к самой приподнятой северной части Оренбургского блока, а северной его границы к Оренбургскому разлому, что подтверждает их генетическое единство.

Следующим этапом изучения геологического строения и тектонической модели явилось использование материалов 3Д. Начиная с 1994 г., ООО «Газпром добыча Оренбург» последовательно проводит детальные исследования ОНГКМ по методике пространственной сейсморазведки 3Д. Однако, наиболее кондиционными, по нашему мнению, отработанными с единых методической и технологической позиций, оказались площади с/п 2006–2008 гг. (ОГЭ, ГСД, г. Москва, Бондарь Е.В.), с/п 2012–2013, с/п 2013–2014, имеющими целью покрыть трехмерной сейсморазведкой всю территорию ОНГКМ (рис. 4.7). Выполненный нами анализ материалов 3Д с/п 2006–2008 (Соколов, Нестеренко, 2014, Нестеренко, Соколов, 2014) позволил сделать основные выводы: уточнение строения ордовикских отложений в центральной части ОНГКМ выявило отсутствие соответствия структурных планов внутриордовикских отражающих горизонтов и верхнепалеозойского этажа; выявлена определенная взаимосвязь соляной и дизъюнктивной тектоники и предположены горизонтальные смещения отдельных надсолевых блоков амплитудой до 4-х км (М.Ю. Нестеренко, Ю.М. Нестеренко, А.Г. Соколов, 2015).

Сопоставление тектоники осадочного чехла Оренбургского месторождения с новейшей тектоникой, проявляющейся на геологических картах, выполнено в той же работе М.Ю. Нестеренко, Ю.М. Нестеренко, А.Г. Соколова (2015). Был сделан вывод, что активизация подъема Оренбургского блока в новейшее время проявилась в юрско-меловых грабенах, приуроченных к окраинам Оренбургского вала, и системе разломов небольшой амплитуды, осложняющим сводовую часть Оренбургского вала. Дпя сопоставления использована геологическая карта со снятыми четвертичными отложениями (рис. 4.8). Наиболее характерным, по нашему мнению, тектоническим элементом является юрско-меловой грабен, который почти вписался в границы прогибовой части рассматриваемой территории. Это подтверждает его унаследованность в палеозойский период и новейшее время геологического развития и влияние на нефтегазоносность восточного окончания

ОГКМ, где установлена преимущественно нефтеносность артинских и филипповских отложений, в отличие от западной части, где проявляется преимущественно газоносность тех же отложений.

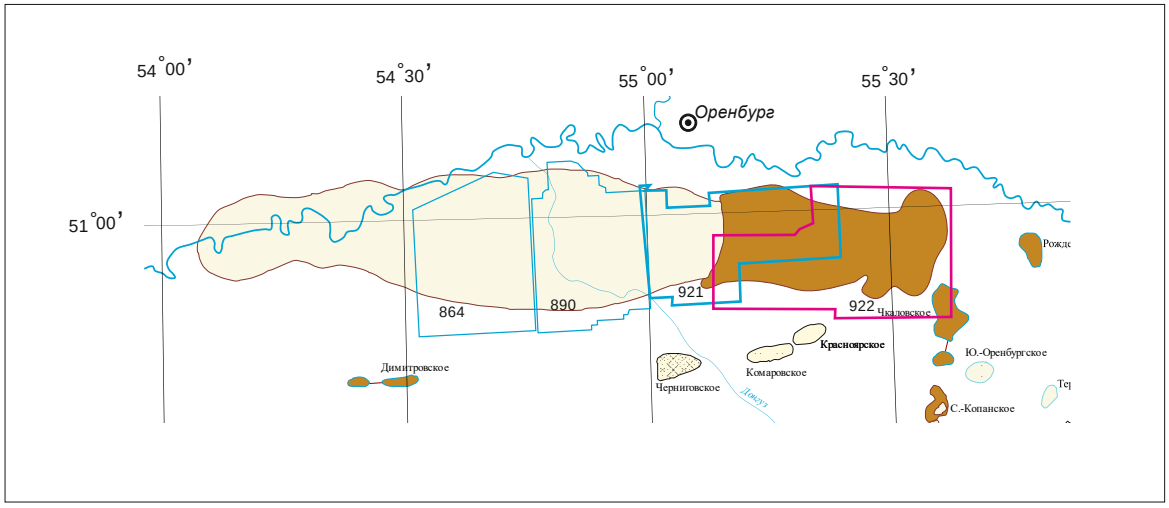


Рис. 4.7. Картограмма изученности ОГКМ современной сейсморазведкой 3Д:
864 – Оренбургская с/п 3Д, 2006 г., Бондарь Е.В.;
890 – Оренбургская с/п 3Д, 2008 г., Бондарь Е.В.;
921 – Оренбургская с/п 3Д, 2012–2013, Мормуль К.В.;
922 – Восточно-Оренбургская, 2013–2014, Завесин М.А.

Таким образом, в ордовикских отложениях прослежены два отражающих горизонта, характеризующих два структурных этажа О1 и О2. Последнее отражение более глубокое, по нашему мнению близко к фундаменту, так как глубже сейсмическая запись на временных разрезах имеет неупорядоченный характер. Основная закономерность поведения отражающих горизонтов О2 и О1: воздымание поверхности с севера на юг – ступенеобразное из-за наличия широтных разломов. Крупных антиклинальных структур не картируется. Можно сделать вывод, что бурение на ордовик вблизи от Оренбургского разлома, в том числе в местах заложения глубоких скважин Ордовик 1 и Ордовик 2, безперспективно – вблизи Оренбургского разлома все внутриордовикские отражающие горизонты испытывают погружение в направлении разлома. Так же в неблагоприятных структурных условиях для ордовикских отложений пробурена глубокая скважина 1 Красноярская.

Разломная тектоника осадочного чехла в западной части Южного Предуралья подчиняется Оренбургскому разлому, имея широтное простирание, в восточной части подчиняется западному борту Предуральского прогиба с преобладающей меридиональной ориентировкой. Характерными структурными элементами является чередование с запада на восток прогиба – вала и нового погружения в сторону ПП.

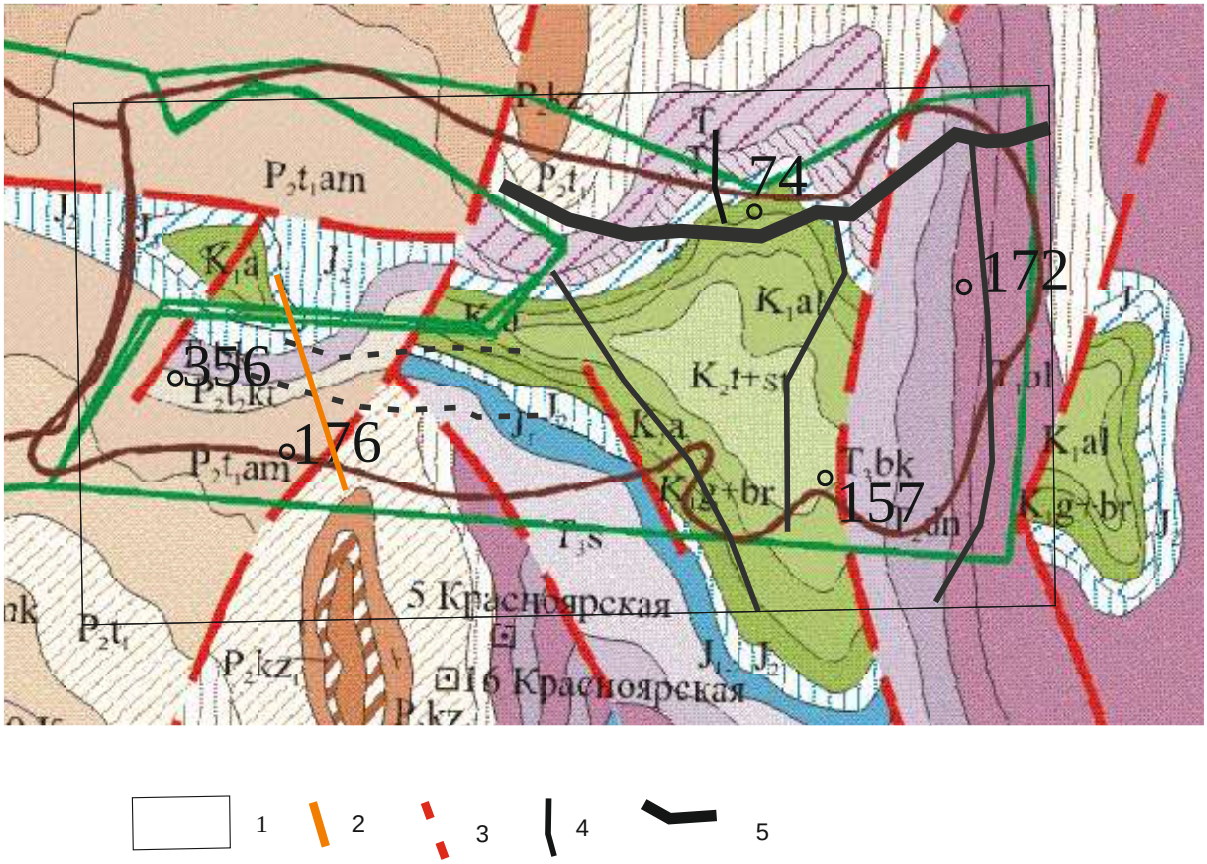


Рис. 4.8. Схема сопоставления геологического строения с тектоническими нарушениями по данным сейсморазведки
Условные обозначения: 1 – контур сейсморазведки 3Д; 2 – линия горизонтального сдвига; 3 – тектонические нарушения, выделенные при дешифрировании поверхностных отложений; 4 – тектонические нарушения, выделенные в осадочном чехле по данным сейсморазведки 3Д; 5 – Оренбургский глубинный разлом.

Новейшая тектоника анализировалась сопоставлением тектоники осадочного чехла с поверхностной геологической картой. На последней четко отобразились основные элементы. В частности, юрско-меловой грабен унаследован прогибом по осадочному чехлу. Предуральский разлом подчеркивается развитием отложений триаса. Прослеженные разломы на геологической карте повторяют чередование и меридиональную ориентировку тектонических зон, зафиксированных в глубоких отложениях перми и карбона.

4.1.2. Уральские горы Южного Урала

В пределах Уральских гор на поверхность выходят деформированные и часто метаморфизованные горные породы преимущественно палеозойского возраста. Толщи осадочных и вулканических пород обычно сильно смяты, нарушены разрывами, но в целом образуют меридиональные полосы, обусловливающие линейность и зональность структур Урала. С запада на восток

выделяются: Предуральский краевой прогиб со сравнительно пологим залеганием осадочных толщ в западном борту и более сложным в восточном; зона западного склона Урала с развитием интенсивно смятых и нарушенных надвигами осадочных толщ нижнего и среднего палеозоя; Центральноуральское поднятие, где среди осадочных толщ палеозоя и верхнего докембрия местами выходят более древние кристаллические породы края Восточно-Европейской платформы; система прогибов-синклинориев восточного склона, так называемый зеленокаменный пояс Урала (наиболее крупные Магнитогорский и Тагильский), выполненная главным образом среднепалеозойскими вулканическими толщами и морскими, нередко глубоководными осадками, а также прорывающими их глубинными изверженными породами (габброидами, гранитоидами, реже щелочными интрузиями); Урало-Тобольский антиклинорий с выходами более древних метаморфических пород и широким развитием гранитоидов; Восточно-Уральский синклинорий, во многом аналогичный Тагильско-Магнитогорскому. В основании первых трёх зон по геофизическим данным уверенно прослеживается древний, раннедокембрийский, фундамент, сложенный преимущественно метаморфическими и магматическими породами и образованный в результате нескольких эпох складчатости. Самые древние, предположительно архейские, породы выходят на поверхность в Тараташском выступе на западном склоне Южного Урала. Доордовикские породы в фундаменте синклинориев восточного склона Урала неизвестны. Предполагается, что фундаментом палеозойских вулканогенных толщ синклинориев служат мощные пластины гипербазитов и габброидов, местами выходящих на поверхность в массивах Платиноносного пояса и др. родственных ему поясов; эти пластины, возможно, представляют собой отторженцы древнего океанического ложа Уральской геосинклинали.

Палеозойские отложения западного склона Урала представлены известняками, доломитами, песчаниками, образовавшимися в условиях преимущественно мелководных морей. Восточнее прерывистой полосой прослеживаются более глубоководные осадки континентального склона. Ещё восточнее, в пределах восточного склона Урала, разрез палеозоя (ордовик, силур) начинается измененными вулканитами базальтового состава и яшмами, сопоставимыми с породами дна современных океанов. Местами выше по разрезу залегают мощные, также измененные спилит-натро-липаритовые толщи с месторождениями медноколчеданных руд. Более молодые отложения девона и отчасти силура представлены преимущественно андезито-базальтовыми, андезито-дацитовыми вулканитами и граувакками в восточном склоне Урала. Каменноугольные отложения связаны с наиболее поздней, континентальной стадией развития восточного склона Урала. На этой же стадии внедрилась основная масса палеозойских гранитов, образовавших пегматитовые жилы с редкими ценными минералами. В позднекаменноугольно-пермское время осадконакопление на восточном склоне Урала почти прекратилось и здесь сформировалось складчатое горное сооружение; на западном склоне в это время

образовался Предуральский краевой прогиб, заполненный мощной (до 4–5 км) толщей обломочных пород, сносившейся с Урала молассой. Триасовые отложения сохранились в ряде впадин-грабенов, возникновению которых на севере и востоке Урала предшествовал базальтовый (трапповый) магматизм. Более молодые толщи мезозойских и кайнозойских отложений платформенного характера полого перекрывают складчатые структуры по периферии Урала.

Предполагается, что палеозойская структура Урала заложилась в позднем кембрии – ордовике в результате раскалывания позднедокеморийского континента и раздвижения его обломков, вследствие чего образовалась геосинклинальная впадина с корой и осадками океанического типа в её внутренней части. Впоследствии раздвижение сменилось сжатием и океаническая впадина начала постепенно закрываться и «зарастать» вновь формирующейся континентальной корой; соответственно менялся характер магматизма и осадконакопления. Современная структура Урала носит следы сильнейшего сжатия, сопровождавшегося сильным поперечным сокращением геосинклинальной впадины и образованием пологих чешуйчатых надвигов – шарьяжей. Урал – это сокровищница разнообразных полезных ископаемых. Из 55 видов важнейших полезных ископаемых, которые разрабатываются в СССР, на Урале представлено 48. Для его восточных районов наиболее характерны месторождения медноколчеданных руд (Гайское, Сибайское, Дегтярское и др. месторождения), скарново-магнетитовых (Гороблагодатское, Высокогорское и Магнитогорское месторождения), титаномагнетитовых (Качканарское и Первоуральское), окисных никелевых руд (группа Орско-Халиловских месторождений) и хромитовых руд (месторождения Кемпирсайского массива), приуроченных в основном к зеленокаменному поясу Урала, залежи угля (Челябинский угольный бассейн), россыпи и коренные месторождения золота (Кочкарское, Берёзовское) и платины (Исовские). Здесь расположены крупнейшие месторождения бокситов. На западном склоне Урала и в Приуралье имеются месторождения каменного угля (Печорский угольный бассейн, Кизеловский угольный бассейн), нефти и газа (Волго-Уральская нефтегазоносная область, Оренбургское газо-конденсатное месторождение), калийных солей (Верхнекамский бассейн). Особенно Урал славится своими «самоцветами» – драгоценными, полудрагоценными и поделочными камнями (изумруд, аметист, аквамарин, яшма, родонит, малахит и др.). Лучшие в СССР ювелирные алмазы добыты на Урале.

В последнее время в связи с сокращением темпов добычи газа на нефтегазоконденсатном Оренбургском месторождении проводятся интенсивные исследования нефтегазоперспектив на восток от месторождения. Изучаются возможности существования сланцевой нефти в Предуральском прогибе и промышленной нефти в складчатом районе, в частности, в условиях Магнитогорского синклинория. Из истории развития Уральских гор по данным Л.П. Зоненшайна (1984) известно, что Уральский складчатый пояс возник на

месте прежнего палеоуральского океана за счет поглощения его в зонах субдукции под островными дугами, сближения литосферных Русской, Сибирской и Казахстанской плит в ордовик-нижнедевонский период. В районе палеоостровных дуг Урала в палеошельфах могли образоваться нефтегазовые залежи, которые в настоящее время возможно находятся в погребенных структурах, перекрытых аллохтонными образованиями палеозоя Урала (Панкратьев, 2005).

4.1.3. Геология Южного Зауралья

Геология Южного Зауралья слабо изучена. В него входят горная полоса Уральских гор и возвышенно-равнинный Зауральский пенеплен. Далее на восток расположены Зауральская равнина высотой до 400–450 м и западная окраина Тургайского плато. Зауральский пенеплен, равнина и широкие пенепленизированные предгорья, за счёт которых Южный Урал расширяется на севере до 100 км и на юге более 200 км. Высота пенеплена 200–300 м с отдельными останцовыми горами высотой до 500–600 м. Его запад имеет слабый уклон к востоку, в том же направлении текут реки Пышма, Исеть, Миасс и др. Сложен изверженными, осадочными и метаморфическими горными породами палеозойского возраста; много гранитов.

Тургайское плато, платообразное поднятие располагается между Южным Уралом и Мугоджарами на западе и Казахским мелкосопочником на востоке. В меридиональном направлении простирается на 630 км и в широтном – приблизительно на 300 км. Его высота до 200–300 м. Вдоль осевой части плато протягивается Тургайская ложбина. В тектоническом отношении представляет собой эпигерцинское платформенное образование с относительно неглубоким залеганием палеозойского фундамента. Поверхность сложена горизонтально залегающими морскими и континентальными глинистыми и песчаными отложениями палеогена и неогена. Северная часть Тургайского плато слабо расчленена, с низкими холмами, увалами, неглубокими озёрными впадинами. Его южная часть расчленена системой глубоких ложбин на столовые возвышенности. В пологих западинах расположены солёные озёра.

4.2. Анализ современных геодинамических и тектонических процессов в Южном Предуралье

Анализ современных геотектонических процессов Южного Предуралья выполнены по материалам опубликованных работ (Копп, 2005; Геологическое стоение, 1997, Соколов, 2010) и фондовых материалов. При этом основывались на блоково-слоистой модели геологической толщи Русской платформы. Это предполагает некоторую автономность взаимоперемещений отдельных слоев. Характерным примером является относительно толстый слой кунгурской соли,

по поверхности которой могут перемещаться верхнепермские терригенные слои под влиянием вертикальных или тангенциальных напряжений. Напряжения могут исходить с востока от Уральского складчатого пояса, с юга от Чинаревского и Кошинского выступов.

Наиболее доступным для анализа действия различных тектонических сил является современный рельеф. Но его формы замаскированы воздействием различных денудационных факторов: ветра, воды, температуры, климатических особенностей. Рассмотрим некоторые особенности рельефа Оренбургского Приуралья, которые представляют возможность сделать определенные выводы о геодинамике и тектоногенезе.

Типичная форма поверхности Южного Предуралья – сырты, выпуклые водораздельные увалы. Самые высокие сырты располагаются к северу от долины р. Урал. Здесь они объединяются в крупную возвышенность – Общий Сырт, которая широкой дугой протягивается сначала вдоль долины Урала, а затем вдоль долины р. Салмыш. Общий Сырт сложен последовательно погружающимися к югу пермскими и мезозойско-эоценовыми отложениями, которые резко несогласно перекрыты плиоцен-четвертичными. Подошва плиоцена очерчивает слегка угловатый контур свода, который плавно выгнут к северо-западу, а на юго-востоке ограничен резкими прямолинейными флексурами (ступенеобразный изгиб пластов горных пород, образующийся в результате смещения, деформации земной коры) восток – северо-восточной ориентировки. На севере, после некоторого погружения в районе р. Кинели, свод примыкает к Бугульминско-Белебеевскому новейшему плато. Структурный рисунок как свода в целом, так и его отдельных участков, может свидетельствовать о проявлении сдвиговой деформации. Например, на юге к самой резкой новейшей Яицко-Оренбургской флексуре восток – северо-восточного простирания, приурочена долина р. Урал “конским хвостом” кулисных линейных антиклиналей послеакчагыльского возраста (Аккудукская и Аксайская гряды), которые указывают на левый сдвиг (Копп, 2005). На восточном отрезке флексура резко ограничивает с севера сильно деформированную в неоген-четвертичное время южную часть Предуральского прогиба, где возникла система линейных меридиональных складок Соль-Илецкого выступа и Актюбинского Приуралья.

О существенной роли горизонтальных напряжений говорят и соотношения Общесыртовского свода с более западными новейшими структурами. На северо-западе он непосредственно соседствует с асимметричными линейными мегаскладками Жигулей, где взбрасывание к северу сочеталось с левым сдвигом вдоль Жигулевского разлома, а на западе с Западно-Прикаспийским плиоцен-четвертичным прогибом, образовавшегося при участии субширотного растяжения (Копп, 2005).

В течение большей части палеозоя и всего мезозоя район Общего Сырта находился на северном борту Прикаспийской синеклизы, где преобладали

обстановки мелководного осадконакопления. Для всех интервалов времени с севера на юг прослеживается смена прибрежных и шельфовых терригенных и карбонатных фаций, которые на самом юге в трансгрессивные эпохи (поздний девон, поздний карбон-ранняя пермь) сменялись относительно глубоководными аргиллитами и битуминозными известняками (Соколов, 2010). Накопившаяся с середины девона до раннего триаса мощная (до 4 км) осадочная призма сформировала Бузулукскую впадину, ограниченную с юга северным бортом Прикаспийской впадины, а с востока Соль-Илецким выступом фундамента. На севере впадины уже в среднем девоне (этап интенсивного регионального расчленения, вероятно, рифтогенной природы) обособился Муханово-Ероховский некомпенсированный прогиб, к концу карбона заполненный терригенными осадками. В позднем карбоне-ранней перми к востоку от Общего Сырта обозначился Предуральский краевой прогиб, где отлагались флишевые и глубоководные осадки; тогда же усилилось погружение Прикаспийской впадины.

В эпоху позднепермской нивелировки тектонического рельефа синеклизы за счет соленакопления основной склон бассейна находился несколько южнее Общего Сырта, и мощность кунгурских эвапоритов не превышает здесь нескольких сотен метров. В конце перми-раннем триасе регион испытал поднятие, сопровождавшееся накоплением континентальных моласс, сносившихся с Урала.

Таким образом, новейший подъем Общего Сырта наложился на мощную осадочную призму, и в этом смысле рассматриваемый регион ничем не отличается от приуроченных к палеозойским авлакогенам других зон внутриплитных дислокаций, для которых можно рассматривать компрессионный механизм тектонической инверсии. Вместе с тем существенно меньшая мощность осадков по сравнению с осевой зоной Прикаспийской синеклизы и выклинивание амортизирующей прослойки в виде кунгурских эвапоритов позволяют предполагать активную роль фундамента в новейшем структурообразовании.

Общая характеристика новейшей фазы развития. В позднем эоцене-миоцене Общий Сырт, как и весь Поволжско-Прикаспийский регион, подвергался денудации. Поднятие было медленным, и по его южной периферии отлагались тонкие песчано-глинистые породы майкопской серии. На рубеже миоцена и плиоцена расчленение рассматриваемого региона резко ускорилось, о чем свидетельствуют глубокие (150–300 м) врезы крупных рек в миоценовую поверхность выравнивания, выполненные плиоценовыми отложениями: континентальными (нижний плиоцен, кинельская свита) и морскими (верхний плиоцен, акчагыл). Эту эпоху деформаций, охватывающую аттическую и роданскую фазы Г. Штилле, следует соотносить уже только с южным источником напряжений, так как именно тогда, была сформирована современная структура Кавказа и Копетдага и одновременно просела Южно-Каспийская впадина, служившая базисом эрозии для равнинных рек. К началу плиоцена,

судя по присутствию осадков этого возраста во врезах долин, впервые проявился Волго-Уральский водораздел, давший начало своду Общего Сырта.

Во второй половине плиоцена тектонические деформации замедлились. Великая акчагыльская трансгрессия выработала вторую, особенно широко распространенную поверхность выравнивания, которая продолжала формироваться и в апшероне. Суммарная амплитуда воздымания свода Общего Сырта за весь неотектонический этап достигает 400 м (Нестеренко, 2015)

Пермско-верхнемеловые осадочные породы дислоцированы в целом совместно, что указывает на послесенонский возраст основной деформации. Пермско-мезозойские слои залегают с незначительным наклоном к юго-западу, в зоне границы перми и триаса вдоль р. Самары, нарушаемым резкой Бузулукской флексурой северо-западного простирания. Она играет заметную роль в региональном структурном рисунке и определяет морфологию и взаимное расположение частных тектонических элементов. К юго-западу от флексуры слои мезозоя несколько выполаживаются. Но они смяты в пологие мегантиклинали с пермско-триасовыми отложениями в ядрах, разделенные полосами выхода меловых пород. Наиболее высока здесь сложенная пермью линейная Татищевская антиклиналь, частично совпадающая с северной частью погребенного Оренбургского вала. Ось складки образует правостороннюю сигмоиду, будучи ориентирована широтно на юге, затем резко изгибается к северо-западу (параллельно Бузулукской флексуре) и на самом западе вновь принимает широтное восток – северо-восточное простирание. Следующая к северо-западу Логачевская антиклиналь более изометрична и имеет в плане форму треугольника, расширяющегося к северо-востоку, в сторону Бузулукской флексуры. Обе антиклинали имеют пологие северные и северо-западные крылья и более крутые, осложненные флексурами южные. Логачевская антиклиналь на юге сопровождается известными Камеликско-Чаганской флексурой и Токаревским сбросом, ограничивающими с юга зоны выхода триасово-юрских и мелового периодов отложений соответственно. Татищевская антиклиналь осложнена Илекской флексурой около границы триаса-юры. При этом развернутая поперек Бузулукской флексуры ориентировка Логачевской антиклинали увязывается со сжатием во фронтальной части блока, сдвинутого к северо-западу, а продольная (северо-западного простирания) Татищевской антиклинали с растяжением в его тылу.

Эти структуры 1-го порядка осложнены многочисленными мелкими (несколько километров) куполовидными складками, которые лучше выражены на структурных картах кровли кунгурских эвапоритов и, скорее всего, имеют криптодиапировый генезис. Другая весьма характерная форма локальных структур – небольшие (длина до 10 – 20 км) и неглубокие (до 200 м) грабены, обычно сложенные меловыми породами. Они имеют субширотное запад – северо-западное простирание, что свидетельствует о проявлении субмеридионального новейшего растяжения. В этом плане интересна их

приуроченность исключительно к Татищевской антиклинали, где такое растяжение могло быть вызвано, во-первых, воздыманием ее свода (который поднят больше, чем Логачевской), а во-вторых, ее нахождением в тылу блока, сдвинутого к северо-западу по Бузулукской флексуре. Грабены расположены эшелонированно, в двух линейных зонах: вдоль юга Бузулукской и в Илекской флексурах. При этом знак сдвига, определяемый по кулисности грабенов, оказывается противоположным сдвигу, установленному по мегаструктурному рисунку: Бузулукская флексура выглядит как левый сдвиг, а Илекская – как правый.

Многие авторы, используя различные геоморфологические индикаторы, пытались строить детальные карты новейшей тектоники, где показано много локальных структур и разрывов (Копп, 2005; Геологическое строение…, 1997; Соколов, 2010). Материалы такого рода настолько противоречивы, что использовать их трудно. Тем не менее почти все исследователи отмечали в равной степени одну чрезвычайно важную черту, хотя и объясняли ее по-разному. Речь идет о поперечной асимметрии эрозионных долин, особенно субширотных. Почти все они (за небольшим исключением) имеют пологие и широкие южные склоны и узкие, местами обрывистые северные. Строение долин и их аллювиальное заполнение указывает на их последовательное оттеснение к северу. Соответственно резко асимметричны и водоразделы, напоминающие в данном отношении квесты. Однако на самом деле связать асимметрию склонов с селективной эрозией наклонных слоев нельзя, учитывая обратное (южное) падение горизонтов перми-мезозоя и однообразный, без заметных бронирующих пачек, состав разреза.

Некоторые исследователи объясняют асимметрию склонов неодинаковой солнечной инсоляцией (Хоментовский, 1950): в аридных районах сухие южные склоны, особенно подверженные выветриванию, всегда круче, чем более увлажненные северные, где развиваются растительность и плоскостной смыв. Однако, по нашему анализу районов Копетдага и Сирии (хотя они находятся в еще более аридных условиях, чем Общий Сырт), асимметрия такого рода редко превышает 30–40%. В рассматриваемом же районе крутые склоны короче пологих в 3–4, а то и в 5–6 раз. Кроме того, данной причиной нельзя объяснить крутизну некоторых субмеридиональных склонов (западные берега р.Ток, Бол.и Мал. Уран около впадения в Самару), симметричное строение некоторых широтных водоразделов и, тем более, обратную асимметрию рельефа к северу от р. Самары в бассейне р. Бол. Кинель.

Другие авторы полагают, что крутые склоны связаны с тектоническими нарушениями (Завьялов, 2006, Соколов, 2010). Выше уже приводились примеры резких перегибов подошвы плиоценовых отложений около некоторых субширотных рек. Однако, во-первых, они приурочены далеко не ко всем крутосклонным, а во-вторых, асимметрия склонов характерна не только для прямолинейных или плавно изогнутых в плане долин, но и для участков с дендритовым рисунком гидросети, не зависящих от тектонических нарушений.

По нашему мнению, единственный механизм, полностью способный объяснить рассматриваемый феномен, – это действие сил Кориолиса, заставляющих речные долины практически независимо от их ориентировки, размеров и водности смещаться в сторону правых берегов в Северном полушарии и в сторону левых – в Южном. Величина смещения русел рек под влиянием Кориолисовых сил составляетот 1–3 мм/год до 7–8 мм/год. Особенно ярко действие сил Кориолиса проявляется на равнинных территориях, в частности на Русской плите, где почти 90% речных долин имеет правую асимметрию.

Существуют участки, геодинамическая активность которых обусловлена, в основном, природными процессами, например, Кошинский участок, зона Большекинельского разлома и др. Примером такого перемещения нами выделен Кошинский участок Прибортовой зоны Прикаспийской впадины. Он выделен по особенностям смещения русла р. Урал. На участке Ташлинского и Илекского районов выявлены следы палеорусла р. Урал на расстоянии 8–12 км от современного русла. При этом феномен данного участка заключается в том, что вопреки закону Бэра (в северном полушарии реки подмывают правый берег) здесь р. Урал постоянно подмывает левый берег и русло смещается в южном направлении. По нашим представлениям тектонические силы толкают блок в северном направлении и за миллион лет (длительность четвертичного периода) он сместился на расстояние 8–12 км, что соответствует скорости около 1 см/год. Такая особенность Кошинского участка может быть вызвана локальными изменениями неотектонического наклона.

Две охарактеризованные выше области с разным стилем новейшей тектоники сочленяются приблизительно по Бузулукской флексуре, вдоль которой проходит долина р. Самары; при этом около нее наблюдается характерный рисунок морфоструктурных линий, свидетельствующий о гофрировке земной поверхности в связи с горизонтальным сдвигом вдоль флексуры. В южном крыле предполагаемого сдвига к нему косо подходят субширотно ориентированные прямолинейные гряды, и если считать, что новейшая структура в данном блоке возникла при субмеридиональном сжатии, то тогда сдвиг вдоль р. Самары окажется правым. В северном же крыле эти гряды по мере приближения к сдвигу разворачиваются к югу, резко утыкаясь в морфоструктуры южного крыла. Помимо этой поперечной флексуры, от зоны разлома отходят фестончатые складки-ножны, погружающиеся к северу-востоку.

4.2.1. Методика определения современных движений земной коры с использованием глобальных навигационных спутниковых систем

Земная поверхность находится в постоянном движении. Одни ее участки испытывают поднятия, другие медленно опускаются. На естественные условия напряженного геодинамического состояния могут накладываться антропогенные влияния, например, при разработке и эксплуатации нефтегазовых месторождений, которые способны приводить к формированию условий возникновения разрушающих катастрофических движений земной коры.

Землетрясений, инициированных разработкой месторождений нефти и газа, в мировой практике, в последние годы становится все больше, среди которых имеются сильные и разрушительные (Кашников, 2007).

В связи с этим необходимо проведение мониторинга геодинамических процессов разрабатываемых месторождений нефти и газа и прилегающих территорий. Данные работы должны быть увязаны с маркшейдерскими работами по определению координат и высотного положения реперов.

Для решения задач обеспечения геодинамической безопасности применяется ряд методов контроля движений земной поверхности в естественных условиях и в условиях разработки месторождений полезных ископаемых. Традиционно для этой цели используются маркшейдерско-геодезические наблюдения по реперам профильных линий по методике нивелирования I-II классов для определения оседаний поверхности и измерения длин линий между реперами для определения горизонтальных сдвижений и деформаций. Однако применение этого метода дорогостояще, занимает весьма продолжительное время, имеет свойство накопления ошибки при увеличении площади наблюдения и числа ходов. Поэтому такой подход оказывается практически не применим на месторождениях УВ, и тем более невозможен для мониторинга современных природных геотектонических процессов в региональном масштабе, например в Южном Предуралье.

В геологическом плане современные движения земной коры длиннопериодичны. Их периодичность измеряется годами или десятками лет. Основным методом изучения движения земной коры являются геодезические измерения на пунктах триангуляции. Однако состояние таких пунктов в настоящее время является неудовлетворительным. Например, при обследовании 16 пунктов триангуляции в Курманаевском районе Оренбургской области было выявлено, что 11 из них были либо повреждены, либо полностью уничтожены.

Для определения горизонтальных и вертикальных сдвижений точек земной поверхности целесообразно использовать наблюдения с применением глобальных навигационных спутниковых систем (GPS, ГЛОНАСС, GALILEO).

Технология мониторинга напряженного геодинамического состояния территорий с применением глобальных навигационных спутниковых систем позволяет существенно сократить расходы на его проведение и повысить

уровень безопасности экологических, экономических и социальных рисков. Предлагаемый методический комплекс изучения геодинамических процессов может быть применен при изучении техногенных изменений в нефтегазоносном Южном Предуралье, выявлении наиболее геодинамически активных геологических структур, исследовании гидродинамических процессов в пластовых водах и прилегающих к ним водоносных горизонтах.

Применение этого подхода накладывает определенные требования к точности измерений и условиям, в которых они выполняются. Эти требования изложены в инструкции по нивелированию. Допустимой является погрешность при измерениях II класса не более 2 мм, III класса – 5 мм и IV класса – 10 мм. (Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов, 2004)

В целях разработки и апробации предложенной технологии геодинамического мониторинга с использованием спутниковых систем на базе отдела геоэкологии ОНЦ УрО РАН выполняется программа мониторинга современных геотектонических процессов в Южном Предуралье. Ожидаемые перемещения участков земной коры на территории исследований нами и другими исследователями (Ушаков, 1978) оцениваются в 5–10 мм в год. Поэтому для измерений должна использоваться очень чувствительная и высокоточная аппаратура, а замеры следует проводить через большие интервалы времени.

Первые опыты проведены в 2014–2016 гг. с помощью спутниковых систем высокоточного позиционирования GNSS. Для организации системы мониторинга на первом этапе нами создан геодинамический полигон из 4 фундаментальных реперов образующих точки наблюдения. Первая точка наблюдения расположен на здании Отдела геоэкологии Оренбургского НЦ УрО РАН по адресу г. Оренбург, ул. Набережная, д. 29. Она может использоваться как базовая с известными координатами. Координаты этой точки получены с использованием базовой станции OREN сети референцных станций «Смартнет» ООО «Навгеоком». Вторая точка расположена на территории ОНГКМ. Третья точка в п. Южный Урал. Четвертая точка, расположена на Донецко-Сыртовском выступе за пределами техногенного воздействия ОНГКМ и позволяет следить за развитием природных геодинамических процессов.

Для наблюдения за геодинамикой использовались двухчастотные GNSS-приемники Leica Viva. Заявленные производителем характеристики позволяет достичь приемлемой точности геодинамического контроля. Для ~~пост~~обработки данных, полученных от GNSS-приемников, использовался программный комплекс Leica Geo Office.

С целью оценки точности измерений и ведения мониторинга за деформацией земной поверхности были проведены наблюдения по замкнутой линии, включающей первую, вторую и третью точку наблюдения (рис. 4.9). В качестве опорной использовалась точка наблюдения на здании отдела геоэкологии.

Наблюдения на точках велись в следующем порядке. Для первого наблюдения устанавливали ровер на второй точке наблюдения. Для ~~пост~~обработки использовали данные полученные с базового приемника, расположенного на первой опорной точке. Далее устанавливали базовый приемник на вторую точку и использовали его для постобработки данных, полученных с ровера, который был установлен на третьей точке. В качестве опорных использовались координаты, полученные в предыдущем наблюдении. И так далее в соответствие с рис. 4.9. В последнем наблюдении получены координаты точки «отдел геоэкологии». Оценка точности заключалась в определении невязки на опорной точке. Допустимой невязкой приняты 10 мм.

Рис. 4.9. Размещение и порядок замеров на точках наблюдения в Южном Предуралье

Полученная невязка высотной отметки точки «отдел геоэкологии» составила 2,9 мм (табл. 4.1), что свидетельствует о достаточно высокой точности измерений.

Результаты измерений на точках наблюдения представлены в табл.4.1.

Основным вопросом обеспечения высокой точности определения координат с помощью GNSS оборудования является обеспечение достаточной продолжительности сеанса наблюдения. Продолжительность сеанса может изменяться от нескольких минут до нескольких часов, которая зависит от внешних факторов: наличие большого количества видимых спутников при оптимальном их положении и отсутствие переотражающих поверхностей.

Таблица 4.1. **Результаты контроля движения земной коры на точках наблюдения в Южном Преуралье**

Точка наблюдения	Координаты		
Первая (опорная)	51° 45' 19.08811" С	55° 06' 33.87881" В	110,6205 м
Вторая	51° 37' 04.54044" С	54° 45' 09.25924" В	101,6471 м
Третья	51° 44' 08.99310" С	55° 01' 55.50966" В	76,3951 м
Первая	51° 45' 19.08869" С	55° 06' 33.88387" В	110,6234 м

При благоприятных внешних факторах остается неизвестным зависимость точности определения координат от продолжительности наблюдения и расстояния до базовой станции. Для решения этого вопроса проведена серия многократно повторяющихся наблюдений и определена взаимосвязь величины среднеквадратического отклонения (расшифровать) (СКО) высотной отметки и продолжительности наблюдений и расстояния ровера до базового приемника. Результаты представлены в табл. 4.2.

В опыте получена статистическая зависимость СКО высотной отметки от указанных факторов:

$$y = 0{,}0198 - 0{,}0002 \cdot x_1 - 0{,}0504 \cdot x_2 - 0{,}0015 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0{,}042 \cdot x_2^2, \quad (4.1)$$

где y – СКО высоты, м;

x_1 – расстояние от базового приемника, км;

x_2 – продолжительность наблюдения, ч.

По результатам наблюдений можно сделать вывод, что использовать величины измеряемых базовых линий более 30 км не желательно, а продолжительность наблюдения для обеспечения величины СКО не более трех миллиметров должна составлять не менее полутора часов.

Таблица 4.2. **Зависимость СКО высоты от расстояния и продолжительности наблюдения**

Точка наблюдения	Расстояние от базового приемника, км	Продолжительность наблюдения, ч	СКО высоты, мм
Вторая	28,5	1,5	1,98
		1	2,99
		0,5	5,04
		0,25	11,47
Третья	12	1,5	1,19
		1	2,96
		0,5	4,78
		0,25	6,8
Четвертая	49,5	1,5	8,64
		1	9,92
		0,5	19,68
		0,25	94,47

Следовательно, определение координат с помощью спутниковых систем высокоточного позиционирования обладает существенными преимуществами по сравнению с традиционными наземными геодезическими методами. К преимуществам GNSS измерений относятся высокая производительность и экономичность при достаточной точности измерения, что особенно заметно в труднодоступных и малонаселенных районах. Проведенные исследования показали, что для обеспечения высокой точности измерений (величина СКО не более трех миллиметров при благоприятных внешних условиях) продолжительность наблюдения должна составлять не менее полутора часов, величина длин измеряемых базовых линий не должны превышать тридцати километров. Предложенный методический подход геодинамического мониторинга с использованием спутниковой системы навигации позволяет разрабатывать технологии добычи углеводородов и их транспортировки с учетом природной и техногенной активности недр, обеспечивая значительное снижение риска чрезвычайных ситуаций и их последствий.

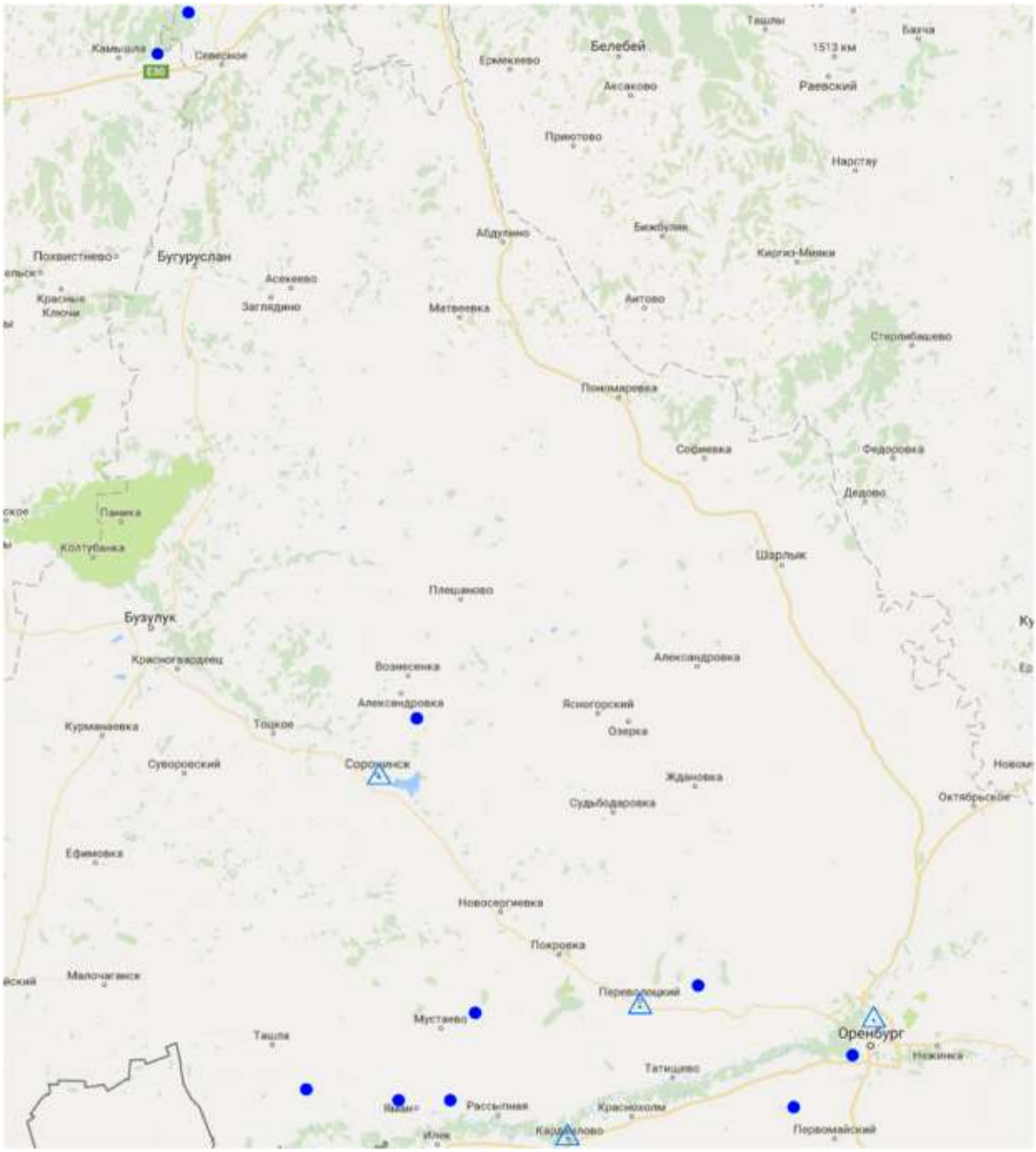
4.2.2. Результаты наблюдений за современными движениями земной коры в Южном Предуралье

Нами выполнен анализ современных движений блоков земной коры в Южном Предуралье и выделены участки, имеющие явные их признаки.

Примером такого перемещения нами выделен Кошинский участок Прибортовой зоны Прикаспийской впадины. Другой тип горизонтальных смещений верхней части отложений осадочного чехла связан с соляной тектоникой. Соль как пластичная горная порода, находящаяся под давлением вышележащих отложений легко поддается течению и перемещению в сторону уменьшения давления. В Оренбургском Предуралье соляная тектоника приурочена к кунгурскому времени, когда происходило накопление толщи солей свыше 300 м.

Кроме образования соляных валов и прогибов в Предуральском прогибе и Прикаспийской впадине, характерных для полномасштабной соляной тектоники есть районы, примыкающие к ним с рудиментарной соляной тектоникой, где мощности пластов соли меньше и реакция ее менее заметна. В пределах ОНГКМ в сводовой части Оренбургского вала нами установлено горизонтальное смещение одноименных структурных форм по кровле кунгура с предположительной амплитудой смещения до 4-х км.

Все перечисленные факты подвижек тектонических блоков как в горизонтальных, так и вертикальных направлениях требуют количественной проверки. В Южном Предуралье первые опыты проведены в 2014–2018 гг. с помощью спутниковых систем высокоточного позиционирования GNSS (рис. 4.10) на закладываемых нами пунктах наблюдения по методике, изложенной в разд. 4.2.1.



● – пункты наблюдения
△ – базовые станции сети референцных станций ООО «Смартнет», а также собственные базовые станции

Рис. 4.10. Схема расположения пунктов наблюдения за деформацией земной поверхности в Западном Оренбуржье

Первый пункт наблюдения расположен на здании Отдела геоэкологии ОНЦ УрО РАН по адресу г. Оренбург, ул. Набережная, д. 29 (рис. 4.9). Второй пункт расположен на полигоне МЧС на расстоянии 4,9 км т УКПГ-6. Этот пункт

находится на территории ОНГКМ. Третий пункт контрольный, расположен в п. Южный Урал. Он находится за пределами ОНГКМ, однако, в пределах гидродинамической воронки подземных вод. Четвертый пункт, расположенный на территории с. Донецкое, находится за пределами техногенного воздействия ОНГКМ. Кроме этого в 2016 г. была заложена группа пунктов наблюдения на Кошинском участке в районе населенных пунктов Ржавка, Сладкое, Яман и Кинделя. В 2017 г. Заложена группа пунктов наблюдения на Байтуганском месторождении и один пункт наблюдения в районе с. Толкаевка.

Результатом работы по закладке пунктов наблюдения должна стать разреженная геодезическая сеть с расстояниями между соседними пунктами и длинами базовых линий до 80 км. Далее предполагается сгущение сети на участках геодинамически неустойчивых зон. Работы по сгущению сети ведутся в настоящее время на Кошинском участке и на Байтуганском месторождении нефти.

Пункты наблюдения заложены на фундаментальных реперах в соответствии с «Правилами закрепления центров на пунктах спутниковой геодезической сети».

В качестве базовой станции использовалась станция OREN сети референцных базовых станций «Смартнет».

Результаты наблюдений за деформацией земной поверхности на пунктах наблюдения геодинамического полигона представлены на графиках рис. 4.11–4.13 в виде относительного изменения высотной отметки (Δ). За начальное значение принята высотная отметка, полученная при первом измерении координаты на соответствующем пункте наблюдения в 2014 г. Остальные значения точек на графиках, представляют разницу между текущим значением высотной отметки и значением высотной отметки, полученным при первом измерении.

Анализ графиков позволяет сделать следующие выводы:

1) на пункте наблюдения полигон МЧС с сентября 2014 по ноябрь 2015 г. произошло понижение земной поверхности на 15 мм, затем в течение следующих шести месяцев произошло воздымание до прежних значений;

2) высотная отметка пункта наблюдения в с. Донецкое имеет устойчивый тренд к понижению. Однако, величина изменения высотной отметки пункта за 5 лет с момента начала измерений не велика и составляет не более 2 см;

3) наблюдения на пункте в п. Южный Урал показывают, что в этом месте происходит воздымание земной поверхности. Величина воздымания незначительна и не превышает 15 мм за период наблюдения.

В целом, можно отметить, что геодинамическая обстановка на пунктах наблюдения является спокойной. Величины вертикальных деформаций земной поверхности не велики. Отдельного детального рассмотрения требуют знакопеременные вертикальные деформации на пункте наблюдения полигона МЧС.

Рис. 4.11. График относительного изменения высотной отметки (Δ) пункта наблюдения на полигоне МЧС

Рис. 4.12. График относительного изменения высотной отметки (Δ) пункта наблюдения в с. Донецкое

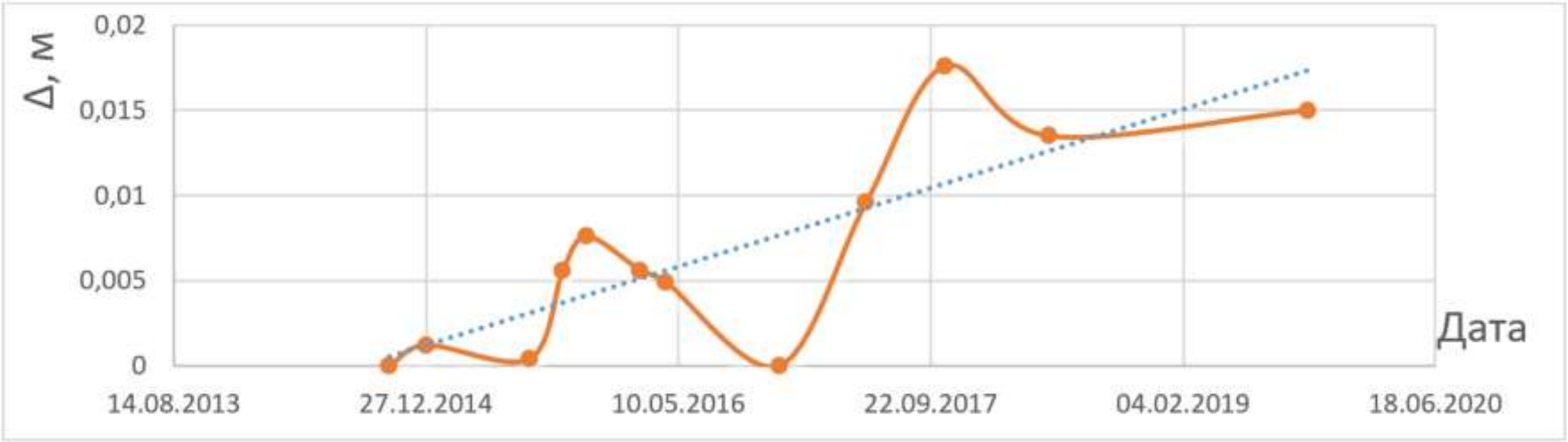


Рис. 4.13. График относительного изменения высотной отметки (Δ) пункта наблюдения в п. Южный Урал

Исследование природных геодинамических процессов нами выполняется на примере Южного Предуралья, расположенного на стыке трех крупнейших геологических структур: юго-восточной части Волго-Уральской антеклизы, Предуральского краевого прогиба и северного борта Прикаспийской синеклизы. На широтном Ташлинско-Илекском участке долины р. Урал (от с. Раннее до с. Кардаилово, длина участка порядка 50 км) имеет местоприродный феномен – вопреки закону Бэра (в северном полушарии реки подмывают правый берег) р. Урал постоянно подмывает левый берег, в то время как на остальном протяжении реки преимущественно подмывается правый берег. Указанный природный феномен установлен на основе анализа поведения русла р. Урал в южной пограничной с Республикой Казахстан части Оренбургской области.

С целью изучения географического феномена Кошинского участка с позиции геодинамики, отделом геоэкологии Оренбургского научного центра УрО РАН в 2016 г. заложены пункты (фундаментальные репера) для наблюдений их смещений с помощью глобальных навигационных спутниковых систем (далее – ГНСС) (рис. 4.14) (Соколов, 2004). В период с 2016 г. по 2018 г. на Кошинском участке были проведены измерения координат реперов.

Результаты измерений представлены на карте современных движений земной поверхности Кошинского участка (рис. 4.14).

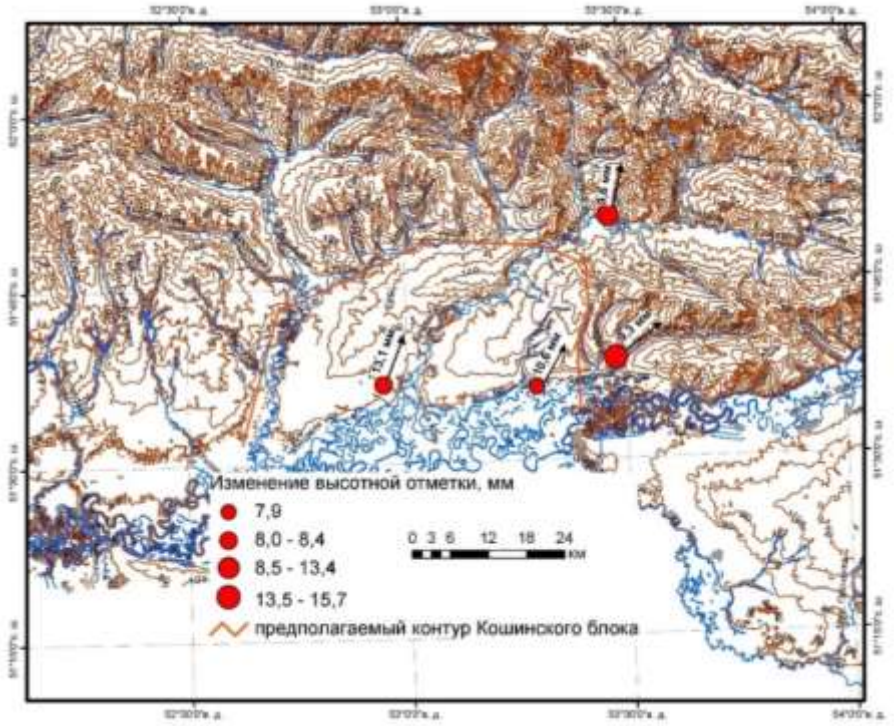


Рис. 4.14. Схема расположения реперов и современные движения земной поверхности на Кошинском участке

Проведенные исследования подтвердили нашу гипотезу о том, что тектонические силы толкают Кошинский участок Прибортовой зоны Прикаспийской впадины в северном направлении.

«Нет ничего более изобретательного, чем природа».
Цицерон Марк Ту́ллий – древнеримский политик и философ

Глава 5. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ*

5.1. Управление природопользованием

Как известно, управление природопользованием – это совокупность мер регулирования состояниями природных систем для сохранения их устойчивого развития. Различают следующие виды управления: а) саморегулирование, основанное на обратных связях и обеспечивающее устойчивость природной системы независимо от воли отдельных участников; б) управление как волевой процесс, включающий: определение цели; постановку задач для достижения цели; построение соответствующей модели; разработку и реализацию алгоритма и технологии управления, а также выявление технико-экономических преимуществ.

5.1.1. Проблемы управления

Структурные составляющие процесса управления включают многообразные обратные связи. Агентам управления предписываются правила поведения, закрепляемые правовыми нормами, административными инструкциями и сложившейся хозяйственной практикой. Тем самым в структуры управления вносятся элементы саморегулирования, генерирующие снизу вверх потоки информации. Действие волевых управленческих актов направлено сверху вниз. Они преодолевают сопротивление инертных бюрократических структур, направляют и корректируют механизмы саморегулирования, испытывая при этом обратное воздействие. Следовательно, механизмы саморегулирования встроены в социо-эколого-экономическую систему управления во всех ее секторах и на всех уровнях.

Важными для управления природопользованием являются: 1) непрерывность и необратимость процессов развития; 2) относительность результатов исследований, вследствие изменяющихся условий среды; 3) малые изменения элементов природной системы, происходившие в течение длительного времени, порождают, как правило, эволюцию на уровне системы;

* *Автор: Ю. Р. Владов*

4) эволюция системы приводит к изменению порождающих ее причин в виде условий существования; 5) избирательная восприимчивость элементов к начальным условиям вызывает непредсказуемость результата и неопределенность хода эволюции; 6) интеграция биологических систем и их приспособляемость к изменениям в окружающей среде.

Содержательный смысл проблемы управления природопользованием раскрывается в конкретных формах ее организации. Глобальная цель управления природопользованием – достижение экологически безопасного, устойчивого и сбалансированного развития природы в условиях природопользования, обеспечивающей ее развитие с участием человека и с учетом его интересов (Нестеренко, 2006 и 2016). Характер управления природопользованием определяется в первую очередь поставленной целью, но он также зависит и от характеристик конкретной территории, что влияет на специфику природопользования и требует проведения регионализации. Конкретное управление природопользованием зависит также от выбранных способов воздействия. Выбор методов управления определяется на основе информационного и правового обеспечения процесса управления. Следовательно, организация системы управления природопользованием включает: установление приоритетов; формирование экологической политики; выработку стратегии природопользования; выбор методов управления; создание информационного и нормативно-правового обеспечения управления природопользованием; создание институциональной инфраструктуры для обеспечения управления в сфере природопользования.

В управлении природопользованием существуют трудности методологического характера. Например, при учете синергетических закономерностей, согласно которым эффект от управляющего воздействия нелинейно зависит от величины приложенных усилий. Учет синергетических закономерностей существенно меняет традиционные представления в области управления: сложно организованные системы имеют собственные траектории; даже значительное воздействие на систему не дает ожидаемого результата, если оно не отвечает внутренним тенденциям изменения; в условиях нестабильности даже малые управляющие воздействия, соответствующие тенденциям преобразования природной системы, вызывают более сильный эффект; закономерности протекания нарастающих лавинообразных процессов определяются действием положительных обратных связей. На устойчивость системы и ее функционирование существенным образом влияют нарушения в узловых элементах природной системы, а также негативные изменения в информационных каналах. В качестве объектов управления выступает чаще всего окружающая среда, а также отдельные природные и антропогенные объекты, в том числе объекты хозяйственной деятельности.

5.1.2. Закономерности природопользования

Закономерности – устойчивые и повторяющиеся отношения или связи между явлениями. Различают два типа закономерностей: динамические и статистические. Если форма связи между явлениями такая, что предыдущее состояние объекта однозначно определяет последующее состояние, то имеет место динамическая закономерность. Статистическая закономерность определяет повторяемость в поведении не каждого отдельно взятого объекта, а в их совокупности или ансамбле. К закону приходится переходить, если необходимо выяснить причину закономерности. Как известно, при наличии определенных условий закон определяет порядок, структуру связи явлений, регулярность их протекания, их повторяемость в относительно тождественных условиях (Ильин, 2005).

Первая группа, вызванная ограниченностью природно-ресурсного потенциала Земли, при потребительском природопользовании состоит из следующих закономерностей:

- исчерпаемости природных ресурсов;
- снижения природно-ресурсного потенциала;
- интегрального ресурса;
- убывающей отдачи;
- убывающего плодородия.

Вторая группа закономерностей, характеризующих развитие природных систем в условиях антропогенного воздействия:

- соответствия между природно-ресурсным потенциалом и развитием производительных сил;
- относительного повышения расхода вещества и энергии на самоподдержание;
- повышения наукоемкости;
- повышения энергетической эффективности;
- *эволюционного и не эволюционного* преобразования природных систем;
- территориального и компонентного *динамического* экологического равновесия;
- относительного понижения природоемкости готовой продукции;
- равновесность природных систем и *продуктивности* биосистем.

В третью группу закономерностей, характеризующих управление природопользованием, входят:

- цепных реакций при «жестком» и «мягком» управлении природой;
- совместного действия природных факторов;
- относительного повышения темпов оборота вовлекаемых природных ресурсов;
- снижение удельных затрат за счет повышения *биопродуктивности*.

5.1.3. Основные вопросы, рассмотренные в работах известных экологов

Биосфера в мировой среде и как область превращений космической энергии, а также живое вещество в биосфере первого и второго порядка, пределы жизни и границы живого в биосфере (Вернадский В.И., 2002). Уделено также внимание геохимическим циклам сгущений жизни и живых пленок гидросферы, живому веществу суши и связи живых пленок гидросферы и суши. Ноосфера и научная мысль как планетное явление.

Рассмотрены вопросы кризиса окружающей среды и человека в экосфере, а также население и благосостояние, технологические просчеты, социальные факторы, проблема выживания и экономическое значение экологии (Коммонер, 1974).

Сформулированы концепции современной экологии, в частности, теоретические аспекты, законы, правила, принципы и гипотезы (Реймерс, 1990). Уделено также внимание социально-экономическим аспектам, прежде всего, роли экологии в охране природы и рациональном использовании естественных ресурсов.

Приведены концепции и классификации экосистем, их возникновение и эволюция, энергетическая характеристика, а также связь экологических тенденций с развитием человеческого общества (Одум, 1975). Уделено также внимание вопросам динамики популяций и взаимоотношениям между популяциями, сообществами и экосистемами. Рассмотрена динамика экосистем и эволюционной экологии, а также вопросы, связанные с перспективами человечества на будущее.

Описаны экологические и геофизические аспекты контроля состояния природной среды с антропогенными изменениями и прогноз ее состояния, рассмотрен экологический и климатический мониторинг, обсуждена стратегия регулирования качества природной среды с учетом эколого-экономических аспектов, дан анализ экологических проблем, возможных изменений климата, озонного слоя и электрического состояния атмосферы, проблемы кислотных дождей и загрязнения мирового океана, названы последствия возможной ядерной войны, определена роль мониторинга в решении проблем биосферы (Израэль, 1979).

Проанализированы и обобщены современные представления об устойчивом развитии в экологическом, экономическом, социальном, демографическом, научно-техническом, этическом и философско-методологическом аспектах (Данилов-Данильян, Лосев, 2000). При устойчивом развитии человек не превышает хозяйственной емкости биосферы – допустимого порога воздействия на окружающую среду, за которым становится неотвратимой экологическая катастрофа. Переход мировой цивилизации к устойчивому развитию трактуется как единственно возможный ответ на

экологический вызов, а также рассмотрены проблемы перехода России к устойчивому развитию.

В вопросах экодиагностики и сбалансированного развития (Кочуров, 2016) важное место занимают проблемы экологической оценки территории и картографирования, выявление экологически бедственных территорий, геоэкологическое районирование и прогнозирование экологических ситуаций. При рассмотрении эколого-хозяйственного баланса территории и гармоничного развития затронуты проблемы природно-антропогенных и геоэкосоциосистем, землеустройство и ландшафтоведение, информационная основа управления природопользованием, а также вопросы эффективности природопользования в условиях ограниченных энергоресурсов.

Однако, вопросы экологии и природопользования вододефицитных территорий в этих и др. работах не рассмотрены. Природа в климатических зонах и на их территориях различна, различна ее продуктивность. В различных природных условиях различны также социумы и экономики. Сложившиеся особенности мира природы Южного Урала, существенно отличающегося от окружающих его территорий, определяют в условиях ограниченности водных ресурсов соответствующие системы социума, экономики и природопользования (Нестеренко, 2006).

Далее в главе изложены научные основы разработки и развития технологий интеллектуального управления состоянием природных компонентов. Предложена классификация локальных и агрегированных моделей состояния. Для последних выделен новый вид – географический, требующий значительных информационных ресурсов и инструментальных средств географических информационных систем (ГИС). Соответствующие технологии интеллектуального управления состоянием, построенные на основе агрегированных географических моделей и средств ГИС названы геоинформационными. Выявлены основополагающие закономерности антропогенного изменения компонентов природы вододефицитных территорий и соответствующие принципы управления природопользованием для обеспечения развития природы с участием человека и учетом его интересов.

Для новых классов предложены методики и разработаны алгоритмы построения следующих геоинформационных технологий управления природопользованием: состоянием административных районов, расположенных на вододефицитной территории (далее для краткости администрантов), подземными водами бассейна реки, а также определения геодинамической активности недр, эксплуатируемых месторождений углеводородов.

5.2. Закономерности и принципы управления природопользованием вододефицитной территории

5.2.1. Закономерности антропогенного изменения компонентов природы

Закономерность 1. Для вододефицитной территории водная компонента имеет системообразующее значение в формировании климата, почвенного покрова, геологической среды, биоресурсов, социума и экономики.

Закономерность 2. Усиливающееся антропогенное воздействие изменяет количественно и качественно природные воды речных бассейнов вододефицитной территории, которые в свою очередь значительно усиливают эффект влияния на остальные компоненты природы.

Закономерность 3. На вододефицитной территории природа адаптируется к изменениям и уровню обеспеченности водными ресурсами до определенного порога, который теоретически обосновывается и практически вычисляется (Нестеренко Ю.М., 2006).

5.2.2. Принципы управления развитием компонентов природы

Развитие систем «гидрогеобиосфера, социум и экономика», расположенных на вододефицитных территориях, обеспечивается существенным повышением эффективности использования водных ресурсов за счет интеллектуального управления их количеством и качеством. В системах управления развитием компонентов природы, расположенных на вододефицитных территориях, предлагается последовательное использование ряда принципов:

1. Принцип построения моделей. Построение агрегированных географических моделей состояния природных компонентов с использованием аналитических и непараметрических методов идентификации требует, кроме интеллектуальной обработки данных, инструментальных средств географических информационных систем (ГИС).

2. Принцип построения технологий управления. Построение геоинформационных интеллектуальных технологий управления состоянием природных компонентов, расположенных на вододефицитной территории, требует использования зональных и климатических методов агрегирования.

3. Принцип повышения порога устойчивости биоты. В процессе интеллектуального управления природопользованием достигается повышение порога устойчивости естественной биоты.

4. Принцип создания эффективных систем интеллектуального управления. В современных антропогенно измененных условиях

высокопродуктивные био- и экосистемы могут быть созданы с помощью эффективных систем интеллектуального управления.

5. Принцип бесконечного множества состояний. Компоненты природы могут быть представлены с бесконечным множеством состояний.

6. Принцип допустимости представления. Для целей интеллектуального управления состоянием природных компонентов, расположенных на вододефицитной территории, допустимо представление их с конечным ограниченным множеством состояний.

7. Принцип иерархичности состояний. Подавляющее количество «гидро-гео-биосфера, социум и экономика» систем на вододефицитных территориях можно представить с конечным множеством иерархично расположенных состояний, обладающих адаптационной способностью к уровню обеспеченности водными ресурсами, являющимися основными системообразующими факторами.

8. Принцип скатывания в низкоэффективные состояния. При потребительском природопользовании и отсутствии агрегированных географических моделей состояния с соответствующими геоинформационными технологиями управления под усиливающимся антропогенным воздействием природные компоненты скатываются в недостаточные по эффективности состояния.

9. Принцип формирования управленческих воздействий. Использование научно обоснованных агрегированных географических моделей состояния и соответствующих технологий управления природопользованием позволяет распознать с определенной дискретностью ограниченное множество состояний системы «гидрогеобиосфера, социум и экономика» вододефицитной территории и сформировать управленческие воздействия по переводу системы в верхние, выше расположенные по эффективности состояния, с повышением биопродуктивности.

5.2.3. Разработка классификации сложных объектов исследования

Поскольку для сложных объектов исследования внутренне присущи иерархичность и многоуровневость, то необходима разработка соответствующей классификации по уровню сложности (табл. 5.1).

Таблица 5.1. **Классификация объектов исследования по уровню сложности**

№ уровня сложности	Название	Обоснование	Примеры	Агрегированные модели состояний
Верхний 1	Природные	Не учитывается влияние антропогенных факторов на состояние природных компонентов ввиду их незначительности	Природные компоненты, в первую очередь заповедники	-

Продолжение табл. 5.1

№ уровня сложности	Название	Обоснование	Примеры	Агрегированные модели состояний
2	Природно-антропогенные	Учитывается влияние антропогенных факторов на состояние ПК. Пренебречь ими нельзя или исследование направлено на выяснение этого влияния	Исследование изменений параметров водного баланса бассейнов рек на вододефицитных территориях, зависящих от водообеспеченности компонентов природы и социума	Группирование вододефицитной территории по простым и комплексным (два и более) климатическим и социальным факторам
3	Антропогеннноприродные	Состояние искусственно созданных природных компонентов	Искусственные объекты в природных системах (водохранилища, лесопосадки, пахотные земли и др.)	-
4	Природно-техногенные	Учитывается влияние техногенных факторов на состояние природных компонентов	Недра с разрабатываемыми месторождениями углеводородов, почвенные биоценозы и др.	Агрегированные геоинформационные модели природных систем и природопользования (например, геодинамического состояния недр разрабатываемых месторождений углеводородов)
5	Техногенно-природные	Учитывается влияние природных факторов на состояние техногенных объектов	Инженерные объекты и природные системы (например, нефте- и газо- трубопроводы, паропроводы, энергетические котлы с учетом факторов окружающей среды)	Интегральные и дифференциальные состояния инженерных объектов в природных системах (например, трубопроводов, проложенных в проседающих грунтах)
Нижний 6	Техногенные	Не учитывается влияние на состояние этих объектов природных факторов ввиду их незначительности	Инженерные объекты (например, нефте- и газо- трубопроводы, паропроводы, энергетические котлы)	Агрегированные аналитические и мультиграфовые модели состояний инженерных объектов (например, нефте- и газо- трубопроводов, паропроводов и энергетических котлов).

Практически для объектов 1 и 3-го уровней агрегированные модели состояния не разработаны, в тоже время для объектов 2, 4–6 классов предложено значительное количество соответствующих моделей, в том числе

принципиально новые, представляющие значительный научный интерес и широкие возможности для исследований.

5.2.4. Агрегированные географические модели состояния природных компонентов, расположенных на вододефицитной территории

Предложен новый вид агрегированных географических моделей состояния природных компонентов (рис. 5.1), требующий при построении знания особенностей, ранее разработанных агрегированных аналитических и мультиграфовых моделей состояния, значительные массивы геоэкологических данных, возможности математической и логической обработки данных, а также инструментальные средства и выразительные возможности геоинформационных систем (ГИС).

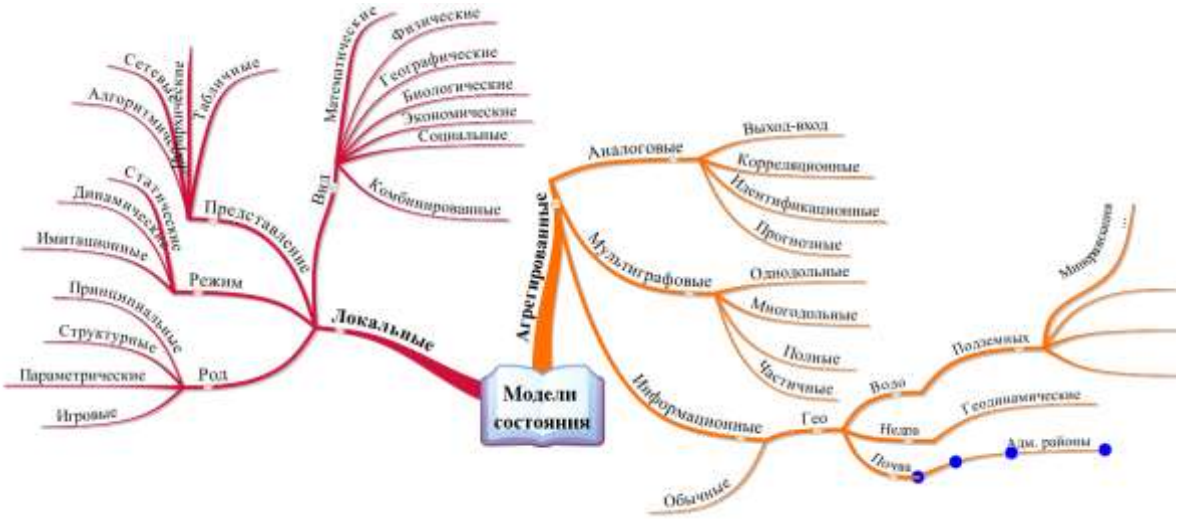


Рис. 5.1. Классификация локальных и агрегированных моделей состояния объектов

Из рис. 5.1. видно, что к двум раннее выделенным направлениям в виде агрегированных аналитических и мультиграфовых моделей состояний добавилось третье направление – агрегированные географические модели для отображения состояния природных компонентов.

5.2.5. Геоинформационные технологии интеллектуального управления состоянием природных компонентов на вододефицитной территории

Разработана классификация технологий управления состоянием сложных объектов, в которой предложен новый класс геоинформационных технологий управления состоянием природных компонентов, расположенных на вододефицитной территории (рис. 5.2), предполагающий использование

достигнутых знаний по аналитическим, мультиграфовым и интегрированным технологиям интеллектуального управления состоянием ТГО, а также техногенно-природных объектов и отраженным в целом ряде опубликованных работ, в том числе в отчете о НИР по выполненному гранту РФФИ, а также ряде монографий.

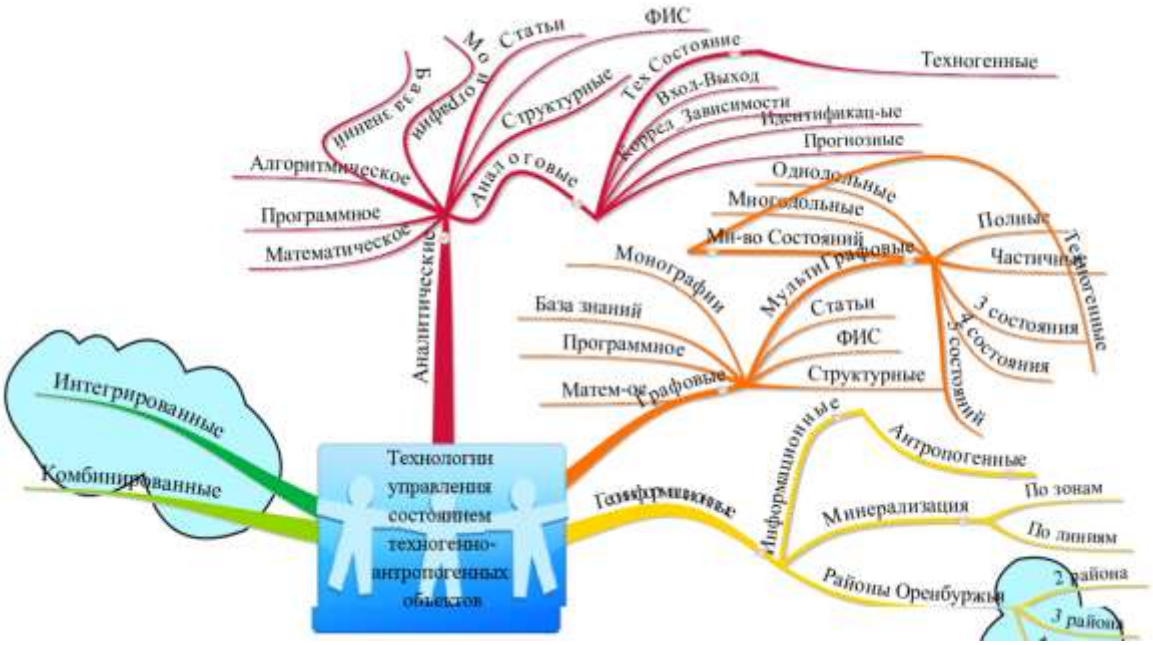


Рис. 5.2. Классификация технологий управления состоянием основных компонентов природы

Таким образом, выявлены закономерности антропогенного изменения природных компонентов, расположенных на вододефицитных территориях, и принципы управления их развитием позволяют приступить к целенаправленной разработке агрегированных географических моделей состояния и соответствующих геоинформационных технологий интеллектуального управления состоянием 2, 4–6 уровней сложности, в том числе природно-антропогенных, природно-техногенных, техногенно-природных (в зависимости от степени влияния природных факторов, а также техногенных объектов (если природные факторы по тем или иным причинам не учитываются). Разработана методология построения геоинформационных технологий интеллектуального управления состоянием природно-техногенных объектов.

5.3. Природно-ресурсный потенциал административных районов Оренбуржья

5.3.1. Методика разработки технологии

Разработка геоинформационной технологии управления состоянием административных районов, расположенных на вододефицитной территории (в дальнейшем для краткости их называем администрантами) проведена на основе полученных результатов для управления состоянием техногенных объектов. Интеллектуальные основы управления с агрегированными аналитическими и мультиграфовыми моделями и соответствующими базами знаний заложены в работах Владова Ю.Р. (2013) и Владовой А.Ю. (2012). Разработанная технология управления состоянием администрантов предусматривает следующие этапы:

1) выбор доступных для нахождения показателей и оценка водных ресурсов вододефицитной территории с учетом административного деления на районы;

2) декомпозиция отобранных показателей на две компоненты, одна из которых характеризует территориальную составляющую, а вторая – усредненные водные ресурсы каждого администранта;

3) изучение распределения средних по администрантам значений отобранных показателей с использованием справочных данных;

4) разработка метода нахождения базовых значений для выбранных показателей и способа нормировки;

5) построение агрегированных моделей территориальной и водной компонент администрантов, а также определение их индексов состояния;

6) проведение агрегирования территории с выбором оптимального способа группировки администрантов на зоны;

7) статистический анализ полученной информации;

8) формирование управленческой информации.

Разработка технологии основана на построении агрегированных моделей, объединяющих многие частные показатели в интегрированный показатель. В данной работе в виду ограниченности объема использованы только три типа агрегированных моделей – аддитивные, мультипликативные и комбинированные.

Аддитивная модель строится как сумма произведений весовых коэффициентов показателей на их относительные значения:

$$X_{add} = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \cdot \bar{X}_i \qquad (5.1)$$

где n – количество показателей, вошедших в агрегированную модель.

Мультипликативная модель учитывает произведение относительных значений показателей в степени соответствующих весовых коэффициентов:

$$X_{mpt} = \prod_{i=1}^{n} \bar{X}_i^{\alpha_i} \quad (5.2)$$

По аддитивной и мультипликативной моделям строится комбинированная модель при различных соотношениях частной аддитивной C_1 и частной мультипликативной C_2 моделей:

$$X_{kmb} = C_1 \cdot \sum_{i=1}^{k} a_i \cdot X_{otn\,i} + C_2 \cdot \prod_{j=k+1}^{n} X_{otn\,j}^{a_j}. \quad (5.3)$$

Например, в соотношении 0,6 к 0,4.

$$X_{kmb} = 0{,}6 \cdot \sum_{i=1}^{k} a_i \cdot X_{otn\,i} + 0{,}4 \cdot \prod_{j=k+1}^{n} X_{otn\,j}^{a_j}.$$

В исследовании применяется вероятностный подход на основе одного из методов теории принятия решений – метода ранжирования выбранных показателей по значимости.

Определение средних для администрантов значений ведется по данным справочников, инвестиционных паспортов районов, а также с помощью инструментальных средств ГИС. При нахождении относительных индексов состояния администрантов применяется способ нормировки усредненных показателей, который состоит из двух этапов: 1) нахождение максимальных значений выбранных показателей среди администрантов и принятие их за базовые значения; 2) нормирование путем деления абсолютных значений каждого показателя в каждом администранте на соответствующие базовые значения.

5.3.2. Выбор показателей, характеризующих относительное состояние администрантов

Выбор показателей, характеризующих территориальную составляющую администрантов Оренбургской области произведен с учетом возможности их определения для районов области и степени влияния на общую картину. Принято на этом этапе исследования разбиение выбранных показателей на две компоненты: территориальную, в которую вошли 12 показателей, и водную, в которую вошли 9 показателей. В табл. 5.2 представлены показатели, вошедшие в территориальную компоненту, а также место каждого показателя в ранжированном ряду и найденные методом ранжирования теории принятия решений весовые коэффициенты. Нужно отметить, что в принятом методе с увеличением места показателя в ранжированном ряду растет и его значимость, а, следовательно, возрастают соответствующие весовые коэффициенты.

Найденные весовые коэффициенты удовлетворяют условию нормирования, т.е. алгебраическая сумма найденных весовых коэффициентов строго равна единице.

Таблица 5.2. **Показатели территориальной компоненты и результаты ранжирования**

Номер	Показатель	Размерность	Весовой коэффициент
1	Плотность населения	чел/ км^2	0,154
2	Площадь района	км^2	0,141
3	Население района	тыс. чел.	0,128
4	Лесистость	га	0,115
5	Чернозем южный	км^2	0,103
6	Чернозем обыкновенный	км^2	0,090
7	Чернозем неполноразвитый	км^2	0,077
8	Чернозем выщелочный и типичный	км^2	0,064
9	Темно-каштановая почва	км^2	0,051
10	Солонцовый комплекс	км^2	0,038
11	Средняя температура июля	^{o}C	0,026
12	Средняя температура января	^{o}C	0,013

В табл. 5.3 представлены показатели, вошедшие в водную компоненту, как системообразующую, а также найденные методом ранжирования теории принятия решений весовые коэффициенты.

Таблица 5.3. **Показатели водной компоненты и результаты ранжирования**

Номер	Показатель	Размерность	Весовой коэффициент
1	Осадки	мм	0,4
2	Территория, покрытая водой	км^2/% от площади субъекта	0,2
3	Поверхностные воды	м^3/км^2 в год	0,2
4	Подземные водные ресурсы	м^3/км^2	0,2

Ранжируем показатели, характеризующие подземные водные ресурсы. Последние определяются на основе семи показателей (табл. 5.4).

Таблица 5.4. **Показатели подземной водной компоненты**

Номер	Показатель	Размерность	Весовой коэффициент
1	Удельный дебит	дм^3/с	0,25
2	Дебит	дм^3/с	0,21
3	Средняя минерализация	г/дм^3	0,18
4	УГВ$_{уст.}$	м	0,14
5	УГВ$_{вскр}$	м	0,11
6	Средняя глубина залегания грунтовых вод	м	0,07
7	Удельное количество скважин	ед. в расчете на ед. плотности населения в районе	0,04

Обязательное условие нормирования данных: алгебраическая сумма весовых коэффициентов должна быть равна единице. Проверка условия показывает, что весовые коэффициенты показателей подземной водной компоненты (табл. 5.4) положительные и их сумма в точности равна единице.

5.3.3. Определение водных ресурсов вододефицитной территории с учетом административного деления

Средние значения выбранных показателей определены на основе данных паспортов водохозяйственных скважин районов Оренбургской области.

Подземные водные ресурсы

Используя средние значения водных показателей по каждому администранту, определены относительные значения как отношение среднего значения по администранту к базовому (максимальному) среди всех администрантов (табл. 5.5).

Таблица 5.5. **Выбранные базовые значения показателей водной компоненты**

Показатели	Базовые значения	Администрант
Средняя глубина, м	149,7	Первомайский
$УГВ_{вскрыт}$, м	77,9	Первомайский
$УГВ_{уст}$, м	29,7	Курманаевский
Средняя минерализация, г/л	2,4	Светлинский
Дебит, л/с	5,8	Шарлыкский
Кол-во скважин, ед. в расчете на ед. плотности населения в районе	17	Оренбургский

На основе относительных значений определены значения агрегированных моделей трех типов водных ресурсов по каждому администранту. Получены следующие модельные значения подземных водных ресурсов (табл. 5.6).

Таблица 5.6. **Агрегированные модели подземных водных ресурсов всех районов региона**

№ п/п	Район	Аддитивная модель	Мультипликативная модель	Комбинированная модель
1	Абдулинский	0,492	0,417	0,462
2	Адамовский	0,350	0,315	0,336
3	Акбулакский	0,474	0,456	0,467
4	Александровский	0,488	0,452	0,474
5	Асекеевский	0,437	0,380	0,414
6	Беляевский	0,463	0,446	0,456
…	…	…	…	…

Продолжение таблицы 5.6

№ п/п	Район	Аддитивная модель	Мультипликативная модель	Комбинированная модель
32	Тоцкий	0,466	0,380	0,431
33	Тюльганский	0,387	0,347	0,371
34	Шарлыкский	0,551	0,504	0,532
35	Ясненский	0,297	0,260	0,282

Далее определены средние модельные показатели, по которым определено генеральное среднее значение (табл. 5.7).

Затем применен критерий минимума модуля среднего риска, суть которого заключается в том, что по модулю разности между генеральным средним и средними модельными находится минимальное значение, которое и определяет оптимальную модель. По данным табл. 5.7 видно, что этому условию удовлетворяет комбинированная модель.

Таблица 5.7. **Нахождение оптимальной агрегированной модели подземных водных ресурсов по критерию минимума модуля среднего риска**

Показатели	Агрегированные модели		
	Аддитивная	Мультипликативная	Комбинированная
Средние модельные	0,450	0,394	0,428
Генеральное среднее значение	0,424		
Модуль разности между сред. мод. и генерал. средним	0,026	0,030	0,004
Минимум модуля сред. риска	0,004		

Удельный дебит. Выявить распределение основных показателей подземных водных ресурсов позволяют соответствующие картограммы. Основным параметром, отражающим сумму факторов, влияющих на продуктивность скважины, является удельный дебит, поскольку именно он определяет возможность скважины в обеспечении водоснабжения. Находится как количество воды, выдаваемое скважиной при откачке (в некоторых случаях самоизливом) (л/с) при понижении уровня воды на один метр. Картограмма распределения средних значений удельного дебита скважин по администрантам Оренбургской области представлена на рис. 5.3.

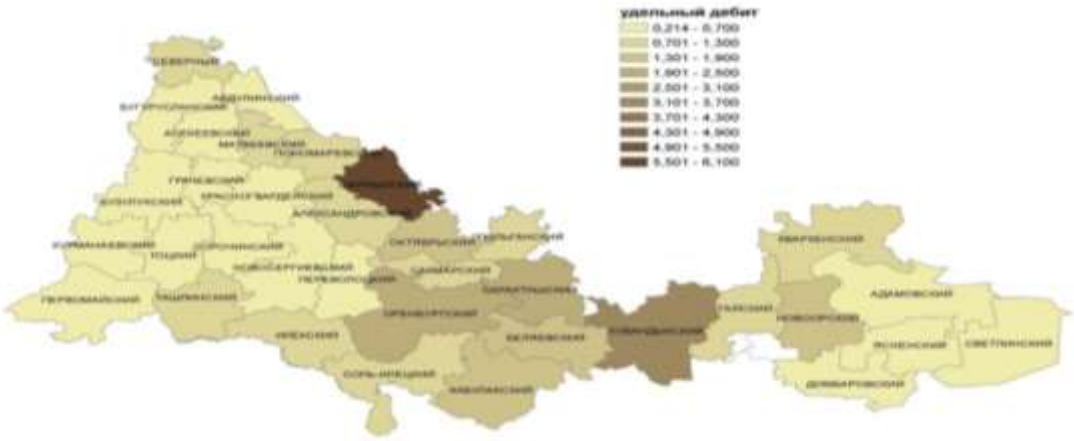


Рис. 5.3. Картограмма распределения средних значений удельного дебита скважин по администрантам Оренбургской области

В табл. 5.8 представлены результаты анализа полученных данных по дебиту скважин.

Таблица 5.8. **Распределение администрантов по дебиту скважин**

Номер п/п	Диапазон значений, л/с	Количество администрантов	
		единиц	%
1	0 – 0,22	9	25,7
2	0,23 – 0,46	13	37,1
3	0,47 – 0,71	9	25,7
4	0,72 – 1,22	3	8,6
5	1,23 – 2,40	1	2,9

Следует отметить, что подавляющее большинство администрантов (31) по удельному дебиту вошли в диапазон 0–0,71 л/с.

Минерализация. Под минерализацией понимают суммарное содержание в ней всех найденных при анализе минеральных веществ. К настоящему времени опубликовано несколько десятков классификаций природных вод по минерализации, основанных на различных принципах и имеющих разное практическое применение и значение. Всеобъемлющей универсальной классификации еще не создано. Существующие классификации, в зависимости от того, какие величины взяты в основу, подразделяют на классификации по химическому составу и классификации по величине минерализации. Наблюдаемый диапазон величин минерализации вод в природе чрезвычайно велик. Так, средняя минерализация атмосферных осадков на севере всего 10 мг/л. Минерализация снега в Антрактиде еще ниже – 1–1,5 мг/л. Существует несколько классификаций вод по величине минерализации, в которых в зависимости от практического назначения выделяются различные градации. В

гидрогеологии популярна классификация по величине минерализации (г/л) воды: ультрапресные, менее 0,2; пресные 0,2–0,5; пресные воды с относительно повышенной минерализацией 0,5–1,0; солоноватые 1,0–3,0; соленые 3,0–10,0 и воды повышенной солености с минерализацией 10,0–35,0.

На рис. 5.4 приведена картограмма для средних значений минерализации подземных вод.

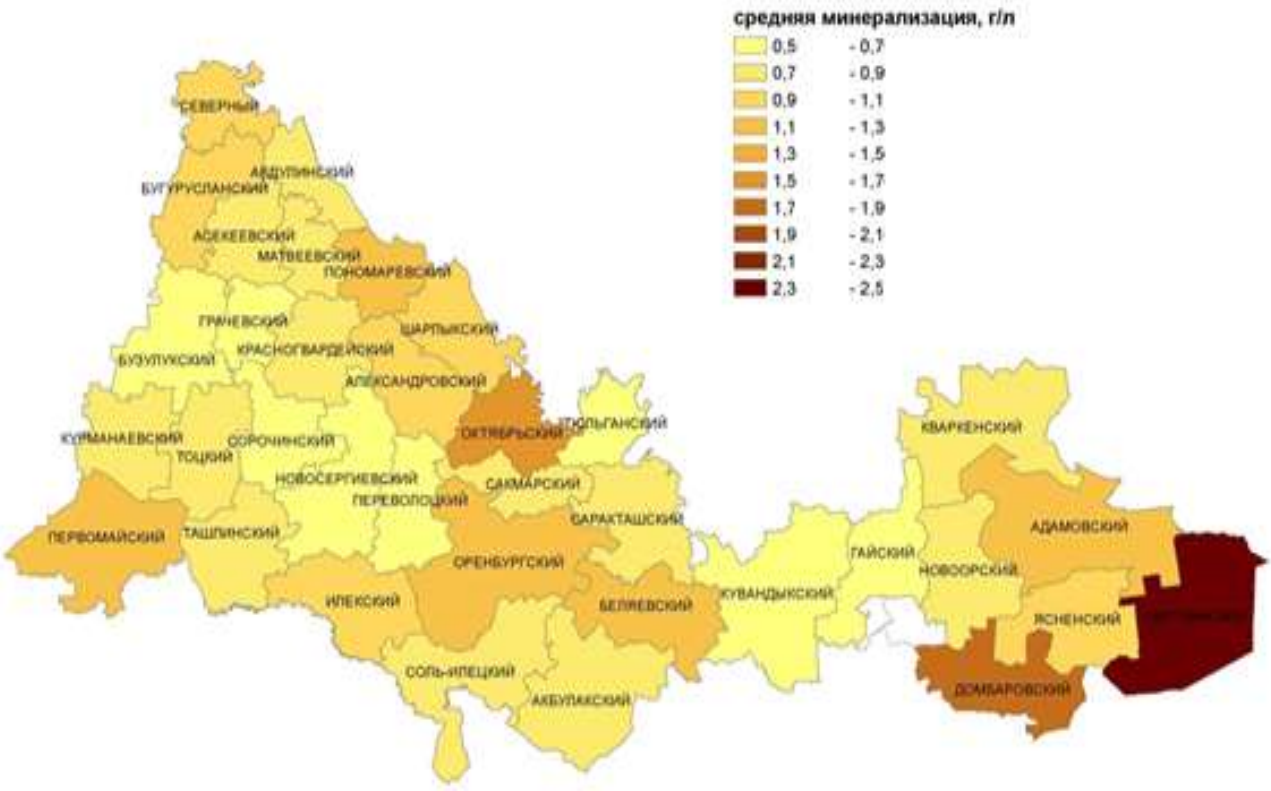


Рис. 5.4. Картограмма распределения средних значений минерализации подземных вод для администрантов Оренбургской области

В табл. 5.9 представлены результаты проведенного анализа полученных данных по минерализаци подземных вод.

Таблица 5.9. **Распределение администрантов по минерализаци подземных вод**

Номер п/п	Диапазон значений, г/л	Количество администрантов, ед.
1	0 – 0,52	8
2	0,53 – 0,93	12
3	0,94 – 1,43	9
4	1,44 – 2,35	5
5	2,36 – 5,29	1

Процентное соотношение количеств администрантов, вошедших в указанные диапазоны изменения минерализации подземных вод, отображено на круговой диаграмме (рис. 5.5).

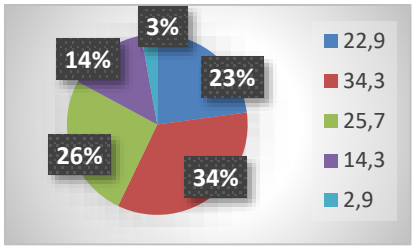


Рис. 5.5. Круговая диаграмма с процентным соотношением количества администрантов в каждом из пяти дипазонов изменения минерализации

У наибольшего количества (12) администрантов области минерализация подземных вод не выходит из диапазона (0,53–0,93) г/л.

Глубина залегания грунтовых вод (УГВ). Грунтовые воды – это первый от поверхности земли подземный водоносный слой, который залегает выше первого водоупорного слоя в виде глинистого грунта. Наличие грунтовых вод явление постоянное, но в зависимости от времени года мощность их изменяется. Весной при таянии снега и обильном поступлении влаги – уровень повышается, а летом наоборот – понижается. Самый низкий УГВ бывает зимой. Под вскрытием водоносного горизонта понимают технологический процесс, при котором в водоносном горизонте образуется выработка для оборудования водоприемной части скважины. На рис. 5.6 приведена картограмма распределения средних значений глубины залегания грунтовых вод при вскрытии.

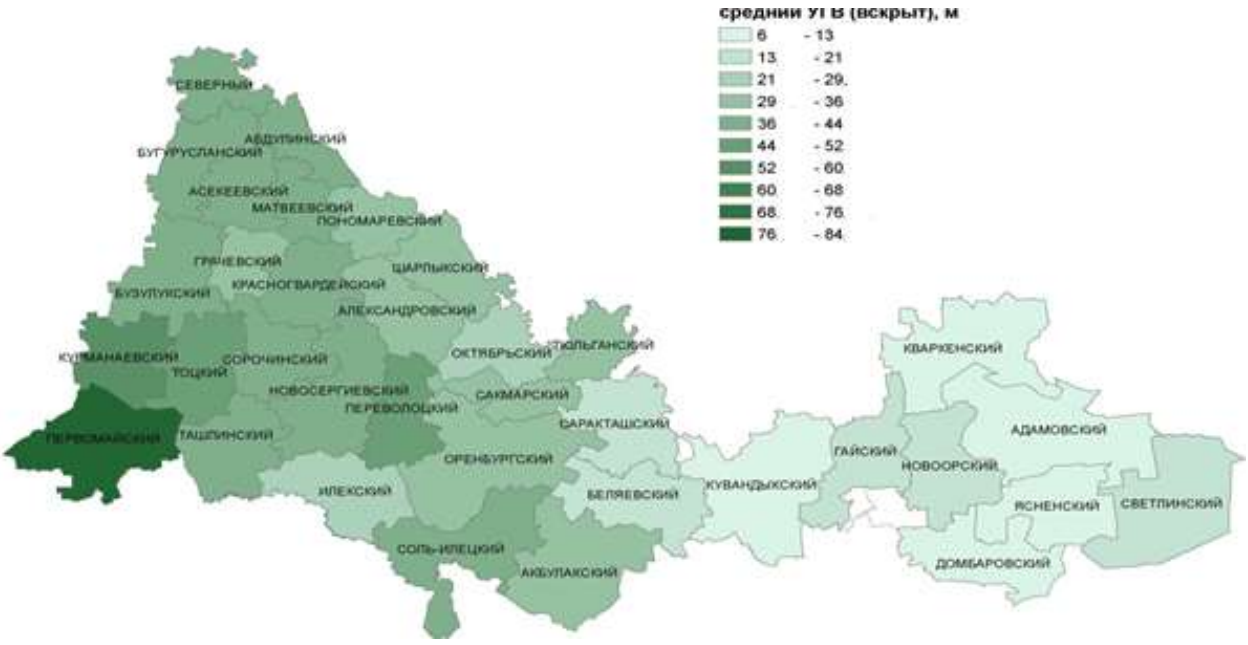


Рис. 5.6. Картограмма распределения средних значений глубины залегания грунтовых вод при вскрытии по районам Оренбургской области

В табл. 5.10 представлены результаты проведенного анализа полученных данных.

Таблица 5.10. **Распределение средних глубин залегания грунтовых вод при вскрытии по районам Оренбургской области**

Номер п/п	Диапазон глубины залегания, м	Количество администрантов, ед.
1	6 – 21	10
2	21 – 36	7
3	36 – 52	8
4	52 – 68	9
5	68 – 84	1

Процентное соотношение администрантов, вошедших в указанные диапазоны изменения УГВ вскрытия, отображено на круговой диаграмме (рис. 5.7).

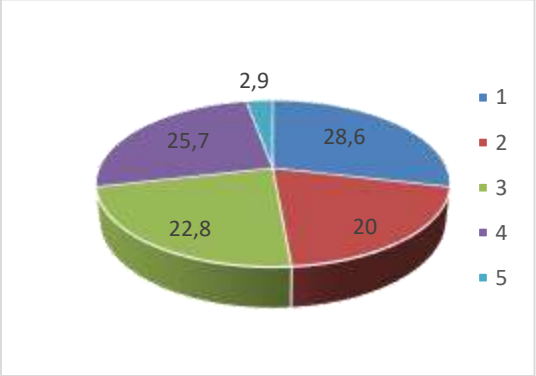


Рис. 5.7. Круговая диаграмма с процентным соотношением администрантов в каждом из пяти дипазонов изменения УГВ вскрытия

Наибольшее количество администрантов, равное 10, вошло в первый диапазон от 6 до 21 м. Для определения обеспеченности водными ресурсами используем агрегированные модели подземных ресурсов. Водный показатель районов определен по трем параметрам: площадь района, покрытая водой, подземные воды и количество осадков. Нормирование проведено по разработанной методике с определением трех основных моделей: аддитивной, мультипликативной и комбинированной. Комбинированная модель определена, исходя из соотношения аддитивной и мультипликативной составляющих как 0,5:0,5. Анализ результатов показывает, что количественные значения агрегированных моделей для всех районов области находятся в диапазоне от 0,2 до 0,7. Это говорит о правильности выбора базовых значений и справедливости проведения операции нормирования.

5.3.4. Изучение территориальных природных ресурсов

Показатель территориальных ресурсов определен в два этапа, на первом этапе определена модель почв, которая включает в себя 6 видов (табл. 5.11). Все модели почв имеют одинаковую размерность – км^2.

Таблица 5.11. **Почвенные показатели и результаты ранжирования**

Номер	Показатель	Размерность	Весовой коэффициент
1	Чернозем южный	км^2	0,286
2	Чернозем обыкновенный	км^2	0,238
3	Чернозем выщелочный и типичный	км^2	0,190
4	Чернозем неполноразвитый	км^2	0,143
5	Темно-каштановая почва	км^2	0,095
6	Солонцовый комплекс	км^2	0,048

Модель почв определена по аддитивной агрегированной модели, полученные значения использованы в расчете территориальной компоненты, включающей в себя семь показателей, представленных в табл. 5.12.

Получены значения агрегированных моделей (аддитивной, мультипликативной и комбинированной) по территориальным показателям. На рис. 5.8 отображены соответствующие индексы для 12-ти администрантов, причем слева в каждой диаграмме администрантов отображена величина, полученная по аддитивной, в центре по мультипликативной и справа по комбинированной моделям.

Таблица 5.12. **Показатели территориальной компоненты и результаты ранжирования**

Номер	Показатель	Размерность	Весовой коэффициент
1	Плотность населения	чел/ км^2	0,250
2	Площадь администранта	км^2	0,214
3	Население администранта	тыс. чел.	0,179
4	Лесистость	га	0,143
5	Почвы	км^2	0,107
6	Средняя температура июля	^{o}C	0,071
7	Средняя температура января	^{o}C	0,036

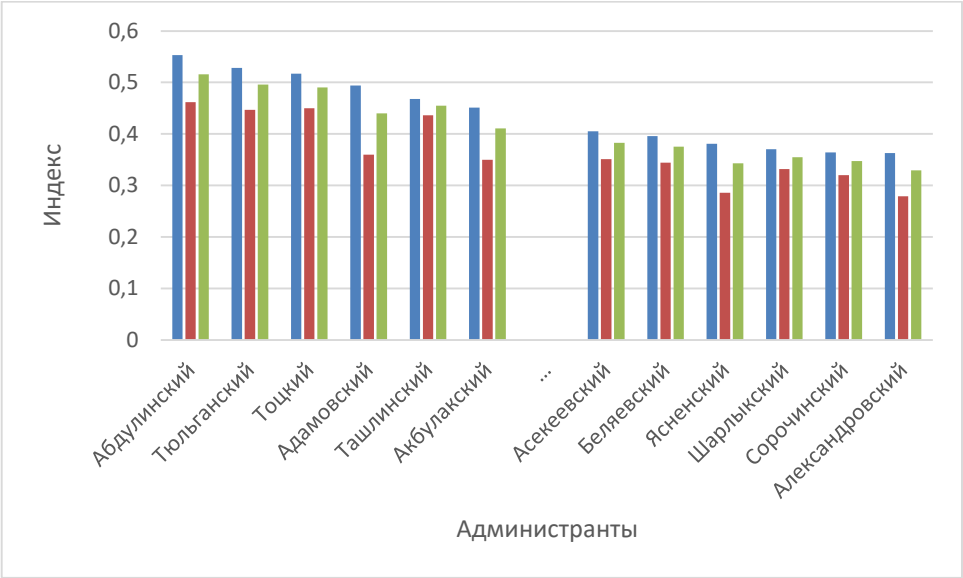


Рис. 5.8. Диаграмма агрегированных моделей для территориальной компоненты некоторых администрантов

Определен коэффициент корреляции территориальной и водной компонент, он составляет 0,368. Построенное распределение значений территориальной и водной компонент на основе комбинированных моделей, при соотношении аддитивной и мультипликативной составляющих 0,6/0,4 убеждает в незначительной корреляции этих двух показателей, в ряде случаев зависимость даже обратная, что свидетельствует о правильности изложенной методологии. Также изучено распределение основных территориальных параметров: территории, населения и плотности населения по администрантам Оренбургской области.

5.3.5. Определение индекса состояния администрантов Оренбургской области

На основании полученных ранее оптимальных агрегированных моделей территориальных и водных показателей определены индексы администрантов с учетом различных соотношений территориальной и водной компоненты: 0,5/0,5; 0,4/0,6 и 0,3/0,7, с увеличением водной составляющей (рис. 5.9). Индексы состояния для каждого администранта определены по агрегированным моделям, причем слева в каждой диаграмме отображена величина, полученная по аддитивной, в центре по мультипликативной и справа по комбинированной моделям.

Найдены коэффициенты корреляции индексов состояния администрантов с различным соотношением территориальной и водной компонент от соответствующих водных ресурсов, которые составили следующие величины: 0,679; 0,766; 0,853 соответственно. Особенно высокое значение коэффициента

корреляции достигнуто при соотношении территориальной и водной компонент, как 0,3 к 0,7.

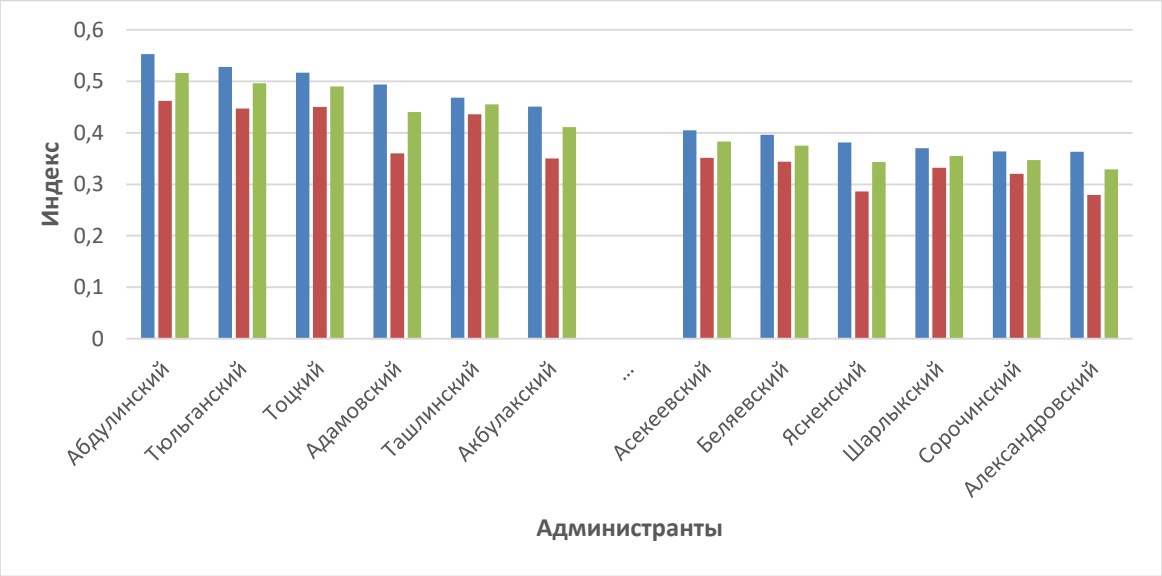


Рис. 5.9. Диаграмма индексов состояния администрантов с определенным соотношением территориальной и водной компонент (0,4/0,6)

Полученные данные отсортированы по возрастанию для каждой модели с определением районов с низким индексом состояния относительно среднего по региону значения (табл. 5.13).

Таблица 5.13. **Ранжированное распределение индексов состояния**

Администранты	Индекс состояния 0,5/0,5	Администранты	Индекс состояния 0,4/0,6	Администранты	Индекс состояния 0,3:0,7
Оренбургский	0,589	Оренбургский	0,569	Оренбургский	0,548
Кувандыкский	0,541	Кувандыкский	0,529	Кувандыкский	0,517
Саракташский	0,514	Саракташский	0,506	Саракташский	0,497
Бузулукский	0,487	Бузулукский	0,478	Сакмарский	0,469
Абдулинский	0,480	Абдулинский	0,473	Бузулукский	0,469
Сакмарский	0,467	Сакмарский	0,468	Абдулинский	0,465
…	…	…	…	…	…
Александровский	0,376	Адамовский	0,373	Гайский	0,381
Беляевский	0,372	Беляевский	0,371	Беляевский	0,370
Гайский	0,352	Гайский	0,366	Адамовский	0,362
Светлинский	0,344	Светлинский	0,350	Светлинский	0,356
Домбаровский	0,329	Домбаровский	0,330	Домбаровский	0,330
Ясненский	0,328	Ясненский	0,325	Ясненский	0,322

Во всех вариантах расчета администрантом с наименьшим индексом состояния является Ясненский. Далее определен расширенный индекс состояния Ясненского района с учетом социально-экономических параметров. Эти данные представляют ценность, так как позволяют дать относительную оценку достатка водных ресурсов в каждом администранте. Чем больше индекс, тем больше обеспеченность администранта водой (по суммарным показателям). Так, самые засушливые администранты – Ясненский, Домбаровский, Светлинский с показателями 0,322–0,356; наиболее насыщенные водными ресурсами Саракташский, Кувандыкский и Оренбургский администранты с показателями от 0,497 до 0,589. Далее изучены геоэкологические ситуации в каждом администранте для рекомендаций по эффективному и сберегающему использованию водных ресурсов, что наиболее актуально для вододефицитных территорий.

5.3.6. Группирование администрантов на зоны

Из распределения индексов состояния администрантов видна необходимость их группирования, поскольку агрегированные модели обладают ценными эмерджентными свойствами и, в частности, существенно снижают размерность задачи, а также за счет значительного сглаживания позволяют использовать аппарат линейных дифференциальных уравнений.

Возможные способы группирования территории на зоны по климатическим факторам: средние температуры января и июля, а также осадки. При выборе способа группирования воспользуемся критерием – величиной коэффициента корреляции, т.е. выбираем тот способ группирования, при котором величина коэффициента корреляции наибольшая.

Группирование администрантов Оренбургской области на зоны по средней температуре января. С использованием построенной карты группируем администрантов по средней температуре января с запада на восток на 5 зон, причем самую западную зону обозначаем цифрой 1, а самую восточную – цифрой 5. Использованная при декомпозиции градация температур приведена на карте (рис. 5.10).

Во всех случаях условием принадлежности администранта к одной из зон – вхождение более 50% его территории. При таком группировании количество администрантов, попавших в каждую из пяти зон следующее (табл. 5.14).

Результаты других способов группирования администрантов. При группировании администрантов Оренбургской области по средней температуре июля с использованием построенной карты вся территория также разбита с севера на юг на 5 зон, причем самая северная зона обозначена цифрой 1, а самая южная – цифрой 5. Результаты отражены на рис. 5.11 и табл. 5.15.

Рис. 5.10. Группирование администрантов Оренбургской области на зоны по средней температуре января

Таблица 5.14. **Группирование территории Оренбургской области на пять зон по средней температуре января**

Зона	Диапазон температур января, °С	Количество администрантов в зоне	Администранты
1	-14,9 – (-14,2)	13	Первомайский, Ташлинский, Тоцкий, Курманаевский, Бузулукский, Бугурусланский, Северный, Асекеевский, Грачевский, Сорочинский, Новосергеевский, Илекский, Соль-Илецкий
2	-15,6 – (-14,9)	14	Абдулинский, Матвеевский, Пономарёвский, Красногвардейский, Шарлыкский, Александровский, Переволоцкий, Октябрьский, Тюльганский, Сакмарский, Оренбургский, Саракташский, Беляевский, Акбулакский
3	-16,2 – (-15,6)	1	Кувандыкский
4	-16,9 – (-16,2)	3	Гайский, Новоорский, Домбаровский,
5	-17,6 – (-16,9)	4	Кваркенский, Адамовский, Ясненский, Светлинский

Рис. 5.11. Группирование административных районов по средней температуре июля

Таблица 5.15. **Группирование административных районов по средней температуре июля**

Зона	Диапазон, °С	Коичество административных районов в каждой зоне	Административные районы
1	19,3 – 20	4	Шарлыкский, Октябрьский, Тюльганский, Кваркенский
2	20, – 20,7	11	Северный, Бугурусланский, Абдулинский, Асекеевский, Матвеевский, Пономарёвский, Александровский, Сакмарский, Саракташский, Адамовский, Светлинский
3	20,7 – 21,5	11	Бузулукский, Грачёвский, Красногвардейский, Переволоцкий, Оренбургский, Беляевский, Кувандыкский, Гайский, Новоорский, Домбаровский, Ясненский
4	21,5 – 22,2	7	Курманаевский, Тоцкий, Ташлинский, Новосергеевский, Илекский, Акбулакский, Сорочинский
5	22,2 – 22,9	2	Первомайский, Соль-Илецкий

*По количеству среднегодовых осадков административные районы сгруппированы на то же количество зон, причем здесь теряется непрерывность изменения. 1 и 2 зоны находятся на востоке, а 3 зона – на западе, 4 – на севере и 5 зона распределена по территории с нарушением непрерывности. Картографическое распределение зон отражено на рис. 5.12, данные по зонам при этом способе группирования представлены в табл. 5.16.

Рис. 5.12. Группирование администрантов по среднегодовым осадкам

Таблица 5.16. **Группирование администрантов по среднегодовым атмосферным осадкам**

Зона	Диапазон, мм	Количесво администрантов в каждой зоне	Администранты
1	250–300	2	Светлинский, Домбаровский
2	300–320	5	Соль-Илецкий, Акбулакский, Новоорский, Адамовский, Ясненский
3	320–370	5	Первомайский, Курманаевский, Беляевский, Гайский, Кваркенский
4	370–420	18	Северный, Бугурусланский, Абдулинский, Асекеевский, Матвеевский, Грачёвский, Бузулукский, Тоцкий, Красногвардейский, Александровский, Сорочинский, Новосергеевский, Октябрьский, Сакмарский, Оренбургский, Саракташский, Ташлинский, Илекский
5	420–470	5	Пономарёвский, Шарлыкский, Тюльганский, Переволоцкий, Кувандыкский

5.3.7. Выбор способа группирования администрантов

По результатам климатического зонирования администрантов определены средние индексы состояния каждой зоны с учетом входящих в нее районов.

При группировании администрантов Оренбургской области на пять зон по средней температуре января получены данные, представленные в табл. 5.17.

Таблица 5.17. **Результаты определения индексов состояния зон по средней температуре января**

Зоны	Группирование по средней температуре января				
	Индекс состояния (0,5:0,5)	Индекс состояния (0,4:0,6)	Индекс состояния (0,3:0,7)	Территориальная компонента	Водная компонента
1	0,433	0,432	0,432	0,435	0,430
2	0,437	0,439	0,440	0,430	0,444
3	0,541	0,529	0,517	0,599	0,482
4	0,365	0,369	0,374	0,342	0,387
5	0,363	0,360	0,358	0,376	0,350
Коэффициент. корреляции	0,934	0,952	0,969	-	-

Результаты определения индексов состояния зон при группировании администрантов по средней температуре июля представлены в табл. 5.18.

Определение коэффициентов корреляции между индексами состояния районов и водной компонентой при различных способах группирования администрантов дает следующие диапазоны его изменения:

1) агрегирование по средней температуре января от 0,934 до 0,969;
2) агрегирование по средней температуре июля от -0,835 до 0,794;
3) агрегирование по среднегодовым осадкам от 0,912 до 0,969.

Таблица 5.18. **Индексы состояния зон при группировании администрантов на основе средней температуры июля**

Зоны	Группирование по средней температуре июля				
	Инд. состояния (0,5:0,5)	Инд. состояния (0,4:0,6)	Инд. состояния (0,3:0,7)	Территор. компонента	Водная комп.
1	0,418	0,421	0,424	0,403	0,433
2	0,424	0,425	0,427	0,418	0,431
3	0,422	0,421	0,419	0,428	0,416
4	0,426	0,427	0,428	0,419	0,432
5	0,438	0,429	0,420	0,482	0,493
Коэф. корреляции	0,901	0,723	-0,370	-	-

Определены индексы состояния зон при группировании администрантов по данным среднегодовых осадков (табл. 5.19).

Таблица 5.19. **Индексы состояния зон по данным среднегодовых атмосферных осадков**

Зоны	Группирование по среднегодовым осадкам, отн. ед.				
	Индекс состояния (0,5:0,5)	Индекс состояния (0,4:0,6)	Индекс состояния (0,3:0,7)	Территор. комп.	Водная комп.
1	0,337	0,340	0,343	0,320	0,353
2	0,397	0,390	0,383	0,431	0,363
3	0,383	0,386	0,389	0,369	0,397
4	0,443	0,443	0,443	0,441	0,445
5	0,458	0,460	0,462	0,446	0,469
Коэффициент корреляции	0,912	0,944	0,969	-	-

Таким образом, проведенный статистический анализ позволяет выявить влияние водных ресурсов на индексы состояния районов, а также выявить оптимальный способ группирования администрантов Оренбургской области на зоны по простым климатическим критериям.

5.3.8. Комплексный климатический критерий

Границы климатических зон зависят от соотношения обеспеченности теплом и водными ресурсами. Количественное значение соотношения тепла и влаги для данного ландшафта выражается коэффициентом увлажнения $K_{увл}$, как отношение среднегодового количества осадков R (мм) к годовой величине испаряемости для данного ландшафта E (мм). Величина испаряемости E находится как количество влаги, которое может испариться с водной поверхности при данной температуре.

В соответствии со значением $K_{увл}$ принято считать увлажнение ландшафтов:

– избыточное при $K_{увл} > 1$, оно характерно для тундры, лесотундры, тайги;

– достаточное при $K_{увл} \approx 1$, характерно для смешанных и широколиственных лесов;

– недостаточное при $1 > K_{увл} > 0{,}3$. Для степной зоны характерно $0{,}6 > K_{увл} > 0{,}3$ и лесостепной зоны $1 > K_{увл} > 0{,}6$;

– скудное при $K_{увл} < 0{,}3$. Для пустыни характерно $K_{увл} < 0{,}1$ и полупустыни $0{,}3 > K_{увл} > 0{,}1$.

Иногда используют для оценки увлажнения обратную величину коэффициента увлажнения – радиационный индекс сухости K_c. На основании изолиний (Нестеренко, 2006), характеризующих количество осадков и испарение на территории области (рис. 5.13 и 5.14), рассчитаны средние значения коэффициента увлажнения для каждого района.

Таким образом, на основе комплексного показателя $К_{увл}$ уточнена фактическая вододефицитная территория области и с учетом этого проведено зональное группирование районов области. Для определения величин расширенных индексов районов Оренбургской области проведено группирование их на зоны по комплексному показателю – коэффициенту увлажнения $К_{увл}$, включающему в себя два климатических показателя: среднегодовые осадки и испарения.

Разработана методология нахождения расширенных индексов состояния администрантов, расположенных на вододефицитной территории. Далее методология отображена для замыкающего по индексу состояния Ясненского района, причем определение проведено по ретроспективным статистическим данным.

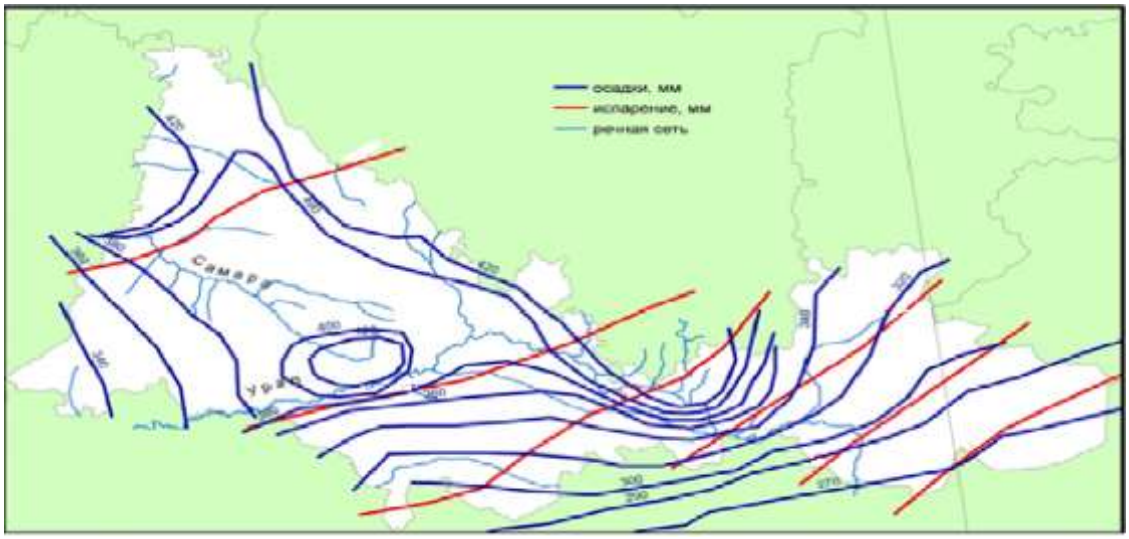


Рис. 5.13. Изолинии, характеризующие осадки и испарение на территории Оренбургской области

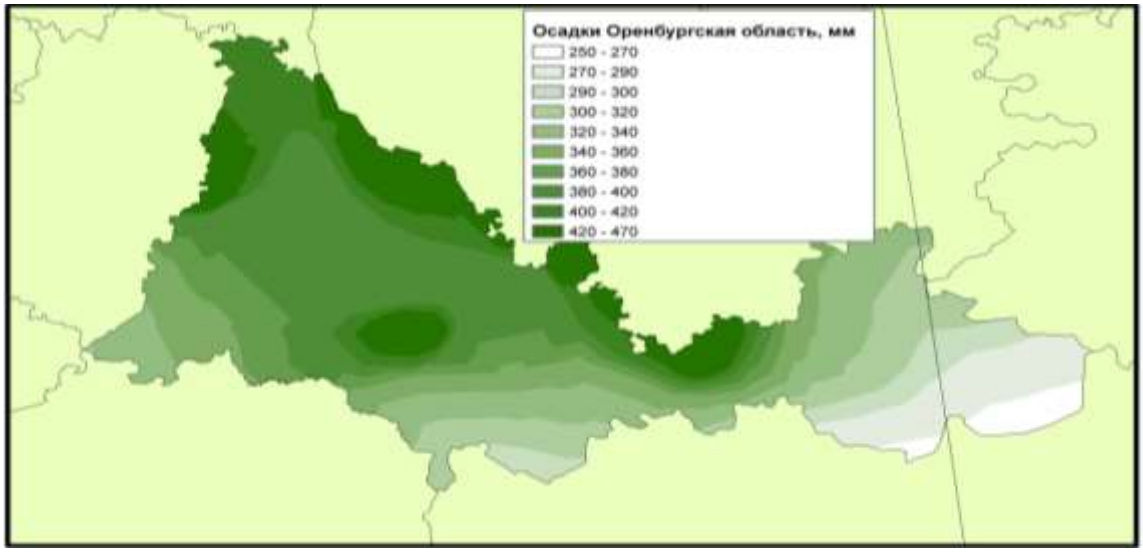


Рис. 5.14. Градации осадков на территории Оренбургской области

5.3.9. Расширенный индекс состояния администранта с учетом социально-экономических условий

Методология определения расширенного индекса состояния администранта отображена на примере Ясненского района. По полученным данным территориальной и водной составляющих Ясненский район имеет наименьший природный потенциал. Для учета других имеющихся ресурсов в этом районе изучены социальные, экономические, промышленные, культурные и другие параметры на основании инвестиционного паспорта Ясненского района, составленного правительством Оренбургской области. Изучаемые показатели разделены на 7 групп: социальный блок, культура и здравоохранение; экономический блок; промышленный блок; строительный комплекс и ЖКХ; агропромышленный комплекс; малое предпринимательство и налоговый потенциал; месторождения полезных ископаемых.

Каждый блок включает в себя несколько параметров, они нормированы и с учетом весовых коэффициентов по методу ранжирования рассчитаны агрегированные аддитивные модели с двумя типами значений – текущие и прогнозные (таблицы 5.20–5.26).

В районе один из наименьших по области показателей – плотность населения. Степень урбанизации территории невысокая, при этом доля сельских жителей невелика, всего 29%. В районе наблюдается естественный прирост населения. Количество эмигрантов превосходит количество иммигрантов в 2 раза. 75% населения находится в трудоспособном возрасте.

Рассчитаны значения аддитивных агрегированных моделей для каждого блока, на основе которых построены текущая и прогнозная социально-экономические модели Ясненского района (табл. 5.27).

Таблица 5.20. **Параметры социального блока и результаты ранжирования**

Место	Социальный блок, культура и здравоохранение	Величина	Текущие, отн. ед.	Прогнозные, отн. ед.	Вес. коэф.
1	Кол-во населенных пунктов, ед.	18	0,763	0,878	0,018
2	Доля сельских жителей, %	29	0,759	0,875	0,036
3	Численность сельских жителей, тыс. чел.	6,5	0,755	0,872	0,055
4	Естественный прирост населения, чел.	127	0,754	0,872	0,073
5	Прибыло на территорию р-на, чел	188	0,760	0,881	0,091
6	Миграционная убыль, чел.	378	0,681	0,784	0,109
7	Численность трудовых ресурсов, тыс. чел.	16,9	0,751	0,866	0,127
8	Занято в экономике, тыс. чел.	13,1	0,750	0,866	0,145
9	Памятников природы, шт.	13	0,758	0,877	0,164
10	Коечный фонд больниц, коек	195	0,756	0,876	0,182

Таблица 5.21. **Экономический блок и результаты ранжирования**

Место	Экономический блок	Величина	Текущий, отн. ед.	Прогнозный, отн. ед.	Весовой коэффициент
1	Среднемесячная зарплата, руб.	11487	0,754	0,867	0,036
2	Средний размер пенсии, руб	6083	0,747	0,861	0,071
3	Прожиточный минимум, руб. на чел.	4445	0,749	0,865	0,107
4	Доходы бюджета, млн. руб.	440,4	0,755	0,873	0,143
5	Доля собственных доходов, %	35,5	0,754	0,873	0,179
6	Расходы бюджета, млн. руб.	448	0,758	0,873	0,214
7	Общий объем инвестиций, млн. руб.	339,7	0,759	0,875	0,250

Таблица 5.22. **Промышленный блок и значения коэффициентов вариации**

Место	Промышленный блок	Величина	Текущий, отн. ед.	Прогнозный, отн. ед.	Вес. коэффициент
1	Произведено промышленной продукции, млн. руб.	3055,4	0,757	0,871	0,067
2	а) Добыча полезных ископаемых, кроме топливно-энергетических, млн. руб.	2882,7	0,754	0,869	0,133
3	б) Продукция обрабатывающей промышленности, млн. руб.	39	0,752	0,869	0,200
4	в) Производство тепло-энергии и воды, млн. руб.	133,7	0,751	0,869	0,267
5	Промышленные предприятия, ед.	5	0,751	0,871	0,333

Таблица 5.23. **Строительный комплекс и ЖКХ**

Место	Строительный комплекс и ЖКХ	Величина	Текущий, отн. ед.	Прогнозный, отн. ед.	Весовой коэффициент
1	Ввод жилья, $м^2$	4571	0,762	0,877	0,028
2	Общая площадь жилищного фонда, тыс. $м^2$	490,5	0,760	0,877	0,056
3	Суммарная мощность котельных, Гкал/час	18,8	0,759	0,877	0,083
4	Протяженность тепловых сетей, км	31,5	0,758	0,877	0,111
5	Протяженность сетей водоснабжения, км	68	0,757	0,877	0,139
6	Протяженность канализационных сетей, км	46,2	0,756	0,870	0,167
7	Производительность канализационно-очистных сооруж., тыс. $м^3$ в сутки	12,8	0,754	0,869	0,194
8	Забор воды из скважин р-на, за год, тыс. $м^3$	249	0,763	0,881	0,222

Таблица 5.24. **Агропромышленный комплекс**

Место	Агропромышленный комплекс	Величина	Текущий, отн. ед.	Прогнозный, отн. ед.	Весовой коэффициент
1	Общая площадь сельхоз-угодий, га	299150	0,759	0,874	0,1
2	Пашни, га	102 327	0,758	0,874	0,2
3	Объем валовой продукции растениеводства, млн. руб.	309,5	0,757	0,874	0,3
4	Объем валовой продукции животноводства, млн. руб.	247,3	0,756	0,875	0,4

Таблица 5.25. **Малое предпринимательство и налоговый потенциал**

Место	Малое предпринимательство и налоговый потенциал	Величина	Текущий, отн. ед.	Прогнозный, отн. ед.	Весовой коэффициент
1	Кол-во субъектов малого предпринимательства	863	0,762	0,877	0,067
2	Выдано заемных средств, тыс. руб.	62089	0,758	0,874	0,133
3	Налог на доходы физических лиц, млн. руб.	78,7	0,755	0,872	0,200
4	Налог на прибыль организаций, млн. руб.	8,5	0,756	0,875	0,267

Таблица 5.26. **Месторождения полезных ископаемых**

Место	Месторождения полезных ископаемых	Величина	Текущий, отн. ед.	Прогнозный, отн. ед.	Весовой коэффициент
1	Балансовые запасы медно-колчеданных руд, млн. т.	6,6	0,755	0,869	0,333
2	Разведанные запасы хризотил-асбеста, млн. т.	27	0,759	0,875	0,667

Таблица 5.27. **Социально-экономическая модель Ясненского района**

Место	Социально-экономический блок	Текущая агрегир. модель	Прогнозная агрегир. модель	Весовой. коэффициент
1	Строительный комплекс и ЖКХ	0,758	0,875	0,036
2	Малое предпринимательство и налоговый потенциал	0,755	0,873	0,071
3	Месторождения полезных ископаемых	0,757	0,873	0,107
4	Социальный блок, культура и здравоохранение	0,747	0,863	0,143
5	Агропромышленный комплекс	0,757	0,874	0,179
6	Промышленный блок	0,751	0,870	0,214
7	Экономический блок	0,755	0,872	0,250

В результате получены следующие значения текущего и прогнозного социально-экономического показателя: 0,755 и 0,872.

Расширенный индекс Ясненского района включает рассчитанные значения социально-экономических, территориальных и водных показателей. Полученные результаты представлены в таблице 5.28.

Таблица 5.28. **Расширенные текущий и прогнозный индексы Ясненского района**

Показатель	Весовой коэффициент	Расширенный индекс	
		Текущий	Прогнозный
Территориальный индекс	0,167	0,343	0,343
Социально-экономический индекс	0,333	0,754	0,872
Индекс водных ресурсов	0,500	0,313	0,313
Ясненский район	-	0,465	0,479

Следовательно, текущий и прогнозный расширенные индексы Ясненского района также недостаточны по величине, что говорит о справедливости основных положений в разработанной методологии исследования.

Таким образом, в лаборатории технологий управления природопользованием ведутся масштабные геоинформационные исследования проблемы управления состоянием административных районов, расположенных на вододефицитной территории Оренбургской области, результаты которых позволяют обобщить материал.

Разработана технология интеллектуального определения состояния адм. районов, расположенных на вододефицитной территории, которая основана на поэтапном построении агрегированных моделей для территориальной и водной компонент, причем в территориальную компоненту вошло 12, а в водную – 10 показателей, в том числе показатели, характеризующие подземные воды. Затем по критерию минимума среднего риска найдены оптимальные агрегированные модели территориальной и водной компонент, с учетом которых определены текущие индексы состояния адм. районов при различном соотношении величин найденных компонент с определением рационального соотношения и преференцией в сторону водной компоненты.

Предложенная методология зонального группирования администрантов, расположенных на вододефицитной территории, включает в себя следующие основные операции: А – выбор метода группирования адм. районов по выделенным простым и комплексному климатическим критериям: 1) по средней температуре июля; 2) по средней температуре января; 3) по среднегодовому количеству осадков; 4) по коэф. увлажнения; Б – определение среднего зонального индекса состояния районов, входящих в каждую из 5 зон; В – нахождение модели зонального изменения индекса состояния адм. районов; Г – интерпретация полученных результатов с использованием методов статистического анализа.

Установлено, что из первых трех методов зонального группирования администрантов по простым климатическим критериям рациональным является второй метод – по средней температуре января, недостатком которого является его зимний характер.

Рассмотрен метод зонального группирования администрантов по комплексному климатическому критерию, учитывающего как поступающую влагу, так и ее испарение. Для этого построена совмещенная карта Оренбургской области с выделенными границами администрантов и диапазонами изменения комплексного климатического критерия (рис. 5.15).

Установлено, что коэффициент увлажнения позволяет наилучшим образом сгруппировать административные районы, расположенные на вододефицитной территории также на 5 зон со следующими диапазонами:

1 зона с коэффициентом увлажнения $К_{увл}$ от 0,39 до 0,46;

во 2-й зоне $К_{увл}$ изменяется от 0,47 до 0,51;

в 3-й зоне $К_{увл}$ изменяется от 0,52 до 0,54;

в 4-й зоне диапазон изменения $К_{увл}$ от 0,55 до 0,64;

5 зона характеризуется диапазоном изменения $К_{увл}$ от 0,65 до 0,68.

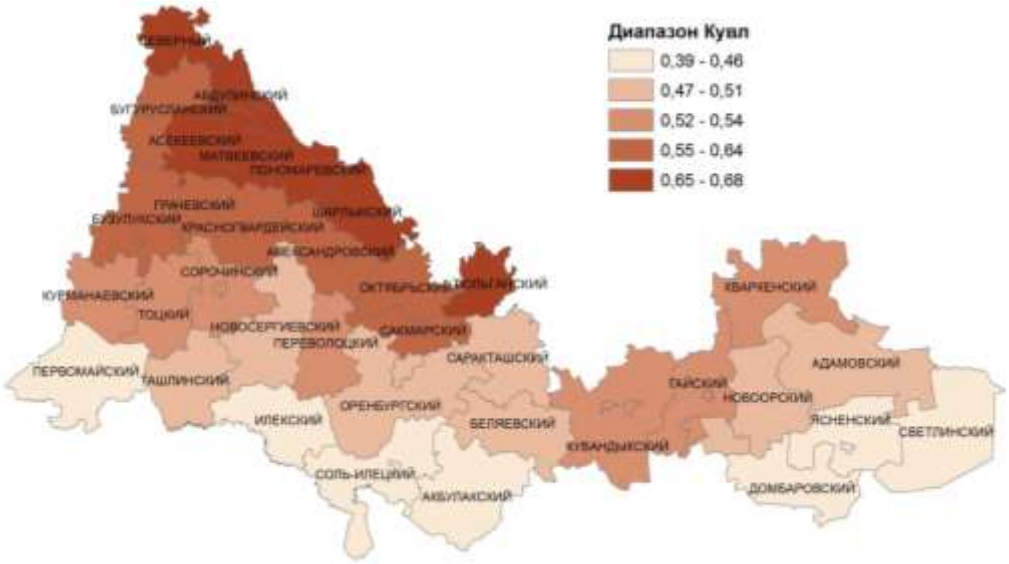


Рис. 5.15. Зональное группирование администрантов Оренбургской области по коэффициенту увлажнения

Для нахождения расширенного индекса состояния адм. районов, расположенных на вододефицитной территории в разработанной технологии предусмотрено определение экономико-социальной компоненты на основе 7 блоков показателей: экономический блок (7 пок.), промышленный (5 пок.), агропромышленный комплекс (4 пок.), блок социум, культура и здравоохранение (10 пок.), строительный комплекс и ЖКХ (8 пок.), блок малого предпринимательства и налогового потенциала (4 пок.), блок месторождений полезных ископаемых (2 пок.), блок разное, в том числе туризм и прочее. Более 40 используемых показателей обеспечивают достаточно всесторонний охват экономико-социальной сферы.

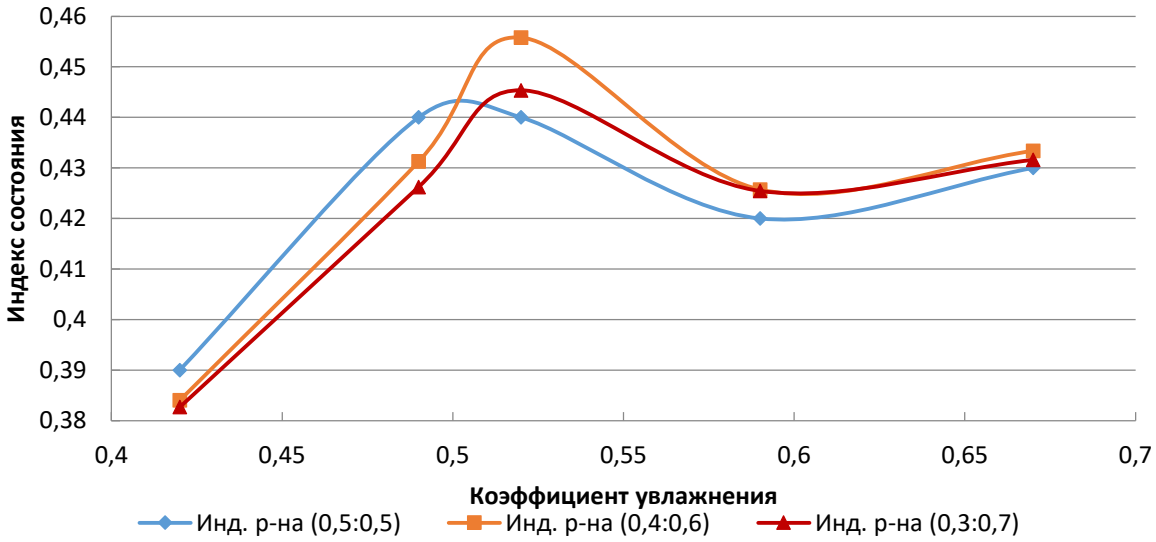


Рис. 5.16. Распределение зональных индексов состояния в зависимости от величины коэффициента увлажнения и соотношения территориальной и водной компонент

Расширенный индекс состояния каждого адм. района, расположенного на вододефицитной территории определен как агрегированная модель уже 3-х компонент: территориальной, водной и экономико-социальной. Найдено распределение зональных индексов состояния администрантов в зависимости от величины коэффициента увлажнения и соотношения территориальной и водной компонент (см. рис. 5.16).

Предложенная технология интеллектуального определения состояния адм. районов, расположенных на вододефицитной территории, позволяет определить, как текущие, так и расширенные индексы состояний. Получены соответствующие ранжированные списки, в которых диапазон изменения текущих индексов состояния составляет 0,322–0,589, а расширенных 0,465–0,661. Определены базовые и средние значения индексов, а также районы, расположенные в нижних частях ранжированных списков.

5.4. Подземные воды бассейна реки вододефицитной территории

В современный период, когда стоят задачи управления (Кнорринг В.И., 2001), связанные с цифровой экономикой, математизация процессов, происходящих на сельскохозяйственных угодьях, актуальная проблема. Известно существенное влияние этих процессов на окружающую среду, в том числе и на состояние подземных вод бассейна реки, поскольку его территория на 90 и более процентов занята сельскохозяйственными угодьями, существенно влияющими на питание и химический состав подземных вод.

В техногенно-природных объектах существует множество неоднородных частных показателей, развивающихся в разных направлениях и имеющих различную размерность и значимость. Для проведения комплексного анализа состояния подземных вод бассейна реки вододефицитной территории требуются агрегированные модели, дающие возможность с наименьшими потерями привести несравнимые пространственные и временные данные к сопоставимому виду. Возникает задача построения агрегированных моделей с ценными эмерджентными свойствами.

Большая масштабность и размерность ТПО требует применения специальных инструментальных средств, и, прежде всего, географических информационных систем (ГИС). Несмотря на многочисленные публикации по построению агрегированных моделей, методологические аспекты этой проблемы остаются недостаточно разработанными. Все это обуславливает актуальность выбранной проблемы. Для повышения эффективности рассмотрения состояния природно-техногенных объектов, в частности, подземных вод бассейна реки вододефицитной территории необходимо разработать методологию и построить на этой основе геоинформационные

агрегированные модели. Следует отметить, что состояние подземных вод бассейна рассмотрено на примере бассейна реки Самары.

5.4.1. Постановка цели и задачи исследования

Цель – повышение эффективности идентификации состояния подземных вод бассейна реки, находящегося на вододефицитной территории за счет построения геоинформационной технологии с использованием соответствующих агрегированных моделей.

Задачи исследования:

1) выбрать объект исследования;
2) построить замкнутую границу бассейна реки с учетом водотоков и рельефа грунта;
3) оцифровать наблюдательные водные скважины, расположенные в пределах бассейна реки с учетом его границ;
4) сформировать базу данных с исходными величинами существенных показателей подземных вод;
5) выполнить зональное агрегирование территории бассейна за счет разбиения сначала левобережной части, а затем правобережной части на зоны с представительным количеством наблюдательных скважин в каждой зоне;
6) выполнить статистический анализ изменений существенных показателей подземных вод по зонам в лево- и правобережных частях бассейна реки;
7) предложить принципы формирования управленческой информации

Рассмотрим реализацию поставленных задач исследования.

5.4.2. Характеристика бассейна реки

Для исследования подземных вод бассейна реки, расположенного на вододефицитной территории, выбран бассейн реки Самара, спутниковая карта которого отображена на рис. 5.17.

Река Самара в пределах Оренбургской области имеет протяженность 235 км, а бассейн этой реки затрагивает пять районов области, в частности: Переволоцкий, Новосергиевский, Сорочинский, Тоцкий и Бузулукский. Построена картографическая база бассейна реки Самары с использованием географической информационной системы (ГИС) (рис. 5.18). При этом, в качестве топографической основы взяты номенклатурные листы масштаба 1:200000. При построении картографической базы бассейна использованы следующие картографические слои:

– гидрографическая сеть;
– административное деление;
– рельеф (исходными данными являлись горизонтали и высотные отметки, включая урезы воды);

– створ реки;
– скважины.

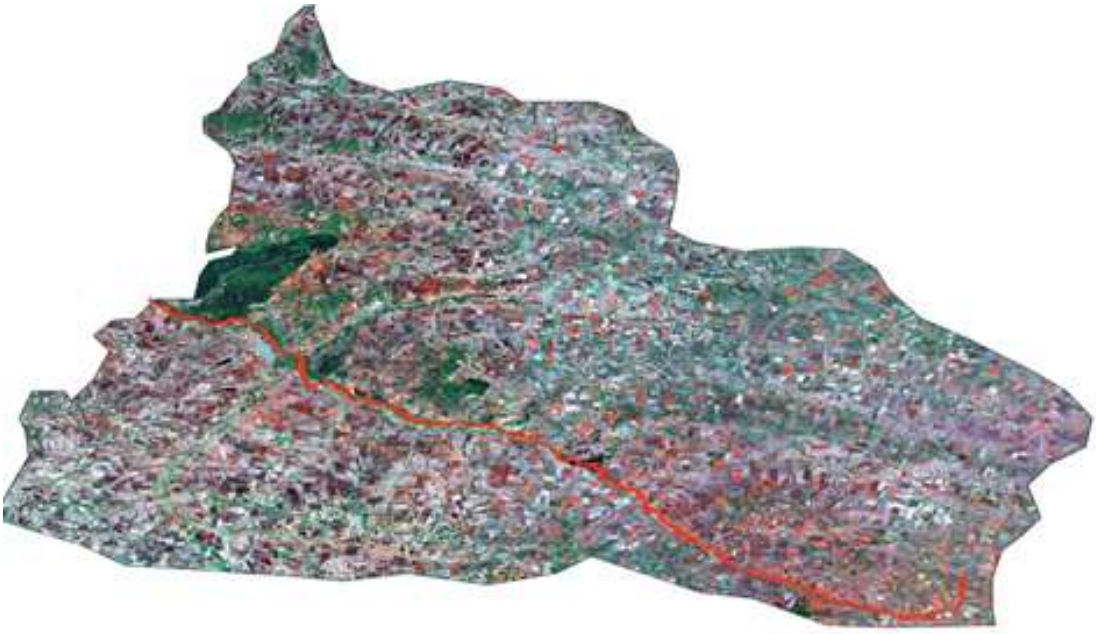


Рис. 5.17. Спутниковая карта района исследования

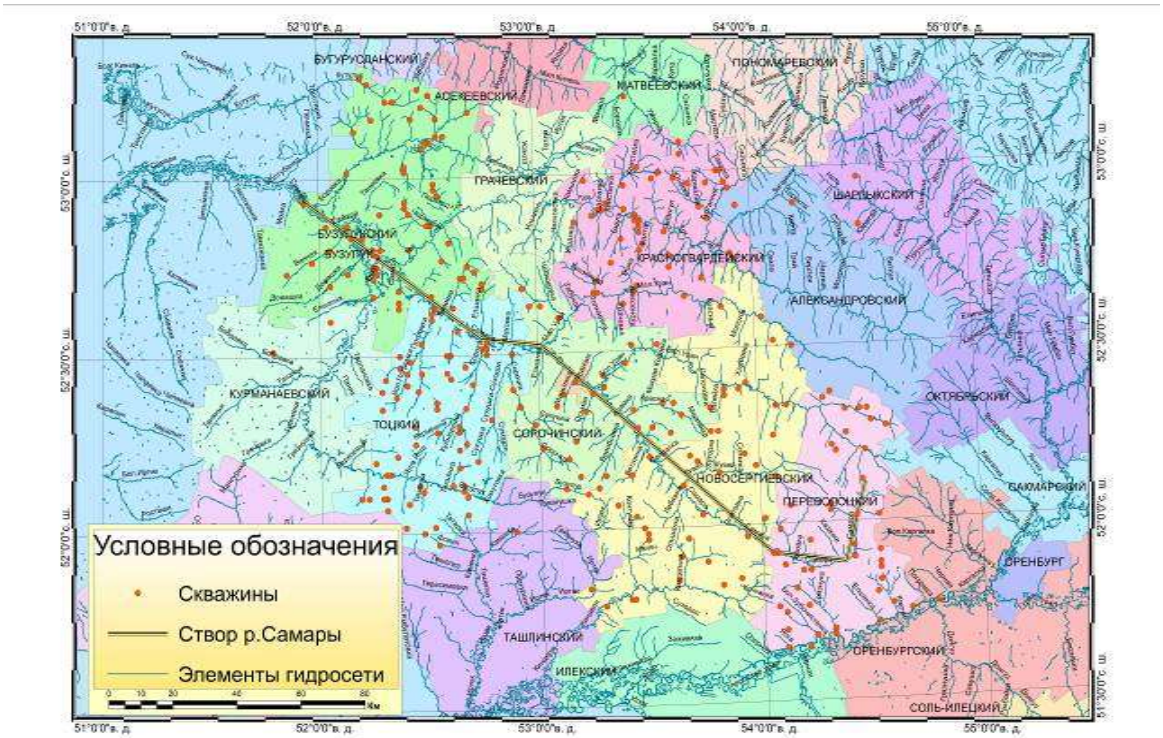


Рис. 5.18. Бассейн реки с нанесенными скважинами

5.4.3. Построение границы бассейна

Выделены наблюдательные скважины левобережной и правобережной частей бассейна реки в пределах Оренбургской области (см. рис. 5.18). С учетом водотоков, принадлежащих бассейну реки, а также рельефа местности построена его полная граница (рис. 5.19). Определены площади водосборных бассейнов: общего, по левому и правому берегам (табл. 5.29).

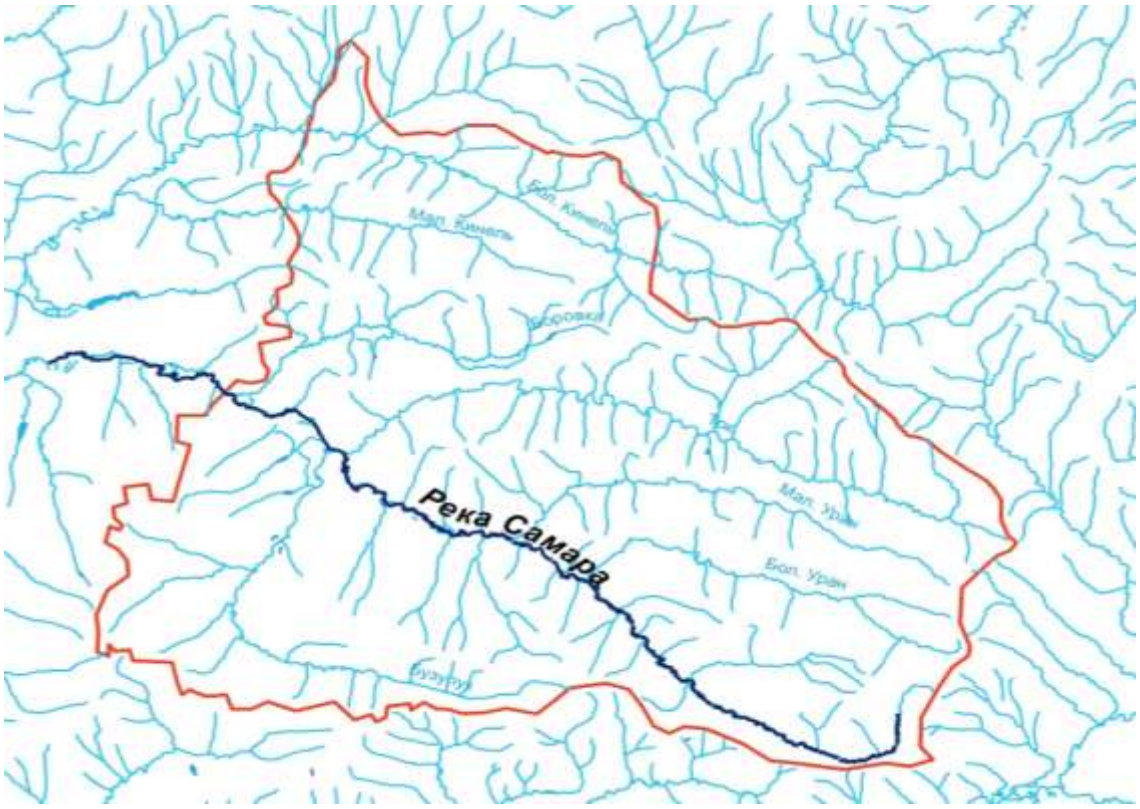


Рис. 5.19. Построение границы бассейна р. Самара

Таблица 5.29. **Характеристика водосборного бассейна р. Самара, км^2**

Площади водосборного бассейна	Величины, км^2
Общая площадь	30032
Площадь левобережной части	9149
Площадь правобережной части	20883

5.4.4. Оцифровка наблюдательных скважин

Для формирования исходных данных собраны паспорта более 1500 наблюдательных скважин, расположенных на территории Оренбургской области. Скважины входили в реестр наблюдательной сети Гидропроекта. На

рис. 5.20 отображены скважины в пределах Оренбургской области. На рис. 5.21 отображены наблюдательные скважины бассейна, расположенные по левому и правому берегам реки Самара.

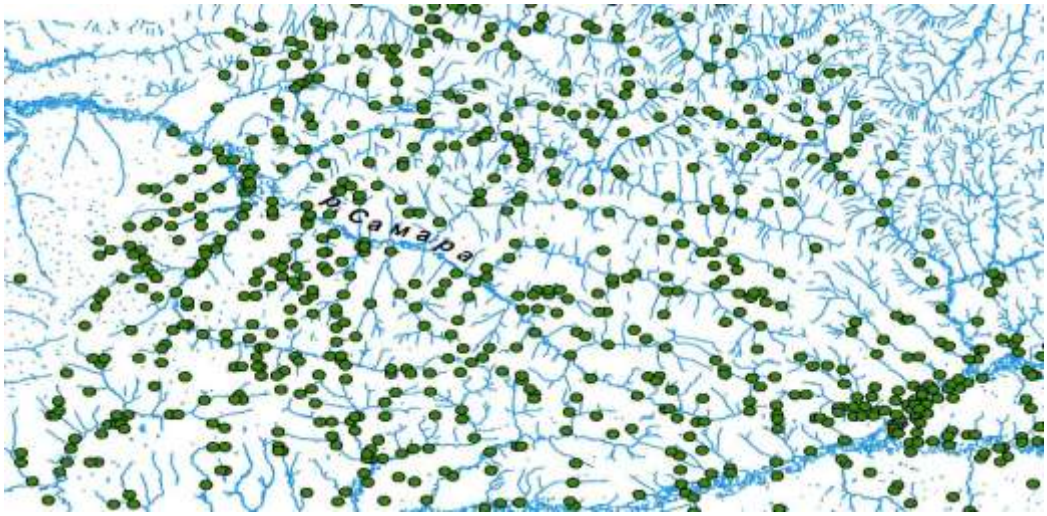


Рис. 5.20. Наблюдательные скважины, расположенные в пределах Оренбургской области

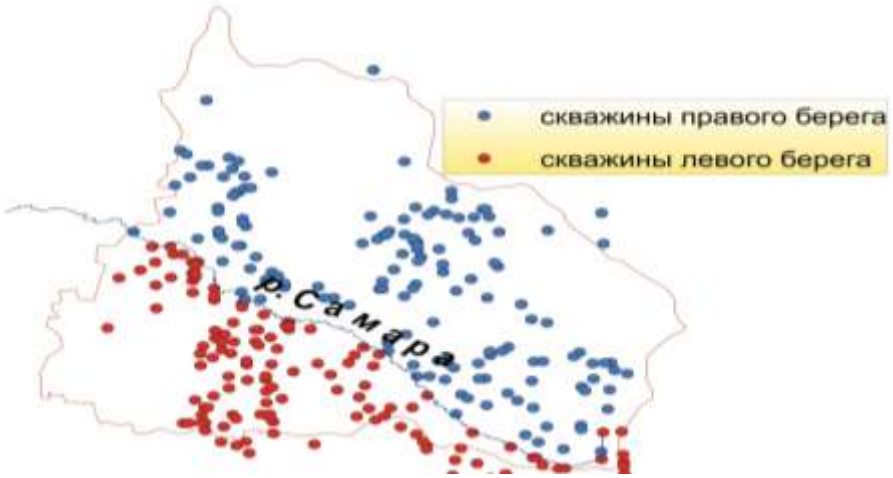


Рис. 5.21. Выделение наблюдательных скважин бассейна по левому и правому берегам реки Самара

По каждой скважине выбрана следующая атрибутивная информация:
– год ввода скважины в эксплуатацию;
– номер скважины в реестре;
– расстояние до реки, м;
– уровень грунтовых вод, м;
– удельный дебит, л/с;
– минерализация или сухой остаток, г/л;
– сведения о химическом составе воды;
– координаты скважин, десятичные градусы;
– глубина скважины, м.

На рис. 5.22 показаны некоторые литологические колонки наблюдательных скважин с различным уровнем грунтовых вод (УГВ).

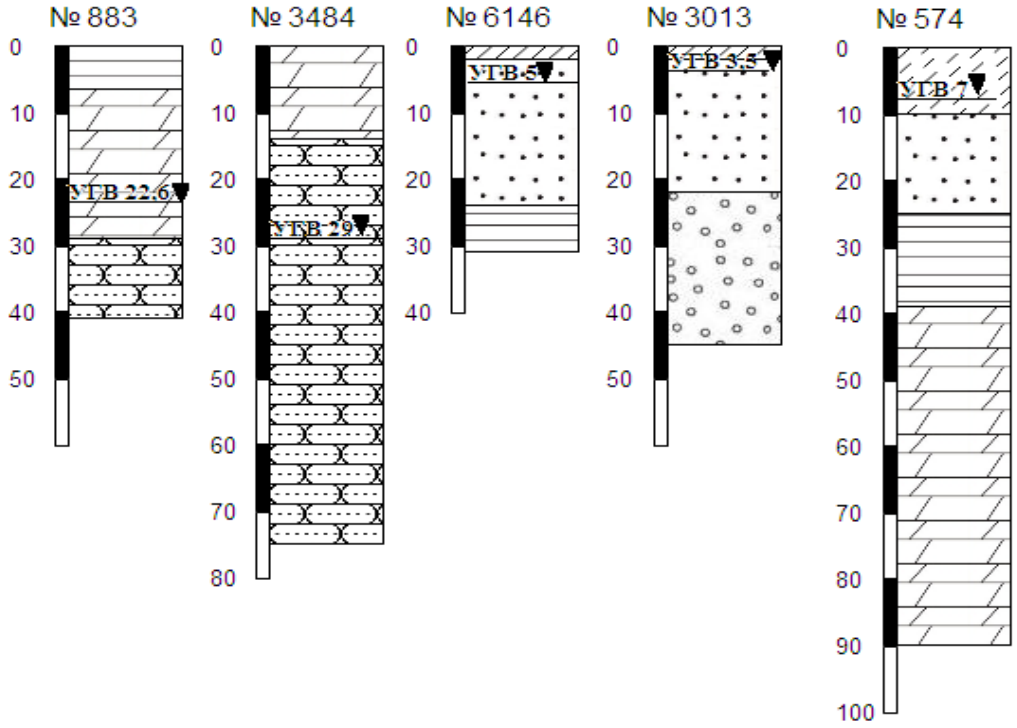


Рис. 5.22. Схемы наблюдательных скважин на примере скважин Новосергиевского района (М 1:10 м)

Проведена геопривязка наблюдательных скважин. Фрагмент оцифровки правобережных наблюдательных скважин отображен на рис. 5.23.

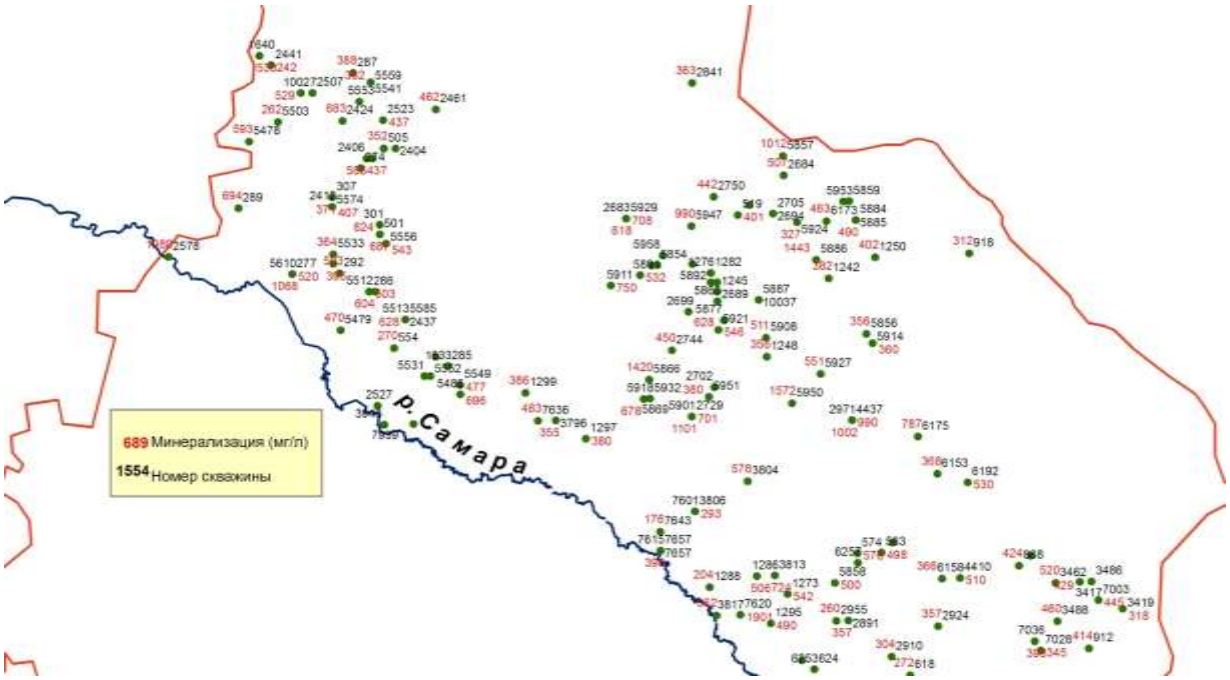


Рис. 5.23. Фрагмент оцифрованных наблюдательных скважин правобережной части

5.4.5. Зональное агрегирование территории бассейна

Отобразить рельеф земной поверхности с помощью горизонталей, соединяющих точки с одинаковой высотой над уровнем моря рационально с помощью гипсометрической карты. Для учета рельефа построена гипсометрическая поверхность бассейна (рис. 5.24).

Рис. 5.24. Гипсометрическая поверхность бассейна реки

5.4.6. Агрегирование территории бассейна реки

Лево- и правобережная территории бассейна декомпозированы на зоны с возрастающей нумерацией по мере удаления от реки. Из теоретических соображений выбрано одинаковое количество зон и противоположный характер возрастания номера зоны в стороны удаления от реки (рис. 5.25). С использованием ГИС определены площади соответствующих зон и количество наблюдательных скважин в них (табл. 5.30).

Ввиду ограниченного объема монографии из множества определенных параметров, характеризующих подземные воды бассейна, выбран наиболее критичный показатель – минерализация.

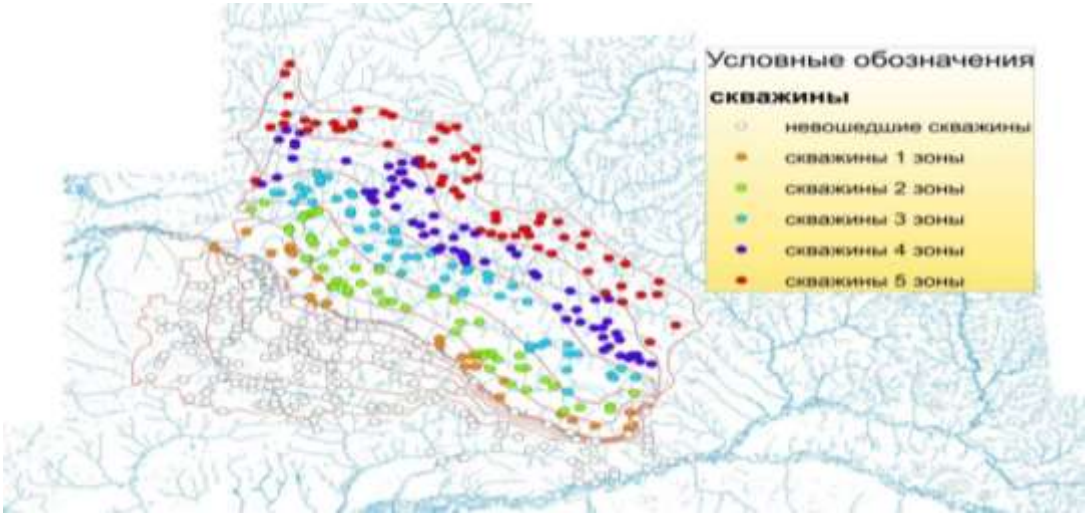


Рис. 5.25. Агрегирование лево- и правобережной вододефицитной территории бассейна реки на зоны

Таблица 5.30. **Найденные площади зон левобережной части бассейна р. Самара**

Зоны левобережной части по мере удаления от реки	1	2	3	4	5
Площадь зоны, км^2	455	862	1535	2439	3858
Количество наблюдательных скважин, вошедших в зоны, шт.	38	29	40	55	80

5.4.7. Анализ изменения минерализации подземных вод вододефицитного бассейна реки

В соответствии с полученными данными построено распределение минерализации подземных вод бассейна реки (рис. 5.26). С учетом проведенного агрегирования территории бассейна на зоны получены следующие результаты. На рис. 5.27 отображено зональное изменение минерализации, характерное для левобережной части бассейна. Полиномиальная аппроксимация 3-й степени обеспечивает высокое значение коэффициента детерминации R^2, показывающего долю дисперсии результативного признака под влиянием независимых переменных. Линейная аппроксимация выделенной кривой свидетельствует об уменьшении в левобережной части величины минерализации по мере удаления от реки.

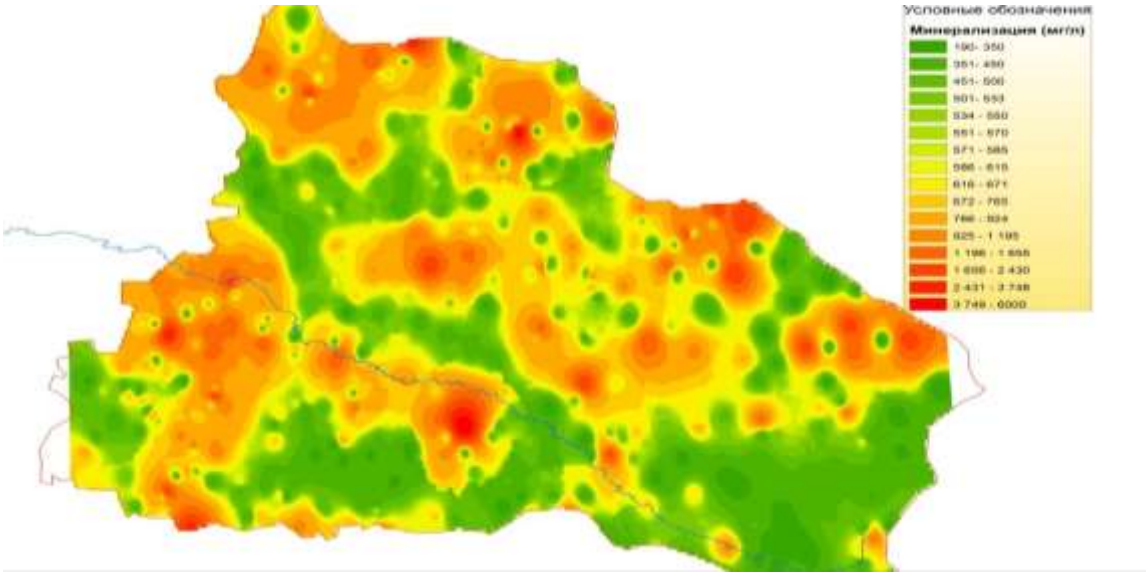


Рис. 5.26. Распределение минерализации подземных вод бассейна с градацией

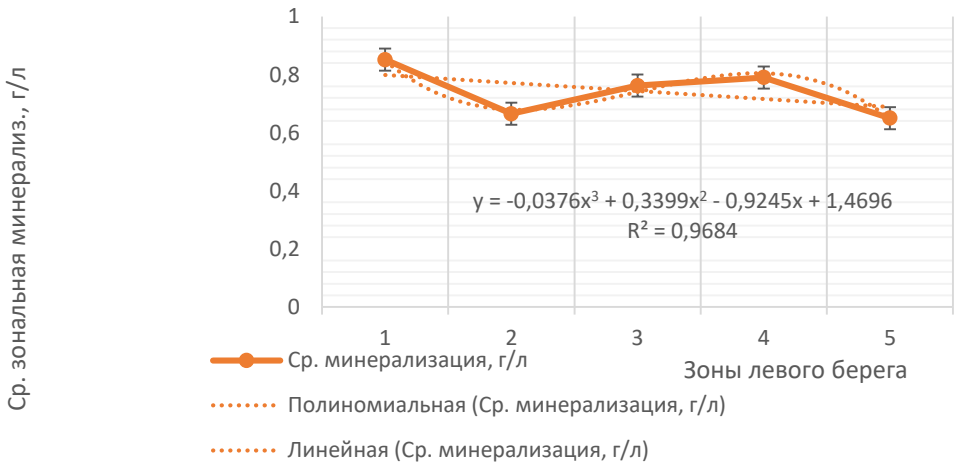


Рис. 5.27. Кривая изменения средней зональной минерализации для левобережной части по мере удаления от реки (1- от поймы реки)

Изменение минимальных и максимальных значений минерализации, а также диапазона ее зональных изменений совместно с их аппроксимациями отражено на рис. 5.28.

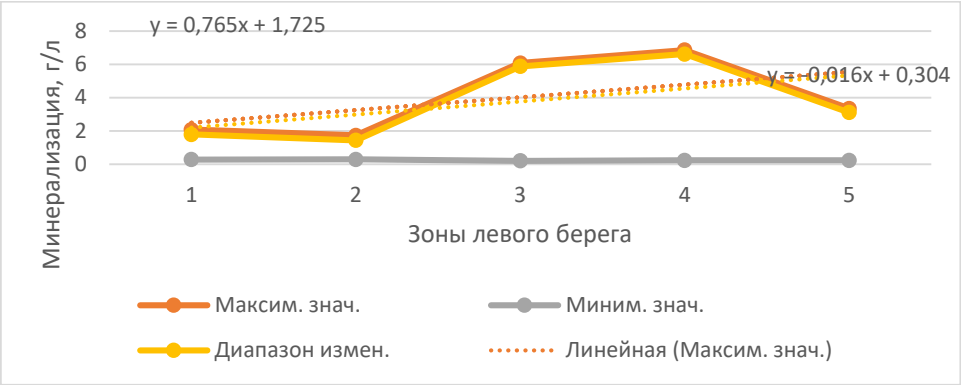


Рис. 5.28. Графики изменений минимальных и максимальных значений минерализации и диапазона ее зональных изменений (1 – от поймы реки)

Судя по линейной аппроксимации, максимальное значение минерализации для правобережной части и ее диапазон зонального изменения нарастают по мере удаления от реки, в то время как минимальное значение остается примерно на неизменном уровне.

Тенденции, кроме минимального значения, к возрастанию наблюдаются для остальных показателей подземных вод на правобережной части бассейна. Это касается в первую очередь средней минерализации (рис. 5.29), которая по мере увеличения расстояния до реки имеет существенную тенденцию к повышению.

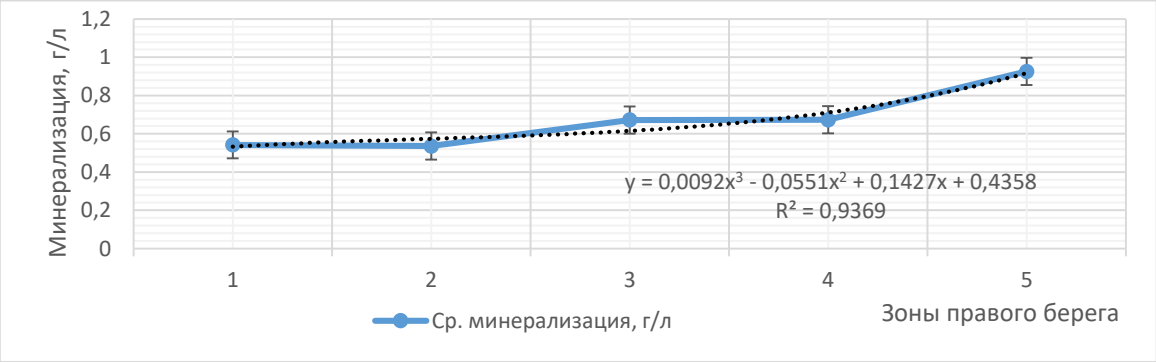


Рис. 5.29. Зональное изменение средней минерализации на правобережной части бассейна, расположенного на вододефицитной территории (1 – от поймы реки)

Таким образом, из трех способов агрегирования вододефицитной территории по климатическим факторам оптимальным является способ агрегирования по средней температуре января. Разработанные агрегированные модели изменения средне зональных значений минерализации для лево- и правобережной частей вододефицитного бассейна показывают противоположный характер изменений. Если на левой стороне бассейна по мере удаления от реки минерализация подземного стока уменьшается, то на правой части бассейна она изменяется противоположным образом.

Выводы по главе

1. Сформулированы основные закономерности природопользования, а также закономерности антропогенных изменений компонентов природы на вододефицитных территориях с соответствующими принципами управления их состоянием. Разработана классификация состояний объектов исследования, включающая 6 уровней сложности. Предложен новый класс агрегированных географических моделей состояний природных компонентов и построенных на их основе геоинформационных технологий управления.

1. Разработана методика построения геоинформационной технологии управления состоянием административных районов, расположенных на вододефицитной территории, основанная на агрегированных географических моделях, относящихся к территориальным и водным компонентам. Установлена достаточно высокая корреляционная зависимость между обычными и расширенными индексами состояния административных районов Оренбуржья и их водными ресурсами. Найдены административные районы Оренбургской области с низкими индексами состояния относительно средних по региону.

2. Для повышения эффективности определения состояния подземных вод бассейнов рек, находящихся на вододефицитных территориях, разработаны соответствующая геоинформационная модель и технология на основе значительного количества водонаблюдательных скважин с учетом гипсометрической поверхности бассейна и зональным агрегированием территории бассейна. Выявлены различные тенденции изменения основных показателей подземных вод для разных частей речного бассейна. По средневзвешенным значениям коэффициента увлажнения и высокой степени доверительной вероятности найдены путем аппроксимации аналитические модели их изменения.

3. Полученные результаты направлены на решение фундаментальной проблемы повышения эффективности использования и функционирования природно-техногенных объектов. Значительный научный и практический потенциал предложенных агрегированных географических моделей и геоинформационных технологий управления состоянием природно-техногенных объектов предполагает необходимость дальнейших исследований и обогащения созданного научного направления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ*

Природа имеет широтную зональность по тепловым и водным ресурсам и по соотношению между ними. На широтные зональные особенности накладываются различия в геологическом строении земной коры и обусловленный им рельеф. В совокупности они создают территориальное разнообразие условий для биосферы, в которой формируются адаптированные биогеосистемы с биогеоценозами, наиболее приспособленными к конкретным природным условиям.

Под воздействием общих закономерностей формирования и развития общепланетарной природы сформировалась природа Южного Урала. Удаленное расположение от океанов и морей, при относительно благоприятном широтном обеспечении тепловыми ресурсами, создало условия формирования на его равнинах степного типа природы с умеренно недостаточным обеспечении водными ресурсами с коэффициентом увлажнения 0,3–0,7. Сложившаяся природа Южного Урала, существенно отличается от окружающих его территорий Поволжья, Башкортостана, Западной Сибири и полупустынь Республики Казахстан и определяет соответствующие адаптированные системы социума, экономики и природопользования в условиях ограниченности водных ресурсов.

Человек, как часть природы, един с ней, зависит от нее и должен строить взаимодействие с природой на принципах симбиоза, а не на потребительском природопользовании. Необходимо, познав законы существования и развития природы, приспосабливаться к ней, улучшая ее качества в своих интересах. В.И. Вернадский (2004) в учении о биосфере отмечает: «В действительности, ни один живой организм в свободном состоянии на Земле не находится. Все эти организмы неразрывно и непрерывно связаны – прежде всего, *питанием и дыханием* – с окружающей средой. Вне ее в природных условиях они существовать не могут» (с. 472).

В регионах и территориях интенсивного хозяйствования безвозвратно сформировалась иная, отличная от естественной, окружающая среда. Поэтому в них под понятиями «охрана природы, охрана окружающей среды» следует понимать не сохранение настоящего или восстановление чего-то безвозвратного прошлого, а разработка и применение экологически безопасной высокоэффективной системы природопользования, при которой обеспечивается гармоничное эволюционное развитие природы, увеличение ее биопродуктивности и биоразнообразия, с участием человека и с учетом его интересов на принципе симбиоза. На принципе симбиоза следует организовывать использование гидросферы, атмосферы и геологической

* *Автор: Ю. М. Нестеренко*

среды, обеспечивая их состояние, благоприятное для развития всей природной системы и человека, как ее части. В.И. Вернадский (2004) сказал: «Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой. И перед ним, перед его мыслью и трудом, становится вопрос **о перестройке биосферы в интересах свободно мыслящего человечества как единого целого.** Это новое состояние биосферы, к которому мы, не замечая этого, приближаемся, и есть «ноосфера»» (с. 480).

Южный Урал имеет высокий уровень развития промышленности и сельскохозяйственного землепользования. Поэтому его природа испытывает двойной пресс антропогенного воздействия: промышленных зон, тяготеющих к городам, расположенных на 2% территории региона, и сельскохозяйственных угодий, занимающих около 90% территории Южного Урала.

Уровень антропогенного воздействия на единицу площади в сельском хозяйстве значительно меньше, чем в промышленности. Но в расчете на всю площадь земель, используемых сельским хозяйством, его нагрузки на природу в совокупности значительно превышают промышленные. Сельскохозяйственное землепользование изменило водно-физические свойства и качество почвы, в результате изменился баланс вод зоны активного водообмена и их качество. Изменения в водной системе природы повлекли за собой изменения в формировании биоценозов, почв, грунтов, в процессах, идущих в верхней части земной коры и в процессах природопользования.

Наряду с усилением охраны природы необходимы исследования и использование в практической деятельности системы «природа-человек», создаваемой на принципах обеспечения совместного их развития. На этой основе увеличивать хозяйственную емкость и адаптацию природы (биоты, почвы, гидро- и геосферы) к потребностям человека. В районах интенсивного природопользования социально-экономические системы развития регионов необходимо рассматривать в совокупности с природой, расширив их определение до природно-социально-экономических систем и разработать научные основы и технологии их создания.

Для вододефицитного Южного Урала важно увеличение обеспеченности водными ресурсами и повышение эффективности их использования в экономике и социуме. Улучшение природных условий жизни населения уменьшит его отток в районы с лучшими условиями. В отделе геоэкологии Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН по этому направлению начата разработка природоподобной системы земледелия, основанной на эффективном использовании всех годовых атмосферных осадков. В последние три года в производственных условиях получено 1,5–2-кратное увеличение урожайности яровой пшеницы в сравнении с действующей системой ее возделывания на соседних полях. Увеличение растительной биомассы увеличивает поглощение ею CO_2 и выделение O_2. Это уменьшит темпы парникового процесса и увеличит хозяйственную емкость биоты, повышая порог ее устойчивости.

Интенсификация недропользования, особенно добыча углеводородов, нарушила геодинамическое равновесие в геологической среде, многократно увеличив ее сейсмичность на тысячах квадратных километров.

Необходима разработка комплексной территориальной системы природопользования на принципе симбиоза человека с природой, охватывающей ее биосферу, атмосферу, гидросферу и геологическую среду.

Ведущим фактором развития природы Южного Урала являются водные ресурсы. Их дефицит, ограничивает влияние тепла, химических веществ, света и других компонентов природы на процессы функционирования живой и неживой материи. Без решения фундаментальных проблем повышения эффективности использования природных ресурсов, в первую очередь водных, решение поставленных на перспективу задач его развития, особенно Оренбургской области, проблематично. При малой обеспеченности водными ресурсами не достижимо улучшение комфортных условий жизни населения и их преумножения. В результате развивающаяся хозяйственная деятельность не будет обеспечена кадрами и не востребуется в полной мере социальная сфера.

В вододефицитном Южном Урале почвенный покров степей представлен в основном черноземами и каштановыми почвами, свойства которых постепенно изменяются с севера на юг и с запада на восток. Согласно биоклиматической зональности и усилению континентальности климата в этих направлениях наблюдается снижение интенсивности гумусообразования, усиление процессов окарбоначивания, осолонцевания и засоления. На пахотных землях отмечено усиление процессов эрозии вследствие длительного применения системы земледелия основанной на отвальной вспашке. Наиболее подверженными водной эрозии являются чернозёмы выщелоченные и типичные. При снижении общего увлажнения по природным климатическим зонам и выполаживании рельефа постепенно уменьшается воздействие водной эрозии и увеличивается влияние дефляции.

Пахотные земли в Оренбуржье используются не эффективно. Традиционные системы земледелия обеспечивают урожайность зерновых культур на уровне 1 т/га, что ниже потенциально возможной – в 1,5–2 раза. Основная проблема низкой урожайности и отсутствия роста урожайности в последние 50–60 лет в Оренбуржье, недостаточно разработанные и адаптированные под почвенно-климатические условия системы земледелия, слабо ориентированные на эффективное использование годовой суммы осадков.

Разработанный нами подзимний посев яровых культур имеет большую перспективу в Оренбургской области, обеспечивается эффективное использование талых вод и весенних атмосферных осадков, создавая условия 1,5–2-кратного увеличения урожайности. В предлагаемой технологии, подзимний посев яровых культур осуществляется поздно осенью для предотвращения прорастания семян до весны. В отличие от известных

технологий подзимнего посева, результат достигается сроком посева и глубиной размещения семян в почве.

В районах добычи углеводородов радикально меняется гидрогеодинамика верхней части земной коры. С уменьшением пластового давления трансформируется окружающая водная система и динамическая напряженность в горных породах, обусловливая их сейсмичность. На основе разработанной в отделе системе их мониторинга предложена методика их картирования и разрабатываются технологии уменьшения техногенной сейсмичности.

На основе выявленных закономерностей развития природы сформулированы основные закономерности природопользования, а также закономерности антропогенных изменений компонентов природы на вододефицитных территориях с соответствующими принципами управления их состоянием. Разработана классификация состояний объектов исследования. Предложены новые классы агрегированных географических моделей состояний природных компонентов и построены на их основе геоинформационные технологии управления. Полученные результаты позволяют решать фундаментальные проблемы повышения эффективности комплексного использования и функционирования природно-техногенных объектов в разрабатываемой системе «человек-природа».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян А.Б., Салтанов В.П., Шарапов В.А. Водохранилища. М.: Мысль, 1987. 325 с.

2. Агроклиматические ресурсы Оренбургской области. Л.: Гидрометеоиздат, 1971. 120 с.

3. Агроклиматический справочник Пермской области. Л.: Гидрометеоиздат, 1959. 128 с.

4. Агроклиматический справочник по Башкирской АССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 116 с.

5. Агроклиматический справочник по Саратовской области. Л.: Гидрометеоиздат, 1959. 128 с.

6. Агроклиматический справочник по Челябинской области. Л.: Гидрометеоиздат, 1969. 112 с.

7. АгроПолигон КВС-УКРАИНА: состояние яровой пшеницы (подзимний посев) в Агро-Эко XXI Плюс. https://latifundist.com.

8. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л., 1980.

9. Аникович В.Ф. Севообороты на Южном Урале. Челябинск: Юж.-Ур. кн. изд-во, 1973. 219 с.

10. Атлас гидрогеологических и инженерно-геологических карт СССР / под ред. Н.В. Роговской. М.: ГУГК. 1983.

11. Атлас почв СССР. Под ред. И.С. Кауричева и И.Д. Громыко. М.: «Колос», 1974. 142 с.

12. Афанасьева Е.А. Черноземы Среднеруссой возвышенности. М.: Наука, 1966. 224 с.

13. Бакиров Ф.Г. Влияние способов обработки почвы, соломенной мульчи и препарата Байкал ЭМ-1 на урожайность яровой пшеницы в условиях Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 5(37). С. 50–52.

14. Бакиров Ф.Г., Арапова Ю.Н. Водопотребление яровой пшеницы при её выращивании по технологии No-till с применением куриного помёта и препарата Тамир // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 6(44). С. 50–52.

15. Бакиров Ф.Г., Петрова Г.В. Эффективность технологии No-till на чернозёмах южных оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 1(45). С. 23–26.

16. Бакиров Ф.Г. Прямой посев и No-till в Оренбуржье. Известия ОГАУ. – 2018. – № 5 (73). С. 50–54.

17. Бакиров Ф.Г. Эффективность ресурсосберегающих систем обработки черноземов степной зоны Южного Урала: Автореф. дис. … докт. с-х. наук. Оренбург, 2008. 47 с.

18. Бакиров Ф.Г. Эффективность ресурсосберегающих систем обработки черноземов степной зоны Южного Урала: дисс. … д. с.-х. наук. Оренбург, 2008. – 381 с.

19. Бакиров Ф.Г., Каракулев В.В., Вибе В.Д. Эффективность мелкого прямого посева яровой пшеницы. Земледелие. – 2006. – № 5. – С. 20–21.

20. Бакиров Ф.Г., Поляков Д.Г. Способы повышения эффективности ресурсов влаги в растениеводстве Оренбуржья. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2018. 3: 10 с. [Электр. ресурс] (URL: http://elmag.uran.ru:9673/ magazine/Numbers/2018–3/Articles/ FGB-2018–3.pdf). DOI: 10.24411/2304–9081–2018–13007.

21. Бараев А.И. Почвозащитное земледелие: Избранные труды. М.: Агропромиздат. – 1988. – 381 с.

22. Баранов В.К., Денцкевич И.А. Поисковое значение эрозионных палеоврезов в терригенных породах девона Восточно-Оренбургского структурного выступа // Нефтегазовая геология и геофизика М.-N1. – 1982. – С.14–17.

23. Белозеров А.Т. Обновление семян яровой пшеницы подзимним посевом // Государственное сельскохозяйственное издательство Литературы, 1952. 23 с.

24. Белоликов Н.И. Обобщение данных электроразведки, гравиметрии и магнитометрии по западной части Оренбургской области с составлением сводных карт по методам их анализа и сопоставления. – Оренбург: 1961.

25. Белоликов Н.И., Слепов А.П. Геологический отчет по теме: "Определение физических свойств горных пород по материалам бурения и обобщения данных о физических свойствах по западной части Оренбургской области и прибортовой части Предуральского краевого прогиба. (Тематическая партия № 1/64–65 (Листы М-39-VI, М-40-I))". ОАО "Оренбургская геофизическая экспедиция". 1964.

26. Белоусов В.В. Основы геотектоники. М.: Недра, 1975. 331 с.

27. Беляевский Н.А. Строение земной коры континентов по геолого-геофизическим данным [Текст] / Н.А. Беляевский. – М.: Недра, 1981. – 431 с.

28. Бесалиев И.Н., Крючков А.Г. Зависимость урожайности яровой твёрдой пшеницы от содержания влаги в различных слоях почвы в условиях оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 5(37). С. 30–33.

29. Блохин Е.В. Экология почв Оренбургской области: Почвенные ресурсы, мониторинг, агроэкологическое районирование. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1997. 228 с.

30. Бокль Генри Томас (1821–1862) // Энциклопедия мудрости. Издательство «Буколика» и издательство «РООССА», 2007. 816 с. (с. 554).

31. Большая Советская Энциклопедия. Т. 10, 12, 26 и 29. М.: Изд-во «Советская Энциклопедия», 1969–1978.

32. Бондарь Е.В. Отчет о выполнении полевых сейсморазведочных и камеральных работ МОГТ-3Д в объеме 300 кв. км на Оренбургской-2 площади.Оренбург: Фонды ООО “Газпром добыча Оренбург”, 2009.

33. Будаговский А.И. Испарение почвенной влаги. М.: Изд-во АН СССР, 1964. 244 с.

34. Вавилов Н.И. Избранные произведения: в 2-х т. – Л.: Наука, 1967. – «Классики науки».

35. Васильев И.В., Федюнин С.А., Шустер Д.В. Влияние минимизации обработки почвы на условия развития и урожайность яровой пшеницы в степной зоне Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 2(64). С. 11–13.

36. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера / Предисловие Р.К. Баландина. – М.: Айрас-пресс, 2004. 576 с.

37. Вернадский В.И. Биосфера. М.: Мысль, 1967. 375 с.

38. Вернадский В.И. Избранные сочинения. Т.4. М.: Изд-во АН СССР.1960. 652 с.

39. Вибе В.Д. Факторы роста продуктивности и стабильности урожаев яровой пшеницы в засушливой степи Оренбуржья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2006. № 3(11). С. 19–21.

40. Вильямс В.Р. Избранные сочинения. Том 2. Травопольная система земледелия. Изд. Академии наук СССР, 1950. – Серия «Классики науки».

41. Вильямс В.Р. Почвоведение. М., 1940. 460 с.

42. Вильямс В.Р. Травопольная система земледелия на орошаемых землях. М.: Сельхозгиз,1935.

43. Владов Ю.Р. Построение и моделирование систем интеллектуального управления состоянием техногенных объектов: монография / Ю.Р. Владов, А.Ю. Владова. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013. – 243 с.

44. Владова А.Ю. Построение систем интеллектуального управления состоянием техногенных объектов: монография / А.Ю. Владова, Ю.Р. Владов. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2012. – 176 с.

45. Водогрецкий В.Е. Принципиальная структура модели учета преобразований стока на водосборах под влиянием агролесомелиораций // Труды ГГИ, 1983. Вып.303. Л.: Гидрометеоиздат. С.77–80.

46. Водогрецкий В.Е. Влияние агролесомелиораций на годовой сток. Методика исследований и расчеты. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 184 с.

47. Волгоградская область в цифрах, 2011 г. Краткий статистический сборник. Волгоград, 2012. – 372 с.

48. Гаев А.Я. Гидрохимические закономерности территории Урала и Предуралья и вопросы охраны подземных вод: Автореф. дисс. д.г.-м.н. Л., 1984. 42 с.

49. Гидрогеология СССР. Т. 43. М.: Недра. 1972. 272 с.

50. Гаркуша И.Ф., Яцук М.М. Почвоведение с основами геологии. М.: Колос, 1969. 399 с.

51. Гедройц К.К. Избранные труды. М.: Недра, 1975. 640 с.

52. Геологическое строение и нефтегазоносность Оренбургской области. / Под ред. д. г.-м. наук Пантелеева А.С. Оренбург, Оренб. Кн. Изд-во. 1997. 272 с.

53. Гидрогеологическая карта СССР // Атлас гидрогеологических и инженерно-геологических карт СССР / Под ред. Н.В. Роговской. М.: ГУГК, 1983.

54. Глинушкин А.П. Эффективность применения средств защиты в технологиях возделывания яровой мягкой пшеницы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2009. № 1(21). С. 25–27.

55. Годин Ю.Н. Комплексные региональные геофизические исследования юго-востока Русской платформы // Геология нефти и газа. 1958. №5. С. 37–49.

56. Горяинов В.А., Малютин В.Л., Тесаловский М.Д. Геологическое строение // Гидрогеология СССР. Т.XLIII.Оренбургской обл. М.: Недра, 1972. С. 29–49.

57. Горячев О.Ю. Системы обработки почвы в звене севооборота с занятым паром в лесостепи Поволжья: дисс. канд. с.-х. наук: Кинель, 1999. – 210 с.

58. ГОСТ 16265–89. Государственный стандарт. Земледелие. Термины и определения. 20 с.

59. Государственный водный кадастр. Т. 1.Вып. 24. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 226 с.

60. Грин А.М., Басс С.В., Назаров Г.В. Внутризональные особенности водного баланса // Водный баланс СССР и его преобразование. М.: Наука, 1969. С. 60–89.

61. Гришина Л.А. Гумусообразование и гумусное состояние почв. М., 1986.

62. Гусев Е.М., Насонова О.Н. Моделирование тепло – и влагообмена поверхности суши с атмосферой. Ин-т водн. проблем РАН. М.: Наука, 2010. 327 с.

63. Гусев Е.М., Насонова О.Н. Параметризация процессов тепловлагообмена в системе «грунтовые воды – почва – растительный / снежный покров – атмосфера» с четко выраженной сезоннойизментивостью климата // Почвоведение. 2000. № 6. С. 733–747.

64. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие. Учебное пособие. М.: Прогресс-Традиция, 2000. 416 с.

65. Двинских С.А., Бельтюков Г.В. Возможности использования системного подхода в изучении географических пространственно временных образований. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1992. 245 с.

66. Двуреченский В.И., Гринец А.И. Т.С. Мальцев и новые современные влаго- ресурсосберегающие технологии / Роль современных технологий в устойчивом развитии АПК: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения Т.С. Мальцева. – Курган, 2006. – С. 343–350.

67. Денцкевич И.А. Тектонические критерии для оценки перспективных направлений геолого-разведочных работ в Оренбургской области / Фонды ОАО ОренбургНИПИнефть // ЮУФ ВНИГНИ. – Оренбург. – 1995.

68. Денцкевич И.А. Основные этапы истории геотектонического развития в фанерозое юго-восточной окраины Волго-Уральской антеклизы // Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений Оренбургской области // Научн.труды ОНАКО. – Оренбург. – 1998. – Вып. 1. – С. 95–102.

69. Дерпш Рольф. Необходимые шаги по применению No-till. // Аграрный сектор. 2011. №4 (10). С. 63–65.

70. Докучаев В.В. Избранные сочинения. М.: Сельхозиздат, 1954, 708 с.

71. Долматов А.П., Кислов А.В., Раваева Е.Л., Кащеев А.В., Байтлюк Т.Ж. Агроэкологические основы построения севооборотов на Южном Урале // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2009. № 3(23). С. 15–17.

72. Дрейер Н.Н. Распределение элементов водного баланса по территории СССР // В кн. Водный баланс СССР и его преобразование. Изд-во Наука, М., 1969. С. 24–53.

73. Дюбина С.Г. Значение предшественника, удобрений, биологических препаратов, регуляторов роста и фунгицидов в формировании урожая яровой пшеницы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 3(41). С. 62–64.

74. Дюнин В.И. Гидрогеодинамика глубоких горизонтов нефтегазоносных бассейнов. М.: Научный мир, 2000. 472 с.

75. Евдокимова Т.И., Быстрицкая Т.Л., Васильевская В.Д. и др. Биогеохимические циклы элементов в природных зонах Европейской части СССР // Биогеохимические циклы в биосфере. М.: Наука, 1976. С.154–183.

76. Елисеев В.И. Влияние систематического внесения различных доз минеральных удобрений на урожайность яровой мягкой пшеницы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 6(62). С. 16–18.

77. Жанабеков К.М. Динамика гумуса в почве при длительном применении удобрений // Тезисы докладов научно-практической конференции, посвященной 40-летию целины. Оренбург, 1994. С.63–65.

78. Жуковский П.М. Избранные труды. Л.: «Агропромиздат», Ленинградское отделение, 1985. – 392 с.

79. Завьялов А.Д. Среднесрочный прогноз землетрясений: основы, методика, реализация / А.Д. Завьялов; Ин-т физики Земли им. О.Ю. Шмидта. – М.: Наука. 2006. – 254 с.

80. Зекцер И.С. Закономерности формирования подземного стока и научно-методические основы его изучения. М.: Наука, 1977. 172 с.

81. Зоненшайн Л.П., Кориневский В.Г., Казьмин В.Г. и др. Строение и развитие Южного Урала в точки зрения тектоники литосферных плит // История развития Уральского палеоокеана. М.: ИО АН СССР, 1984. С. 6–56; То же на

англ. яз. Plate tectonic model of the South Urals development // Tectonophysics. 1984. Vol. 109. P. 95–135.

82. Зоненшайн Л.П., Савостин Л.В. Введение в геодинамику. М.: Недра, 1979, 311 с.

83. Планета Земля. Энциклопедический справочник. Том «Тектоника и геодинамика». Ред. Л.И. Красный и др. СПб.: Изд. ВСЕГЕИ, 2004. – 652 с.

84. Зоны аэрации СССР // Атлас гидрогеологических и инженерно-геологических карт СССР / под ред. Н.В. Роговской. М.: ГУГК. 1983.

85. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеоиздат, 1984. – 560 с.

86. Ильин В.В. Философия в схемах и комментариях / В.В. Ильин, А.В. Машенцев. – СПб.: 2005. – 304 с.

87. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов, 2004.

88. Информационный бюллетень о состоянии поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории Оренбургской области за 2008 год. Отдел водных ресурсов по Оренбургской области Нижне-Волжского бассейнового водного управления Федерального агентства водных ресурсов. Оренбург, 2009. 140 с.

89. Информационный бюллетень о состоянии поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории Оренбургской области за 2012 год. Отдел водных ресурсов по Оренбургской области Нижне-Волжского бассейнового водного управления Федерального агентства водных ресурсов. Оренбург, 2015. 142 с.

90. Казаков Г.И. Обработка почвы в Среднем Поволжье. Самара: СамВен. – 1997. – 196 с.

91. Кайдалов В.И., Денцкевич И.А., Яхимович Г.Д. Обоснование направлений геологоразведочных работ на базе изучения этапов геотектонического развития территории // Отечественная геология. – М. 1996. №6, с. 84–88.

92. Каракулев В.В., Бакиров Ф.Г., Вибе В.Д. Пути повышения влагонакопления в черноземах обыкновенных степной зоны Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2006. № 2(10). С. 104–106.

93. Каракулев В.В., Диденко В.Н., Шустер Д.В. Повышение эффективности парового поля за счёт подбора наиболее урожайных озимых и яровых культур по пару в оренбургском Предуралье / Аграрная наука и образование в условиях становления инновационной экономики: матер. междунар. науч.-практич. конф. Оренбург: Издат. центр ОГАУ, 2012. Ч. 1. С. 255–259.

94. Карта гидродинамической структуры СССР (верхний гидродинамический этаж) // Атлас гидрогеологических и инженерно-геологических карт СССР / Под общенй ред. Н.В. Роговской. М.: ГУГК, 1983.

95. Кафтан Ю.В., Митрофанов Д.В. Влияние засорённости посевов на урожайность яровой мягкой пшеницы в оренбургском Предуралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 3(59). С. 17–19.

96. Кашников Ю.А., Ашихмин С.Г. Механика горных пород при разработке месторождений углеводородного сырья. – М.: Недра, 2007. – 486 с.

97. Кислов А.В., Диденко В.Н., Кащеев А.В., Савраев А.С. Эффективность использования атмосферных ресурсов увлажнения в различных севооборотах с чистым паром в зависимости от набора культур // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 2(40). С. 38–42.

98. Кислов А.В. Сохранение и повышение плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии Оренбургской области. Оренбург, 2002. 293 с.

99. Кислов А.В., Кащеев А.В., Диденко В.Н., Савраев А.С. Продуктивность культур и севооборотов с чистым паром на Южном Урале // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 4(36). С. 34–36.

100. Кислов А.В., Федюнин С.А., Васильев И.В., Савчук С.В. Эффективность длительной минимализации обработки южных черноземов в Оренбургском Предуралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2009. № 2(22). С. 9–12.

101. Кислов А.В. Ресурсосберегающие почвозащитные системы обработки почвы под яровые культуры / Сохранение и повышение плодородия почв в адаптивном земледелии Оренбургской области. Оренбург, 2002. – С. 160–191.

102. Климентьев А.И., Блохин В.В. Природные условия и почвенный покров области // Земля любит порядок. Челябинск, 1980. С.6–36.

103. Климентьев А.И., Блохин Е.В. Почвенные эталоны Оренбургской области. Материалы для Красной книги почв Оренбургской области УрО РАН, институт степи. Екатеринбург, 1996. 90 с.

104. Климентьев А.И., Тихонов В.Е. Трансформация и регулирование органического вещества в степных агроценозах // Тезисы докладов научно-практической конференции, посвященной 40-летию целины. Оренбург, 1994. 68–70 с.

105. Климентьев А.И., Чибилев А.А., Блохин Е.В., Грошев И.В. Красная книга почв Оренбургской области. Екатеринбург, 2001. 295 с.

106. Кнорринг В.И. Теория, практика и искусство управления. – 2-е изд., изм. и доп. – М.: Издательство НОРМА ИНФРА. – М., 2001. – 528 с.

107. Коваль М.А. Условия почвообразования и свойства обыкновенных черноземов склоновых ландшафтов Предуралья и их антропогенная эволюция: автореферат дис. … кандидата сельскохозяйственных наук: 06.01.03. БашГАУ. Уфа, 2006. 21 с.

108. Ковда В.А. Основы учения о почвах. М.: Наука, 1973, 1979. 447 с.

109. Ковда В.А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана. М.: Наука, 1981. 342 с.

110. Козаченко А.П. Обоснование системы обработки почв, подверженных деградации для различных зон Челябинской области: дисс. … к. с.-х. наук. Челябинск, 2000. 189 с.

111. Коммонер Б. Замыкающийся круг: Природа, человек, технология: [Пер. с англ.] / [Послесл. акад. Е.К. Федорова, с. 248–278]. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1974. 279 с.

112. Коноваленко С.С. Палеогеоморфология юго-востока Русской плиты (Оренбургская область) от рифея до турне в связи с поисками нефти и газа. В 2-х частях. М.: Наука, 1999. Ч.1. – 171 с.

113. Кононов В.М. Агроэкологическая оценка земель Оренбургской области и принципы формирования адаптивного земледелия: дисс. д. с.-х. наук. Уфа, 2004. 452 с.

114. Кононов В.М., Кононова Н.Д. Научные основы экологической оптимизации и проектирования степных агроландшафтов Южного Урала. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2016. 200 с.

115. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 126 с.

116. Константинов А.Р. Испарение в природе. Л.: Гидрометеоиздат, 1968. 532 с.

117. Копп М.Л. Мобилистическая неотектоника платформ Юго-Восточной Европы: монография / М.Л. Копп. – М.: Наука, 2005. – 340 с.

118. Коронкевич Н.И. Водный баланс Русской равнины и его антропогенные изменения. М.: Наука, 1990. 295 с.

119. Корчагин В.А., Золаторев Н.И. Влаго-и ресурсосберегающие системы обработки почвы в степных районах Среднего Заволжья. Самара, 1997. – 99 с.

120. Костычев П.А. Почвоведение. М., 1939. 90 с.

121. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М.: Сельхозгиз, 1960. 621 с.

122. Косыгин Ю.А. Типы соляных структур платформенных и геосинклинальных областей. М.: Изд. АН СССР, 1960. 91 с.

123. Кочуров Б.И. Экодиагностика м сбалансированное развитие. 2-е изд., испр. и доп. –М.: ИНФРА. – М, 2016. 362 с.

124. Крючков А.Г. Водопотребление яровой твёрдой пшеницы в зависимости от погодных факторов и технологических приёмов в степи оренбургского Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 3(53). С. 34–37.

125. Крючков А.Г. Закономерности поступления и расхода влаги растениями яровой твёрдой пшеницы в степи оренбургского Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 1(51). С. 28–31.

126. Крючков А.Г., Елисеев В.И. Вероятность формирования урожайности яровой твёрдой пшеницы в связи с различным количеством доступной влаги в степной зоне Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 4(60). С. 20–24.

127. Крючков А.Г., Елисеев В.И., Абдрашитов Р. Р. Запасы элементов питания в разных слоях почвы к севу и урожайность яровой твёрдой пшеницы в степи оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 5.(37). С. 52–56.

128. Крючков А.Г., Бесалиев И.Н., Панфилов А.Л. Озимая рожь в Оренбуржье: сорта, урожайность и экологическая пластичность // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 6(56). С. 11–14.

129. Кузник И.А. Орошение в Заволжье. Л.: Гидрометеоиздат,1979. 160 с.

130. Кузник И.А., Безменов А.И. Просачивание талых вод в мерзлую почву // Почвоведение, 1963. № 7. С. 34–39.

131. Курдюков Ю.Ф. Научные основы регулирования продуктивности озимой и яровой пшеницы в севооборотах черноземной степи Поволжья: дисс. … д. с.-х. наук. Саратов, 2001. – 41 с.

132. Лаврентьев В.В. Мобилизация азота гумуса в черноземных почвах Европейской части СССР // Органическое вещество целинных и освоенных почв под ред. М.М. Кононовой. М.: Изд-во Наука, 1972. С.142–182.

133. Латышев Н. Подзимний посев яровой пшеницы. Сельскохозяйственный журнал «Аграрный сектор». https://agrosektor.kz.

134. Левыкин С.В. Новационные технологии сохранения и реабилитации ландшафтно-биологического разнообразия степей. // Вестник Оренбургского государственного университета, 2006. № 10. С. 289–296.

135. Левыкин С.В. Оренбуржье – степям навстречу: социально-экологическая реабилитация степей для устойчивого землепользования. – Оренбург, ООО «Фирма 21 век», 2005. 50 с.

136. Линслей и др. Прикладная гидрология. Пер. с англ. Л.: Гидрометеоиздат, 1962. 316 с.

137. Лухменёв В.П., Нугуманов А.Х. Действие химических и биологических средств защиты яровой пшеницы в засушливых условиях // Агрохимический вестник. 2007. № 2. С. 6–9.

138. Лухменёв В.П., Ярмухаметова Л.В., Светачёв С.В. Биологическая защита озимой пшеницы от вирусов и фитоплазм // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2009. № 2(22). С. 15–20.

139. Лухменёв В.П. Защита зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков на Южном Урале. Оренбург: Издат. центр ОГАУ, 2000. 340 с.

140. Львович М.И. Вода и жизнь (Водные ресурсы их преобразование и охрана). М.: Мысль, 1986. 254 с.

141. Львович М.И. Водные ресурсы будущего. М.: Мысль, 1969. 450 с.

142. Львович М.И. Географические закономерности мировых водных ресурсов // Природные ресурсы и территориальная организация хозяйства. М., 1979. 169–196 с.

143. Ляпустин Б.А. и др. Анализ и обобщение материалов электроразведки методом ЗСМ, ЗСТ и МТЗ для западной части Оренбургской области. – Оренбург: ЮУО ВНИГНИ, 1976.

144. Макаров И.П., Картамышев И.И. Пути совершенствования обработки почвы. Земледелие, 1998. – № 5. – С. 17–18.

145. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М., 1955. 265 с.

146. Максютов Н.А., Жданов В.М., Скороходов В.Ю., Митрофанов Д.В., Кафтан Ю.В., Жижин В.Н. Сравнительная урожайность озимых культур в степной зоне Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 4(54). С. 30–33.

147. Максютов Н.А. Сидеральные и почвозащитные севообороты в степной зоне Южного Урала // Тезисы докладов научно-практической конференции, посвященной 40-летию целины. Оренбург, 1994. С.46–48.

148. Максютов Н.А., Жданов В.М., Абдрашитов Р.Р. Повышение плодородия почвы, урожайности и качества продукции сельскохозяйственных культур в полевых севооборотах степной зоны Южного Урала: монография. Оренбург, 2012. 332 с.

149. Максютов Н.А., Жданов В.М., Лактионов О.В. Биологическое и ресурсосберегающее земледелие в степной зоне Южного Урала: монография. 2-е изд. доп. Оренбург, 2008. 232 с.

150. Максютов Н.А., Кремер Г.А., Жданов В.М. Эффективность минеральной обработки почвы на южных черноземах центральной зоны Оренбургской области // Сб. трудов «Агробиологические основы интенсификации производства зерна в Оренбургской области». Уфа, 1991. С. 38–43.

151. Максютов Н.А. и др. Ресурсосберегающие приемы в земледелии. Земледелие, 2006. – № 6. – С. 33 – 34.

152. Мальцев Т.С. Вопросы земледелия. М.: Колос, 1971. 391 с.

153. Матюк Н.С. Ресурсосберегающие технологии снижения переуплотнения почв в современных системах земледелия Нечерноземной Зоны: автореферат дисс. ... к. с.-х.н. Москва, 1999. 32 с.

154. Меланич Ю.В. Основные направления и методы селекции яровой пшеницы // Основные направления интенсификации растениеводства в Приморском крае: Сб. науч. тр./ ВАСХНИЛ, Сиб. отд., Новосибирск, 1985. С. 3–8.

155. Мильков Ф.Н. Природные зоны СССР, М.: Мысль, 1977. 296 с.

156. Митрофанов Д.В. Продуктивность и экономическая оценка шестипольных севооборотов на чернозёмах южных оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 4(36). С. 30–33.

157. Митрофанов Д.В., Кафтан Ю.В. Повышение продуктивности шестипольных севооборотов в степной зоне Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 4(60). С. 8–10.

158. Мосиенко Н.А. Агрогидрологические основы орошения. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 216 с.

159. Назаров Г.В. Зональные особенности водопроницаемости почв СССР. Л.: Изд-во ЛГУ, 1970. 184 с.

160. Назаров Г.В. Оценка влияния хозяйственной деятельности на водный баланс рек бассейна Днепра и юга Украины // Водный баланс СССР и его преобразование. М.: Наука, 1969. С.193–207.

161. Наливкин Б.В. Юрская, меловая и палеогеновая системы // Геологическое строение Орско-Халиловского района. М. 1941. 186 с.

162. Наумов А.Д. Пенеплены. Их геологическое значение как особой генетической категории рельефа материков. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1981. 223 с.

163. Нестеренко М.Ю. Геоэкология недр нефтегазоносных районов Южного Предуралья. Екатеринбург: УрО РАН, 2012. 135 с.

164. Нестеренко М.Ю., Нестеренко Ю. М., Соколов А. Г. Геодинамические процессы в разрабатываемых месторождениях углеводородов (на примере Южного Предуралья). Екатеринбург: УрО РАН, 2015. 186 с.

165. Нестеренко М.Ю., Нестеренко Ю.М. Гидрогеологические процессы и их моделирование в районах добычи углеводородов на примере Южного Предуралья // Вестник ОГУ. № 9. 2010. С. 122–127.

166. Нестеренко Ю.М. Водная компонента аридных зон: экологическое и хозяйственное значение. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 287 с.

167. Нестеренко Ю.М. О системе земледелия в Оренбуржье. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2018. 3: 15 с. [Электр. ресурс] (URL: http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2018–3/Articles/NYM-2018–3.pdf). DOI: 10.24411/2304–9081–2018–13006.

168. Нестеренко Ю.М., Куксанов В.Ф. Природа Оренбуржья и ее мониторинг // Материалы Российской научной практич. конференции: «Оптимизация и охрана окружающей среды Южно-Уральского региона». Изд-во ОГУ. Оренбург, 1998. С. 8–11.

169. Нестеренко Ю.М., Нестеренко М.Ю. Природные воды Южного Урала: формирование и использование. Екатеринбург: УрО РАН, 2016. 244 с.

170. Нестеренко, М.Ю. Особенности тектоники и геодинамики отложений кунгурского яруса на месторождениях углеводородов южного Предуралья / М.Ю. Нестеренко, А.Г. Соколов, Ю.М. Нестеренко // Литосфера. – М., 2014. – № 3. – С. 132 – 139.

171. Неуструев С.С. Естественные районы Оренбургской губернии. Чкаловское кн. изд-во, 1950. 169 с.

172. Николаев В.А. Ландшафты азиатских степей. М.: Изд-во МГУ, 1999. 288 с.

173. Новицкий Ю.В. Североприкаспийский горст. – В кн.: Геология и разведка месторождений нефти и газа юго-востока Русской плиты. – М.: ВНИГНИ, 1990. С. 9–15.

174. Новых Л.Л., Чендев Ю.Г. Изменение морфологических свойств черноземов в агролесомелиоративном ландшафте // Аридные экосистемы. 2014. №1(58). С. 18–24.

175. Оборин А.А., Стадник Е.В. Нефтегазопоисковая геомикробиология. Екатеринбург, 1996. 408 с.

176. Овсинский И.Е. Новая система земледелия. Киев. 1899. 86 с.

177. Овчинников А.М. Гидрогеологическое районирование СССР. Учеб. пособие по курсу «Гидрогеология СССР» // МГРИ. М.,1966. 20 с.

178. Овчинников А.М. Гидрогеохимия. М.: Недра, 1970. 200 с.

179. Огаринов И.С. Основные черты строения земной коры Южного Урала и восточной окраины Русской платформы: Автореф. дисс. д..г.-м.н. Уфа, 1969. 44 с.

180. Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. 740 с.

181. Ольхова А.И., Панкратьев П.В., Хан И.С. О перспективах нефтегазоносности Магнитогорского синклинория на территории Оренбургской области. Вестник ОГУ. 2005. №10. Т.2. С. 4–9.

182. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М., 1990. С. 196.

183. Орлова Л.В., Чернов Н.Д. и др. Научно-практическое руководство по освоению и применению сберегающего земледелия. Самара: ООО «Артель», 2007 – 169 с.

184. Оценка влияния изменения режима вод суши на наземные экосистемы / Отв. Ред. Н.М. Новикова. Ин-т водн. проблем. М.: Наука, 2005. 365 с.

185. Пантелеев А.С. «Геологическое строение и нефтегазоносность Оренбургской области» (1997). 272 с.

186. Пейве А.В., Штрейс Н.А., Книппер А.Л., Марков М.С., Богданов Н.А., Перфильев А.С., Руженцев С.В. Океаны и геосинклинальный процесс. – Докл. АН СССР. 1971. Т. 196. № 3. С. 657–660.

187. Алифанов В.М., Гугалинская Л.А., Овчинников А.Ю. Палеокриогенез и разнообразие почв центра Восточно-Европейской равнины. М.: Изд-во: ГЕОС, 2010. 178 с.

188. Поляков Д.Г. Антропогенная трансформация лесостепных черноземов Оренбургского Предуралья: автореф. Дис. … канд. биол. наук. 03.02.13. Башкир.гос. аграр. Ун-т. Уфа, 2010. 26 с.

189. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. Л.: Наука, 1980. 224 с.

190. Потокина С.М. К вопросу о динамике лесистости Оренбургской области. Orenpriroda.ru, 2016.

191. Прихожай Н.И. Противоэрозионная устойчивость лесостепных и степных чернозёмов Оренбургского Предуралья: Показатели, генезис, подтиповые отличия, динамика: автореферат дис. … кандидата сельскохозяйственных наук: 06.01.03. Башкир. гос. аграр. ун-т. Уфа, 2004. 22 с.

192. Реймерс Н.Ф. Экология: теории, законы, правила, принципы и гипотезы. М.: Изд-во «Молодая Россия». 1994. – 368 с.

193. Русанов А.М. Современный этап восстановления черноземов пастбищных экосистем степной зоны. Почвоведение. 2015. №6. С. 761–768.

194. Русанов А.М., Анилова Л.В. Экологические аспекты гумусообразования и динамика гумуса целинных и пахотных черноземов Предуралья // Экология. 2009. №6. С. 1–6.

195. Рябинина З.Н. Конспект флоры Оренбургской области. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 167 с.

196. Рябуха А.Г. Использование данных дистанционного зондирования при изучении реликтовой криогенной морфоскульптуры Общесыртовско-Предуральской степной провинции. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2016. 4: 17 с. [Электронный ресурс]. (URL: http:// elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2016–4/Articles/RAG-2016–4.pdf).

197. Ряховский А.В., Батурин И.А., Березнёв А.П. Агрономическая химия. Оренбург: ФГУП «Издательско-полиграфический комплекс «Южный Урал», 2004. 283 с.

198. Ряховский А.В., Батурин И.А., Березнев А.П. Плодородие почв Оренбургской области, использование и эффективность удобрений при возделывании полевых культур. Оренбург: ОАО «Издательско-полиграфический комплекс «Южный Урал», 2008. 252 с.

199. Саблина О.А. Экология гумусообразования степных почв Зауралья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2011. 22 с.

200. Сагло В.В. Основные черты геологического строения Оренбургского Урала // материалы по геоэкологии и полезным ископаемым Оренбургской области. Челябинск, 1967. Вып. 1. 198 с.

201. Светлакова А.Н., Соколов А.Г., Солоницын С.Н. Восточно-Европейская платформа по результатам интерпретации сейсмических и гравиметрических данных (в связи с перспективами нефтегазоносности) // Материалы V Республиканской геологической конференции «Геология, полезные ископаемые и проблемы экологии Башкортостана» – Уфа, 2003. 252 с.

202. Свищев М.Ф. Геологическое строение и нефтегазоносность Оренбургской области. Гостоптехиздат, 1961. 227 с.

203. Скорняков С.М. От шумеров до наших дней / С.М. Скорняков. – М.: Росселхозидат, 1977. – 271 с.

204. Соколов А.Г. Геодинамические процессы в разрабатываемых месторождениях углеводородов (на примере Южного Предуралья): монография // М.Ю. Нестеренко, Ю.М. Нестеренко, А.Г. Соколов. – Екатеринбург: УрО РАН, 2015. – 186 с.

205. Соколов А.Г., Нестеренко Ю.М., Нестеренко М.Ю. Особенности тектоники и геодинамики отложений кунгурского яруса на месторождениях углеводородов Южного Предуралья // Литосфера. 2014. № 3. С. 132–139.

206. Соколов А.Г. Архангельское поднятие – сложная постройка на поверхности кристаллического фундамента в пределах Восточно-Оренбургского

структурного выступа // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. – 1997. – N 4. – С. 21–26.

207. Соколов А.Г. Выделение и трассирование тектонических нарушений по данным сейсморазведки и прогнозирование приразломных ловушек в платформенном Оренбуржье, монография / А.Г. Соколов / Оренбург, ИПК ГОУ ОГУ, 2010. – 204 с.

208. Соколов А.Г. Мезо-Кайнозойские грабены – отзвуки девонской тектоники / Геология и эксплуатация нефтяных и газонефтяных месторождений Оренбургской области // Научн.труды ОНАКО. – Оренбург. – 2001. – Вып. 3. – С. 57–61.

209. Соколов А.Г. Новые представления о строении Соль-Илецкого свода / А.Г. Соколов, Д.А. Леверенц // Геофизика. – 2004. – № 5. С. 59–64.

210. Соколов А.Г., Нестеренко М. Ю. // Журнал «Бюллетень ОНЦ УрО РАН, Оренбург, № 4, 2014, с. 1–10.

211. Соколов А.Г., Нестеренко М.Ю., Рогоцкий Г.В. Методика геодинамического мониторинга объектов техногенной сейсмической эмиссии. «Нефть, газ и бизнес». 2012. № 5. С. 25–28.

212. Соколов А.Г. Девонский (эмско-кыновский) этап геологического развития Оренбургского Предуралья / А.Г. Соколов, М.Ю. Нестеренко // Материалы Всероссийской научно-методической конференции «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры», Оренбург, ОГУ, 3–5 февраля 2016 г. с. 939–943.

213. Специализированные массивы для климатических исследований [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://aisori.meteo.ru/climateR. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 11.05.2017).

214. Справочно-информационный портал «Погода и климат» http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php.

215. Статистический ежегодник Актюбинской области. Предварительные данные за 2009 г. Актобе, 2010. – 95 с.

216. Строительные нормы и правила. Определения расчетных гидрологических характеристик. СНиП 2.01.14–83.М.: Госстрой СССР. М., 1985. 144 с.

217. Сулейменов М.К., Акшанов К.А. Беспаровое земледелие в степях Северного Казахстана. Аграрная наука. – 2005. – №8. – С. 2–8.

218. Титков В. И., Байкасенов Р. К. Урожайность яровой мягкой пшеницы в зависимости от сорта, нормы высева и регулятора роста в условиях оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 6(50). С. 20–22.

219. Толстой Л.Н. Собрание сочинений в 20 томах. М.: Художественная литература, 1964. (Антология мудрости / Сост. В.Ю. Шойхер – М.: Вече, 2007, 848 с. С. 10).

220. Трубин А.П. Антропогенная динамика обыкновенных черноземов Предуралья и ее комплексная оценка: автореферат дис. … кандидата сельскохозяйственных наук: 06.01.03. Башкир.гос. аграр. ун-т. Уфа, 2005. 21 с.

221. Тулайков, Н.М. Рационально использовать землю. Куйбышев: Куйбышевское кн. изд-во, 1963. 104 с.

222. Тухфатуллин М.Ф., Бесалиев И.Н. Особенности формирования урожайности сортами яровой твёрдой пшеницы при разных приёмах основной обработки почвы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 6(44). С. 44–46.

223. Ушаков С.А., Галушкин Ю.И. Кинематика плит и океаническая литосфера. Физика Земли. Т.3. – М, 1978. – 272 с.

224. Федоткин, В.А., Абрамов Н.В. Зяблевая обработка почвы на черноземах Тюменской области // Ресурсосберегающие системы обработки почвы: сб. науч. тр.; под ред. академика ВАСХНИЛ И.П. Макарова. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 221–226.

225. Фирсов А.И., Лощинина Л.П. Водный режим парового поля // Тезисы Российской научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения доктора географических наук И.А. Кузника, Саратов, 1998. С. 91–93.

226. Фолкнер Э.Х. Безумие пахаря. М.: Сельхозгиз. – 1956. – 276 с.

227. Хаин В.Е., Михайлов А.Е. Общая геотектоника. М.: Недра, 1985. 326 с.

228. Халин А.В., Бакиров Ф.Г., Нестеренко Ю.М. Подзимний посев яровой пшеницы в степной зоне Южного Урала [Электр. ресурс]. 2019. URL: http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2018–3/Articles/N.

229. Харченко С.И. Гидрогеология орошаемых земель. 2-е изд. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 374 с.

230. Хачатрян Р.О. Тектоническое развитие и нефтегазоносность Волжско-Камской антеклизы. – М.: Наука. – 1979. – 171 с.

231. Хоментовский А.С. Схема развития краевых прогибов `предгорных впадин) и особенности структуры Южно-Уральского буроугольного бассейна // Геологические исследовательские работы. Челябинск, 1950. С. 67–73.

232. Чуданов И.А., Васильев В.П. Обработка черноземных почв в Среднем Поволжье Земледелие. – 1986. – № 6. С. 24–25.

233. Шикула Н.К., Назаренко Г.В. Минимальная обработка черноземов и воспроизводство их плодородия. М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 320 с.

234. Шпильман И.А., Максимов С.П., Воробьев А.И и др. Геологическое строение Оренбургского газоконденсатного месторождения и перспективы дальнейших геолого-разведочных работ в пределах Яикского свода // Геология нефти и газа. 1972. № 17. С. 1–9.

235. Шульмейстер К.Г. Избранные труды. Том 1 (1925–1970), Том 2 (1971–1995). Волгоград: Комитет по печати и информации. 1995. 480 с.

236. Шульмейстер К.Г. Чистый пар //Сов. энциклопедия. М., 1975. Т. 6. С 755–759.

237. Шумова Н.А. Закономерности формирования водопотребления и водообеспеченности агроценозов в условиях юга Русской равнины. Ин-т вод. Проблем РАН. М., Наука, 2010. 239 с.

238. Яблоков А.В. Ядовитая приправа. Проблемы применения ядохимикатов и пути экологизации сельского хозяйства. М.: Мысль, 1990. 126 с.

239. Ярош А.Я. Глубинная тектоника Западного Приуралья по данным геофизики // Структура кристаллического фундамента восточных районов Русской платформы и Западного Приуралья. Свердловск, 1965. 134 с.

240. Ярцев Г.Ф., Байкасенов Р.К. Испытание различных сортов яровой мягкой пшеницы в центральной зоне Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 3(47). С. 29–32.

241. Ярцев Г.Ф., Байкасенов Р.К. Урожайность и качество зерна сортов яровой пшеницы в зависимости от норм высева и воздействия лесополосы в условиях центральной зоны Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 6(50). С. 16–19.

242. Ярцев Г.Ф., Байкасенов Р.К. Ресурсосберегающая технология выращивания сортов яровой мягкой и твёрдой пшеницы в зависимости от норм высева в степной зоне Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 2(46). С. 31–34.

243. Яхимович Г.Д. Колганский нефтегазоносный бассейн и роль тектоники в его формировании // Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений Оренбургской области // Научн.труды ОНАКО. – Оренбург. – 1998. – Вып. 1. – С. 72–76.

244. Clark W.C., Munn R. (Eds.) 1986. Sustainable Development of Biosphere. Cambridge: Cambrige Univ. Prec. 491 p.

245. Cross M.C., Hohenberg P.C. 1993. Pattern formation outside of equilibrium. Rev. Mod. Phys., v.65, № 3, p.II, p.851–1111.