

Рис. 1. Корреляционная схема отложений среднего карбона по месторождениям северо-западной части Башкортостана

Осадконакопление в среднекаменноугольное время на востоке Русской плиты контролировалось эволюцией обширного эпиконтинентального моря, трансгрессия которого началась в башкирский век со стороны Урала. Выровненный рельеф эпиконтинентальной платформы с пологим уклоном с запада на восток обеспечил накопление схожих мелководных циклических осадков на большой площади. Лишь на востоке платформенной части Башкортостана и в Предуральском прогибе встречаются относительно глубоководные отложения.

Башкирский век характеризуется началом трансгрессии. В разрезах скважин отмечается последовательное выпадение нижних горизонтов с запада на восток, что подтверждено разнообразными фаунистическими определениями [1]. На северо-западе Башкортостана отложения башкирского яруса представлены исключительно мелководными карбонатными породами с многочисленными признаками выхода на поверхность. Процессы гипергенеза привели к широкому развитию карста, брекчий обрушения, а также неравномерной доломитизации осадков. В разрезе чередуются прослои органогенно-обломочных известняков литорали, калькрет и карбонатных брекчий. Для первых характерно развитие межформенных пор, для

калькрет и брекчий пустотное пространство имеет более сложное строение и связано преимущественно с кавернами. Отмечается развитие брекчий в кровле башкирского яруса, что свидетельствует о региональном перерыве перед началом верейской трансгрессии.

В верейское время вновь началось наступление моря на запад, которое постепенно охватило практически всю территорию Русской платформы. На территории Западного Башкортостана верейское время ознаменовалось интенсивным поступлением терригенного материала и накоплением, наряду с карбонатными осадками, глин, в меньшей степени алевролитов и песчаников. Основные источники сноса терригенного материала находились на западе–северо-западе. Из-за смешанного терригенно-карбонатного состава разрез верейского горизонта имеет четко выраженное циклическое строение. На коротких диаграммах выделяются три крупномасштабных обмеляющих вверх циклита, которые начинаются с отложений терригенного материала (глины алевролитистые, реже песчанистые) и сменяются вверх карбонатными осадками. На изучаемой территории циклиты в нижней части представлены плотными породами – глинами и интенсивно биотурбированными глинистыми известняками сублиторали, которые вверх сменяются



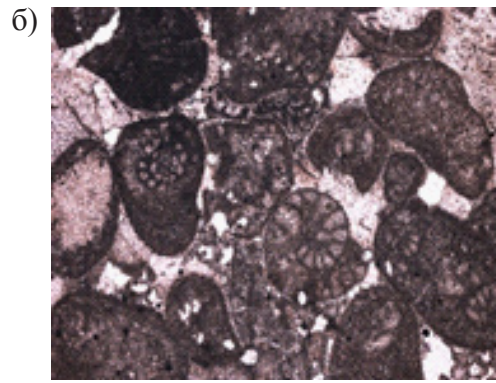
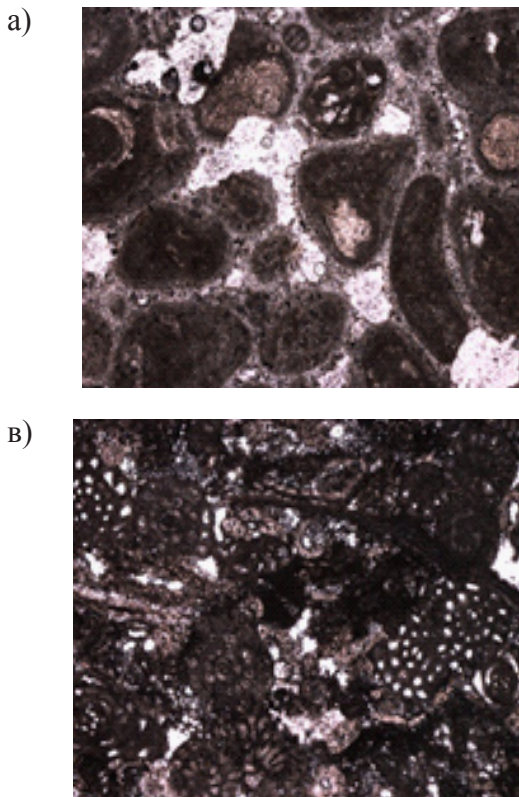


Рис. 2. Известняки биоморфные фораминиферовые: а) с кристаллизационным цементом пористый, б) перекристаллизованный (кальцитизированный), в) доломитизированный. Фото шлифа с параллельными николями. Длина фотографии – 2 мм

Разделение известняков по типу цементации определило основные различия отложений среднего карбона в структуре пустотного пространства. Образцы известняка биоморфного с кристаллизационным цементом характеризуются наличием межформенных пор и развитыми по ним кавернами, а известняки кальцитизированные – преимущественно поровым типом пустотного пространства [8]. В случае зернистых известняков размер зерен имеет подчиненное значение. Кроме того, была отмечена повышенная интенсивность процессов выщелачивания в отложениях башкирского яруса. Томографические исследования подтвердили наличие «трещиноподобных» проницаемых зон для образцов башкирского яруса, что позволило обосновать выделение трещинно-каверново-порового типа пород.

Для верейского горизонта в западной части Башкортостана характерно наличие терригенной составляющей в породах, которая сильно ухудшает ФЕС пород.

В отложениях каширского и подольского горизонтов практически повсеместно раз-

виты процессы доломитизации. Активных процессов выщелачивания, которые бы приводили к образованию трещиноподобных каналов, для данных отложений на северо-западе Башкортостана не выявлено. Поэтому выделяются всего два типа пустотного пространства – каверново-поровый и поровый. При этом поровый тип делится на два петрофизических класса в зависимости от минералогического состава, а именно от степени вторичной доломитизации, ухудшающей ФЕС. Полностью перекристаллизованные доломиты хорошо разделяются между собой по зернистости: тонкозернистые и микрзернистые.

Такой подход к типизации пород позволил не только выделить основные петрофизические особенности изучаемого разреза, но и получить петрофизические уравнения и константы для каждого типа (рис. 3). В условиях высокой литолого-петрофизической дифференциации разреза были предложены критерии для выделения основных типов пород по комплексу ГИС.

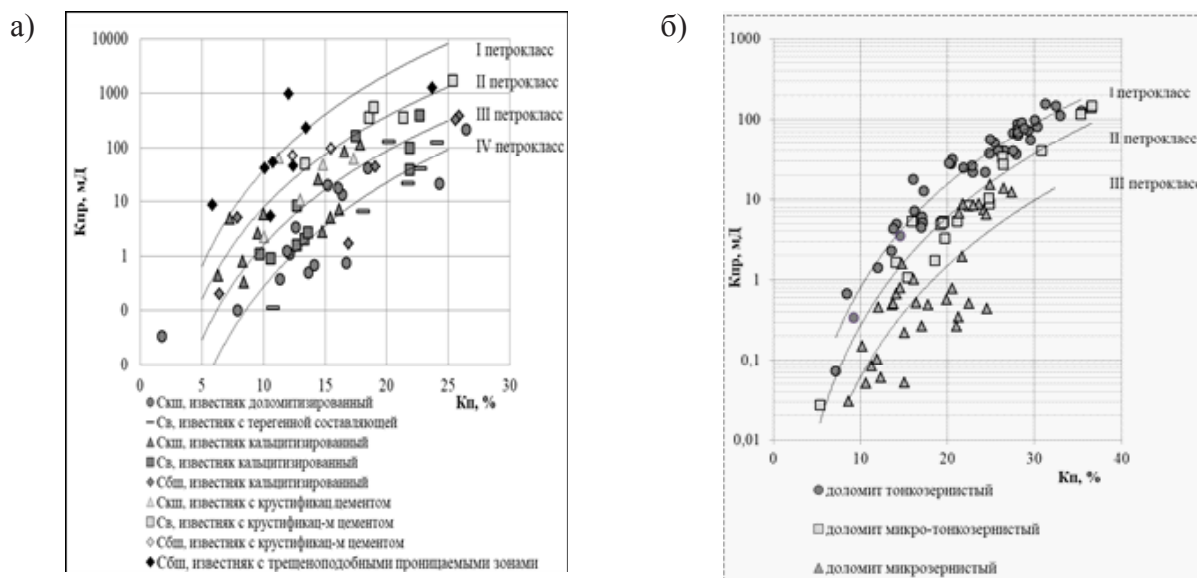


Рис. 3. Принцип выделения петрофизических классов в зависимости от литологической неоднородности отложений среднего карбона: а) известняки; б) доломиты

## 2. Выделение типов пород методами ГИС

Решение задачи выделения типов пород в разрезе карбонатной толщи среднего карбона представлено на примере скважины одного из месторождений северо-западной части Башкортостана (рис. 4). Важным этапом решения данной задачи является идентификация типа породы по комплексу ГИС. Это требует формирования определенных подходов к обоснованию методики интерпретации данных ГИС, к выделению типов коллекторов по ГИС и определению подсчетных параметров.

Для разделения изучаемого разреза по литологии предлагается использовать объемную литологическую модель, построенную на основе радиоактивных методов, а именно нейтронного каротажа (НК), гамма каротажа (ГК), плотностного гамма-гамма каротажа (ГГКп), а также с привлечением акустического каротажа (АК). Параметры модели настроены с учетом лабораторных исследований интервального времени пробега продольной волны и минералогической плотности. Необходимо отметить, что решение задачи литологического расчленения по данным акустического каротажа является не-

однозначным, т.к. на акустические параметры влияет структура пустотного пространства. При этом привлечение лито-плотностного каротажа (ГГКлп) обеспечивает 100% совпадение литологической колонки по ГИС с кеновыми данными.

Важной интерпретационной задачей остается устранение структурной неопределенности в интервалах коллекторов, представленных известняками и доломитами. При разделении пород по структуре пустотного пространства можно использовать зависимость интервального времени пробега продольной упругой волны от открытой пористости [9], представленные на рис. 5. На графиках нанесены теоретические изолинии номограммы, показывающие отношение емкости каверн (или трещин) к межзерновой пористости. Соответственно, можно выделить зоны, характеризующие связь параметров для коллекторов разного типа: трещинного, порово-трещинного, порового, кавернового и каверново-порового.

Также в карбонатном разрезе может быть использован способ нормализации кривых НК и бокового каротажа (БК) (метод функциональных преобразований Заляева Н.З.) как для выделения коллектора, так и оценки

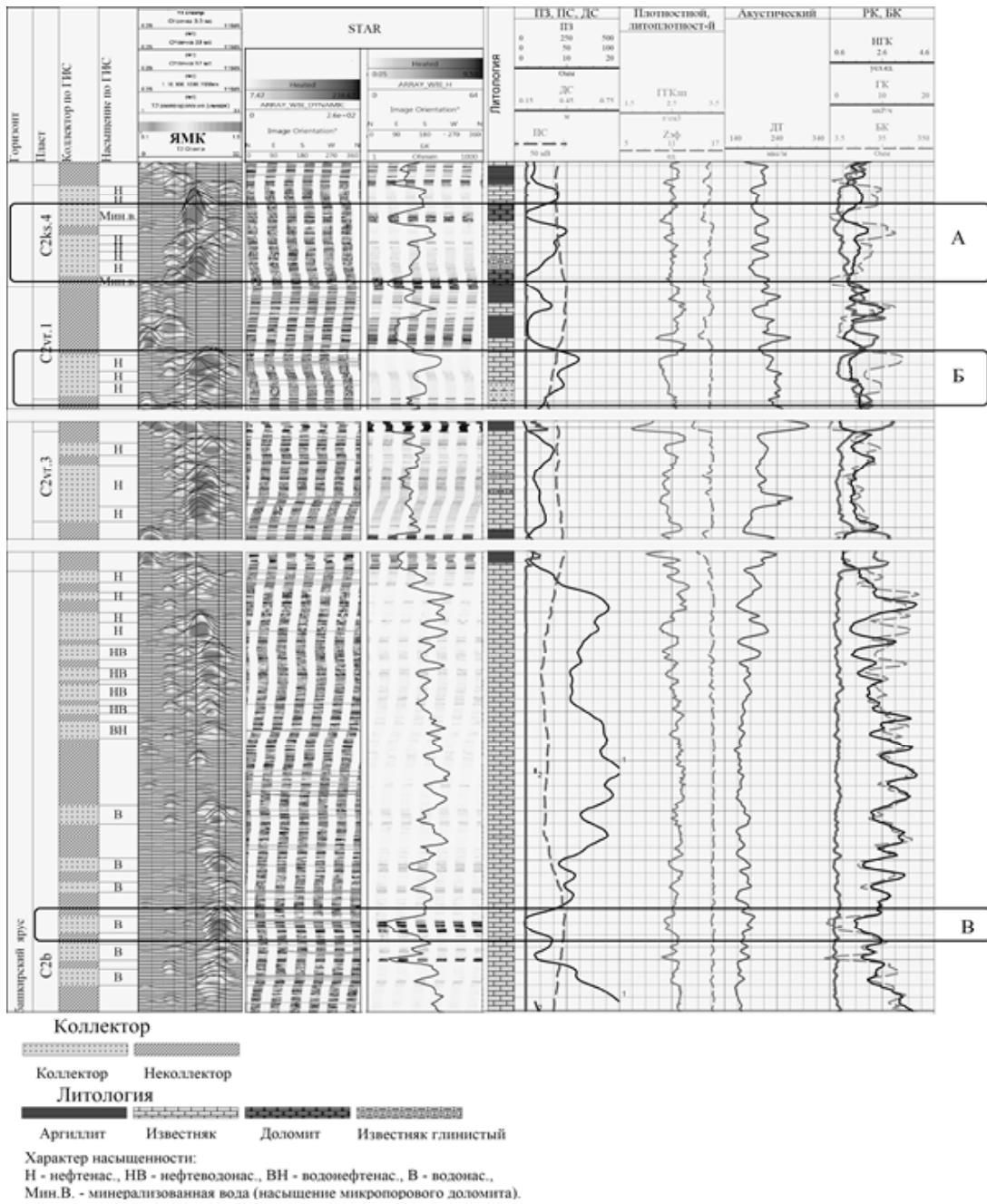


Рис. 4. Пример выделения типов пород методами ГИС: А – поровый тип; Б – каверново-поровый тип; В – трещинно-каверново-поровый тип коллектора

характера насыщенности [10]. Известно, что расхождение нормированных кривых при превышении показаний БК над НК свидетельствует о наличии продуктивного коллектора. Прослой, имеющие  $K_p > K_{p\_гр}$ , но не обладающие расхождением нормализованных кривых БК и НК, могут быть отнесены к водонасыщенным коллекторам в известня-

ках и микропоровым породам, представленным доломитами [11].

Так, для отложений каширского горизонта преобладающим типом является поровый тип пустотного пространства, хотя для известняков встречается и кавернозный тип. Кроме того, большое распространение в разрезе имеют микрозернистые породы, обладающие микропоровым типом, кото-

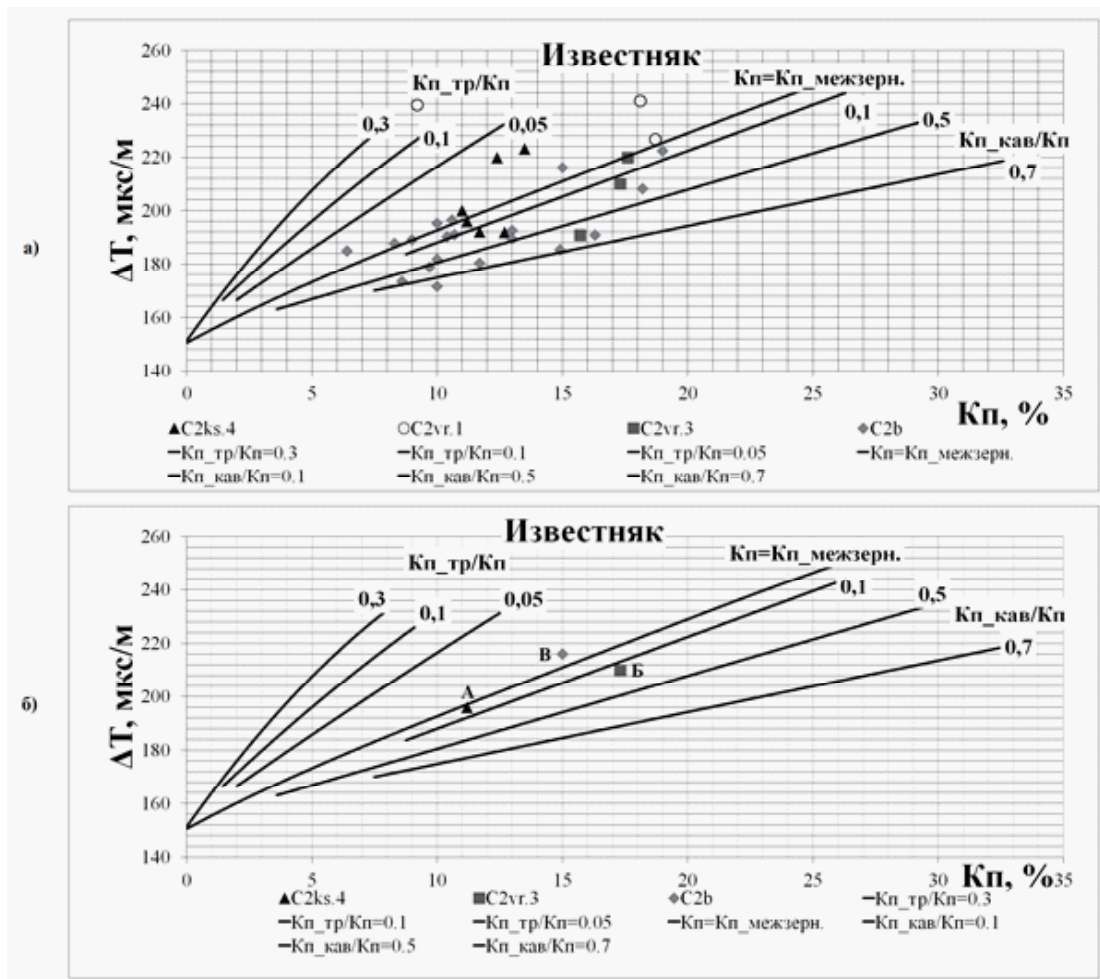


Рис. 5. Выделение типов пород с использованием палетки  $\Delta T(Kp)$ : а) по пластам КТСК, б) для характерных прослоев по ГИС порового типа – А; каверново-порового типа – Б; трещинно-каверново-порового типа – В

рый обеспечивается преобладанием капилляров радиусом менее 0,1 мкм. Эти породы характеризуются низкой радиоактивностью и высокой пористостью (до 30%), при этом эффективная пористость за счет высокого процента связанной воды (до 70%) стремится к нулю. Применение комплексирования методов АК и НК с использованием палетки  $\Delta T(Kp)$  позволяет констатировать, что пласт C2ks.4 каширского горизонта имеет преобладающий поровый тип пустотного пространства [9] (рис. 5 а). «Вылетевшие» интервалы имеют глинистую составляющую, которую можно отметить на показаниях ГК и на спектре ядерно-магнитного каротажа (ЯМК). Выделенный интервал коллектора на рис. 4 А четко лежит на линии  $Kp=Kp_{\text{межзерн}}$  (рис.

5 б). Спектр на ЯМК достаточно узкий и однородный вдоль отсечки 100 мс.

Интервал микрозернистого доломита выделяется повышенной проводимостью на электрическом микроимиджере STAR и по нормализации методов пористости и электрического каротажа (НК и БК) не имеет приращения, в отличие от нефтенасыщенных поровых коллекторов (рис. 4 А).

Пласт C2vr.1 более глинистый, чем C2vr.3, что также совпадает с концепцией осадконакопления на рассматриваемой территории верейских отложений. Коллектор пласта C2vr.3 характеризуется кавернозной структурой пустотного пространства (рис. 5 а, б). Точки на палетке лежат ниже линии  $Kp_{\text{кав}}/Kp=0,1$ . Кроме того, на спектре ЯМК





3. Nelson R.A. Geologic analysis of naturally fractured reservoirs. 2nd ed. 2001. ISBN 0–88415–317–7. 320 p.
4. Smekhov E.M., Dorofeeva T.V. Vtorichnaya poristost gornyykh porod-kollektorov nefti i gaza [Secondary porosity of oil and gas reservoir rocks]. Leningrad, Nedra, 1987. 96 p. (In Russian).
5. Bagrintseva K.I. Karbonatnye porody-kollektory nefti i gaza [Carbonate oil and gas reservoir rocks]. Moscow, Nedra, 1977. 247 p. (In Russian).
6. Aleksandrov B.L. Izuchenie karbonatnykh kollektorov geofizicheskimi metodami [Studying carbonate reservoirs by geophysical methods]. Moscow, Nedra, 1979. 200 p. (In Russian).
7. Lusya F.Dzh. Postroenie geologo-gidrodinamicheskoy modeli karbonatnogo kollektora: integrirovanny podkhod [Building a geological and hydrodynamic model of a carbonate reservoir: An integrated approach]. Moscow, Izhevsk, NITs "Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika", Izhevskiy institut kompyuternykh issledovaniy, 2010. 384 p. (In Russian).
8. Burikova T.V., Savelyeva E.N., Khusainova A.M., Privalova O.R., Nugaeva A.N., Korost D.V., Gilyazetdinova D.A. Litologo-petrofizicheskaya tipizatsiya karbonatnykh porod otlozheniy srednego karbona (na primere mestorozhdeniy severo-zapadnoy chasti Bashkortostana) [Lithological and petrophysical typification of carbonate rocks of Middle Carboniferous deposits: A case study of the deposits in northwestern Bashkortostan]. Neftyanoe khozyaystvo – Oil Industry, 2017, no. 10, pp. 18–21. (In Russian).
9. Khusainova A.M., Burikova T.V., Privalova O.R., Nugaeva A.N. Metodika vydeleniya tipa pustotnogo prostranstva karbonatnykh kollektorov po kompleksu geofizicheskikh issledovaniy skvazhin s ispolzovaniem paletki V.M. Dobrynina [The technique for identifying the type of interstitial space in carbonate reservoirs by a complex of geophysical well surveys using V.M. Dobrynin's palette]. Neftyanoe khozyaystvo – Oil Industry, 2016, no. 6, pp. 60–63. (In Russian).
10. Zalyaev N.Z. Metodika avtomatizirovannoy interpretatsii geofizicheskikh issledovaniy skvazhin [Technique for automated interpretation of geophysical well surveys], Minsk, izdatelstvo "Universitetskoe", 1990. 144 p. (In Russian).
11. Komarova A.D., Dyakonova T.F., Isakova T.G., Privalova O.R., Amineva G.R. Osobennosti stroeniya i vydeleniya kollektorov v slozhnopostroennykh kashiro-podolskikh otlozheniyakh srednego karbona na primere odnogo iz mestorozhdeniy Bashkortostana [Structural features to identify reservoirs in Middle Carboniferous complicated Kashira-Podolsk deposits using the example of one of the deposits in Bashkortostan]. Geofizika – Geophysics, 2016, no. 49, pp. 18–21. (In Russian).

УДК 556.5

DOI: 10.24411/1728-5283-2020-10204

## МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА РЕК ЮЖНОГО УРАЛА И ПРИУРАЛЬЯ (В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН)

© **А.М. Гареев**,  
доктор географических наук,  
профессор,  
заведующий кафедрой,  
Башкирский государственный  
университет,  
ул. 3. Валиди, 32,  
450076, г. Уфа, Российская Федерация  
эл. почта: hydroeco@mail.ru

© **Ю.В. Галиуллина**,  
ведущий гидролог,  
ООО «Югранефтегазпроект»,  
Проспект Октября, 151,  
г. Уфа, Российская Федерация  
эл. почта: Uliya1406@yandex.ru

В статье раскрыты характеристики, отражающие изменчивость и динамику изменения речного стока по бассейнам рек Белая и Урал в пределах Республики Башкортостан. В качестве объектов исследования выбраны гидрологические посты сети Росгидромета, расположенные на реках в пределах исследуемой территории. На основании статистического и графического анализа материалов наблюдений выявлены основные тенденции изменения речного стока в многолетнем разрезе. Показано, что при наличии явных тенденций (трендов) изменения, отражающих увеличение или уменьшение расходов воды во времени, обнаруживается многолетняя и внутривековая цикличность с многоводными и маловодными фазами, что является причиной возникновения водных и водохозяйственных проблем по отдельным бассейнам рек в засушливые годы. На изменение количественных характеристик водных ресурсов оказывают существенное влияние антропогенные факторы, наиболее значимыми из которых являются: промышленное