

УДК 556.55
DOI 10.17513/use.38315

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕЗИСА И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КАРСТОВЫХ ОЗЕР ВЯЗОВСКИХ ГОР РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Горшкова А.Т., Горбунова В.П., Рыков Р.А., Бортникова Н.В., Семанов Д.А.

*Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан,
Казань, e-mail: rykov97@gmail.com*

Цель исследования – выявление особенностей генезиса и геоэкологического развития семи озер между населенными пунктами Улитино и Набережный Зеленодольского муниципального района Республики Татарстан, объединенных в комплекс озер с единым типом генезиса «Собакинские Ямы», расположенных по правому берегу Куйбышевского водохранилища в Вязовских горах, западнее устья р. Свияга. Материалами исследования послужили спутниковые снимки разных лет, полевые данные, собранные во время выездов, и последующие лабораторные анализы, периодически проводившиеся сотрудниками лаборатории гидрологии Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан. Комплекс озер, находящихся на однотипном ландшафте, характеризуется, как правило, единством происхождения и схожими характеристиками. Собакинские озера, как их еще называют, входят в число озерных комплексов, сформировавшихся в условиях однотипных ландшафтов, объединенных однонаправленными трендами развития и едиными механизмами функционирования гидрогеоэкосистем. Их единый тип происхождения обусловлен обособленным расположением на генетически однородной геологической структуре, что совместно с гидрогеологическими условиями и подстилающей поверхностью определило единый гидрологический режим с особым видовым составом гидробионтов. Два озера комплекса из семи включены в перечень особо охраняемых природных территорий.

Ключевые слова: генезис, речная долина, озера, ландшафт, лимнология, река Волга

FEATURES OF GENESIS AND GEOECOLOGICAL DEVELOPMENT OF KARST LAKES OF THE VYAZOVSKY MOUNTAINS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Gorshkova A.T., Gorbunova V.P., Rykov R.A., Bortnikova N.V., Semanov D.A.

*Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences,
Kazan, e-mail: rykov97@gmail.com*

The purpose of this work is to identify the features of the genesis and geoecological development of 7 lakes between the settlements of Ulitino and Naberezhnye Chelny of the Zelenodolsk municipal district of the Republic of Tatarstan, combined into a complex of lakes with a single type of genesis “Sobakinsky Pits” located on the right bank of the Kuibyshev reservoir in the Vyazovsky Mountains, west of the mouth of the Sviyaga River. The research materials were satellite images from different years, field data collected during field trips and subsequent laboratory analyses periodically conducted by employees of the Hydrology laboratory Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences. A complex of lakes located on the same type of landscape is characterized, as a rule, by unity of origin and similar characteristics. Sobakin lakes, as they are also called, are among the lake complexes formed in conditions of the same type of landscapes, united by unidirectional development trends and unified mechanisms of functioning of hydrogeoeosystems. Their single type of origin is due to their isolated location on a genetically homogeneous geological structure, which, together with hydrogeological conditions and the underlying surface, determined a single hydrological regime, with a special species composition of hydrobionts. Two of the seven lakes in the complex are included in the list of specially protected natural areas.

Keywords: genesis, river valley, lakes, landscape, limnology, Volga River

Введение

За последнее десятилетие в рамках выполнения темы исследования условий и характера формирования стока на территории Республики Татарстан изучено 75 % водных объектов. По 6914 рекам длиной свыше 5 км, 6621 озеру с площадью водного зеркала более 1 га, 1328 прудам, оборудованным гидротехническими сооружениями, а также по 4 крупным водохранилищам данные опубликованы в единственном республиканском легитимном документе – Гидрографическом справочнике «Водные объекты Республики Татарстан» 2018 г. издания [1, с. 391]. Данные справочника периодически пополняют-

ся, исправляются, уточняются, обновляются и переиздаются с 1959 г. Основой печатных изданий является база данных автоматизированной системы оценки водных ресурсов (БД АСОВР). Поскольку основные запасы водных ресурсов сосредоточены в реках, последним всегда уделялось приоритетное внимание. Однако параллельно наполнявшаяся база по озерам также требует системного анализа, поскольку данные о статусе водоемов и генезисе озер постоянно запрашиваются различными государственными учреждениями для разрешения имущественных споров и корректировки планирования территорий.



Карта-схема системы Собакинских озёр

Водоемы, находящиеся на однотипном ландшафте, характеризуются, как правило, единством происхождения и схожими характеристиками [2]. Семь озер расположились на плато двухсотметровой высоты Вязовской горной гряды на западном крыже Волго-Камской антеклизы, сложенной породами верхней перми, в поверхностном горизонте, осложненном закрытым русским карстом [3, с. 74]. Зоны закрытого карста, когда карстующиеся горные породы перекрыты сверху песчаниками, глинами и другими некарстующимися породами, вполне подходят для ведения сельского хозяйства. Практически вся водосборная площадь Собакинских озер используется под пашню, и распашка производится под самый урез воды или края обрывистых озерных котловин (рисунок).

Карстовые явления на участке Улитино – Вязовые обусловлены прохождением тектонических поднятий Свяяго-Улеминской ветви Вятско-Казанской плакантиклинали. Мощные толщи залегающих отложений татарского яруса дают основание предполагать, что образование провальных округлых и глубоких озер преимущественно связано с выщелачиванием линз эпигенетических кальцитов осадочных пород и доломитов в глинисто-мергелистой толще [4].

Целью исследования является выявление особенностей генезиса и геоэкологи-

ческого развития семи озер, объединенных в комплекс «Собакинские Ямы», расположенных по правому берегу Куйбышевского водохранилища в Вязовских горах, западнее устья реки Свяяга.

Материалы и методы исследования

Материалами исследования послужили спутниковые снимки Landsat разных лет, пробы воды, собранные во время полевых выездов, и последующие лабораторные анализы, проводившиеся сотрудниками лаборатории гидрологии Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан. В зависимости от исследуемого элемента ландшафта и экосистемы водного объекта различались методы исследования. Гидробиологические показатели, химический состав воды, донных отложений определялись стандартными методами в стационарной лаборатории.

Результаты исследования и их обсуждение

Озера, как объединенные общими свойствами составляющие элементы множества топологического пространства, расположены на 37 га водосборной площади равнинного ландшафта между деревней Улитино и переименованным из села Собакино в поселок Набережный (квартал поселка городского типа Нижние Вязовые) Зеленодоль-

ского муниципального района Республики Татарстан. Отсюда произошло и единое топонимическое название комплекса озер – Собакинские. Котловины озер – круглые чашеобразные. Поскольку водораздел водосбора цепочки озер удален от оврагов Широкий Дол и Сельский Дол бассейна р. Серкерка и рельефно имеет разную направленность, гидродинамическая связь с речными и овражно-балочными системами не фиксируется, что определяет отсутствие суффозионных процессов и стабильность уровня воды в озерных котловинах, зависящего только от интенсивности подземного питания. Уровень воды в озерах составляет 79,0 м при 53,0 м (Балтийская система высот) расположенного в подножье горной гряды Куйбышевского водохранилища.

Возраст карстовых воронок также определяется функционированием напорных родников, преимущественно извергающихся со дна озерных котловин с определенным дебитом воды. Как только напор воды снижается, озеро начинает деградировать. При этом конусообразная форма котловины округляется, озеро начинает терять глубину, расход воды преобладает над приходом в основном за счет испарения, и, поскольку этот процесс не связан с заилением и последующим залужением, свойственными пойменным поверхностным водоемам, карстовое озеро теряет глубину сверху вниз, обнажая обрывистые края котловины и постепенно превращаясь в яму. Возраст озер можно определить косвенно по морфометрическому коэффициенту карстовых воронок. У конусообразных воронок молодой стадии развития он менее 5, чашеобразных зрелой стадии – 5–10, блюдцеобразных завершающей стадии существования – до 50 [5, с. 64]. Таким образом, по приближенному обобщению вся серия озер Собакино относится к карстовым провалам средней (зрелой) стадии развития. Стоит отметить, что в начале 2022 г. в бассейне озер образовался еще один карстовый провал [6]. Однако следует повториться, что время существования озер как водных объектов в карстовых котловинах определяется только дебитом подземной подпитки. На территории описываемого водосбора есть и пустые карстовые провалы, базис эрозии которых никогда не опускался ниже каких-либо водоносных горизонтов.

Часто отсутствие классического грунтового водоупорного слоя непосредственно котловин озер, наличие вместо него перемычек карстующихся пород с приоритетом карбонатно-сульфатных отложений приво-

дит к провалам дна, и тогда вода озер стремительно уходит по пути наименьшего сопротивления вниз по трещинам разломов. Такое случилось, например, с марийским 37-метровой глубины озером Морской глаз в 2022 г., вода объемом 270 м³ из которого ушла за одну ночь [7]. Вероятность того, что вода, ушедшая в нижележащий горизонт, вновь поднимется в этом же месте, чего ждут местные жители, фактически равна нулю. Согласно теории, механизм движения воды в карстующихся породах происходит первоначально вертикально сверху вниз до водупора долин крупных рек, где сменяется на горизонтальное, пополняя подрусловые или поддолинные пласты воды [8, с. 223]. Существуют зоны сифонного движения вод по изолированным каналам, где вода перемещается под давлением. Время от времени подрусловые воды выходят на подстилающую поверхность в виде родников сифонного или горизонтального типа.

Если поток разгрузки проходит под руслом, то родники находятся под водой реки, если под долиной, то разгрузка в виде родников происходит в бассейновом пространстве, часто сопровождаемая размывом воронок. С водораздельных пространств в освободившиеся подрусловые слои попадают смываемые с поверхности песок, галька, постепенно заполняющая пустоты и выдавливающая воду. Постепенно одни карстовые каверны заполняются, а за счет расширения периферийных трещин образуются другие. Процессы эти относятся к естественным географо-геологическим и характеризуются постоянной динамикой во времени. Надо полагать, что артезианские или поддолинные воды, питающие напорным способом Собакинские озера, находятся на глубине более 100 м. Два озера – Собакино и Провальное – имеют характерные воронки с восходящими напорными источниками. Именно этим двум озерам присвоен статус памятников природы регионального значения [9]. Однако согласно дешифрированию спутниковых снимков общего доступа Google Earth незамерзающими в зимнее время остаются пять озер, что подтверждает предположение о регулярном поступлении подземного питания в эти озера.

По пути следования воды размывают горные породы и выносят в озера обогащенный состав химических ингредиентов. В составе водных объектов территории русского карста воды обогащены, например, сульфатами кальция и цинка до 1000 мг/л.

Гидрохимический анализ показывает уровень минерализации Собакинских озер от 180 до 390 мг/л [10]. Кроме высокого содержания цинка в не потерявших подземную подпитку озерах обнаруживается около 2,5 ПДК свинца, обуславливающих специфику цвета и прозрачности воды. Преобладающий тип вод гидрокарбонатно-кальциевый. Вода холодная – 6–10°C, у самой поверхности прогревается до 14°C.

Специфика качества вод, а также изолированность озер от других водоемов, влияет и на состав гидробионтов. В их водах обитают редко встречаемые в регионе виды из числа обитателей пелагиали, литорали и придонных слоев водной толщи. Видовой состав стабилен в течение многих лет и сохраняется даже в условиях произошедшей в 1970-е гг. стрессовой реорганизации ихтиофауны, произошедшей вследствие необоснованного научного эксперимента по выпуску инвазивного амурского вида лучеперых бычкообразных ротана головешки *Perccottus glenii* [11], вызвавшего на короткое время нарушение естественного баланса, проявившегося в истреблении аборигенных видов ихтиофауны (ершей и карасей) исторически сложившегося «симбиоза» гидробионтов. Быстро расплодившийся ротан нанес в те годы ущерб ихтиофауне не только малых водоемов, но и Куйбышевскому водохранилищу [12]. Спустя три-четыре года баланс соотношения видов стабилизировался естественным путем, амурский ротан при этом не исчез, а плотно занял свою скромную нишу в сообществе. При этом катаклизме не пострадал эксклюзивный состав зоопланктона Собакинских озер, в смешанном сообществе из 43 идентифицированных видов которого одновременно присутствуют такие редко встречаемые в регионе виды, как *Camptocercus rectirostris* Schoelder, *Pleuroxis laevis* Sars, *Rhynchotalona falcate* Sars, *Leydigia leydigi* Leydig, *Peracanthra truncata* Muller, родственные *Simocephalus vetulus* Muller и *Simocephalus serrulatus* Koch, *Kurzia latissima* Kurs из ветвистоусых ракообразных, *Macrocylops fuscus* Jur., *Eucyclops macrurus* Sars, *Eucyclops speratus* Lill из веслоногих. Биомасса полезного кормового планктона в пелагиали озер всегда превышает 1,5 г/м³, а рассчитанные индексы сапробности и коэффициенты устойчивости указывают на высокую степень саморегуляции среды за счет биологического слоя вод. Не менее удивителен и состав фитопланктона, здесь впервые для водоемов ре-

спублики были идентифицированы желто-зеленые *Bumilleriopsis peterseniana* Vischer et Pascher, сине-зеленые *Plectonema Wolle* Farlow, зеленые *Coleochaete sculata* Breb., *Oedogonium rufescens* Wittrock., *Spirogyra daedalea* f. *Daedalea* Lagerh., *Pleurotaenium trabecula* Hass., *Cosmoastrum alternans* var. *Alternans* (Breb.) Pal.-Mordv. В общей сложности идентифицировано 65 видов водорослей, 70% из которых редко встречаемые [13]. Также присутствуют виды, занесенные в Красную книгу РТ: из десмидиевых *Euastrum oblongum* (Grev.) Ralfs., *Euastrum veriformum* Ehrenb, из ностоковых *Nostoc plunifforme* Ag. [14].

Исследования Собакинских озер производятся эпизодически, системный мониторинг отсутствует. С периодичностью в 5–6 лет снимаются морфометрические показатели, строятся батиграфические кривые, проводится анализ на гидрохимический и гидробиологический составы вод и донных отложений. Надо заметить, что в последнее десятилетие динамика морфометрии выполняется с помощью методов дистанционного зондирования Земли. Как уже отмечалось ранее, классического заиления озер не происходит, дно не теряющих подземную подпитку водоемов выстлано мелкодисперсным пелитовым илом. В деградирующих котловинах начинает происходить накопление ила около 1,4 мм в год за счет смываемого в котловины грунта с поверхностным стоком [15].

Следует заметить, что как в связи с естественно-геологическим процессом развития антеклизы, так и с интенсификацией освоения территориального пространства под возведение мостов, дорожных покрытий и коттеджного строительства, а также с влиянием прижимного гравитационного воздействия увеличившегося объема водохранилищных вод, функционирующего в режиме переменного подпора, усугубляющего абразию правобережья Волжского течения и одновременно перекрывающего подрусьловые дислокации вод, обеспеченность стоком в пределах Свяжского бассейна, занимающего 95% территории Предволжья, катастрофически снизилась. В частности, подземное питание сократилось в 5–10 раз. Исчезло 313 притоков второго и третьего порядков течения реки Свяга и ее притоков в пределах Республики Татарстан. Динамика обезвоживания Волго-Камской антеклизы беспрецедентно впечатляет, что отчетливо демонстрируют карты модуля подземного питания бассейна реки Свяга, составлен-

ные по данным периодов наблюдений и расчетов, полученных до создания Куйбышевского водохранилища и после [16].

Характер влияния резервуара Куйбышевского водохранилища на Предволжскую тектонику отличается тем, что давление водных масс на монолитную, фактически лишенную четвертичного осадочного покрытия антеклизу (Вязовские горы в том числе) вследствие пролонгированных внутренних и внешних абразионных процессов перекрывают артезианскую подпитку [17]. Грунтовка распределяется по поверхности более равномерно, а, поскольку врез Свяги неглубокий и вообще не вскрывает водоносных горизонтов, подрусловые процессы основного предволжского бассейна реки Свяга деградируют [18].

В итоге пруды и озера исчезают, скважинная добыча грунтовых вод не оправдывает затрат по причине глубинной передислокации водоносных горизонтов [19]. Однако на фоне общего тренда обезвоживания Собакинские озера остаются неизменными. Эстетика ландшафта и неординарные характеристики Собакинских озер еще в 2015 г. послужили поводом к разработке рекомендаций для включения территории их водосбора в границы нового туристического аттрактора на расширенной особо охраняемой территории, но удаленность от городских центров и большая очередность региональных водных объектов, попадающих в планы благоустройства, в прямом смысле спасают Собакинские озера от антропогенного воздействия, поскольку опыт работ по восстановлению ряда других объектов, таких как озера Лебяжьи или Голубые в черте г. Казань, показывает явно отрицательный результат [20].

Таким образом, любое предпринимаемое изменение геометрии ландшафта водосборов ведет к нарушениям устоявшихся механизмов функционирования экологического каркаса, приводящее к дисбалансу обменных процессов круговорота веществ и энергии. Самое ценное в озерах – это режим их термоклинной саморегуляции и сохранения естественного водного баланса, и любое нарушение механизмов этой функциональности в конечном итоге приведет к деградации водоема. Несмотря на то, что старт работ по сохранению и благоустройству природных водных объектов был первоначально организован в соответствии с законодательными правилами сопровождения проектной документации научными заключениями и рекомендациями в рамках

составления томов ОВОС (Оценка воздействия на окружающую среду) и ООС (Охрана окружающей среды), уже вскоре эта процедура превратилась в номинальную, и к специалистам стали обращаться только в случае реализации неудачных проектов. Наиболее частые ошибки происходят из-за элементарно неверно определенного статуса водоема, когда называют озерами строительные котлованы, дренажные образования и пожарные водоемы, не обладающие свойствами естественных процессов саморегуляции и самоочищения, основанных на физико-химической и биохимической нейтрализации как аллохтонных, так и автохтонных загрязнений. Пренебрежительное отношение к рекомендациям специалистов – биологов и экологов все чаще приводит к исчезновению благоустроенных водоемов и по причине обязательно предусматриваемого проектами изъятия ила, называемого очисткой дна водоемов, лишаящий организм озера элементарной двухфазовой нитрификации с превращением азота в нитратную форму, единственно усваиваемую протоплазмой гидробионтов форму посредством синтеза необходимого количества белковой биомассы. В результате биоценоз погибает, и самоочищение среды сводится к нулю. Другой распространенной ошибкой, связанной с пренебрежением эколого-геологическими и эколого-гидрологическими изысканиями, является механическое углубление дна водоемов, приводящее к прободению водоупорного слоя и последующего обезвоживания поврежденной котловины, как это случилось, например, с озером Черемшан Черемшанского муниципального района Республики Татарстан.

Заключение

Таким образом, территориальная изолированность расположения Собакинских озер, отсутствие гидродинамической связи с грунтовыми водоносными слоями и независимость от речных сетей обеспечивает сегодня естественную сохранность эксклюзивным водным объектам. Однако перспектива пролонгированного гравитационного воздействия на ложе Волжского течения Куйбышевского водохранилища и связанная с ним интенсификация абразионных процессов правобережного высокогорья, сложенного хрупкими карстующимися геологическими породами, предопределяет период существования озер только до начала грозящего уплотнения подмываемого берега.

Список литературы

1. Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Бортникова Н.В., Горбунова Ю.В., Иванов Д.В., Шагидуллин Р.Р., Мингалиева Л.М., Валетдинов А.Р., Шамаев Д.Е. Водные объекты Республики Татарстан. Гидрографический справочник. 2-е изд., перераб. и доп. Казань: Фолиант, 2018. 512 с.
2. Горшкова А.Т., Рыков Р.А., Бортникова Н.В., Семанов Д.А., Горбунова В.П. Генезис озер одноступенчатых ландшафтов речных долин территории республики Татарстан // Успехи современного естествознания. 2024. № 6. С. 50–56. DOI: 10.17513/use.38282.
3. Ступишин А.В. Равнинный карст и закономерности его развития на примере Среднего Поволжья. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1967. 291 с.
4. Мирзоев К.М., Степанов В.П., Гатиятуллин Н.С., Тарасов Е.А., Гатиятуллин Р.Н., Кашуркин П.И., Кожевников В.А. Глубинный карст и современные движения земной поверхности в Татарстане // Георесурсы. 2006. № 1 (18). С. 44–47.
5. Горбунова К.А. Карстоведение. Вопросы типологии и морфологии карста. Пермь: ПГУ, 1985. 88 с.
6. Тодорова А.Й., Дракин М.А. Автоматизированный анализ карстовых явлений с помощью платформы Google Earth Engine // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15, № 5. URL: <https://esj.today/issue-5-2023.html> (дата обращения: 10.09.2024).
7. Гончаров Е.А., Фадеев А.Н., Иванов А.А., Тимофеева М.Ю. Возможности ГИС-технологий для изучения гидрологических характеристик водного объекта и экологических параметров его водосборной площади // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2022. Т. 28, № 2. С. 691–708. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-691-708.
8. Максимович Г.А. Основы карстоведения. Т. 1. Вопросы морфологии, спелеологии и гидрогеологии карста. Пермь: Пермское книжное издательство, 1963. 445 с.
9. Зиганшин И.И., Иванов Д.В. Потенциал развития доступного туризма на особо охраняемых природных территориях Республики Татарстан // Российский журнал прикладной экологии. 2016. № 2 (6). С. 42–47.
10. Иванов Д.В., Зиганшин И.И., Осмелкин Е.В., Хасанов Р.Р. Характеристика процессов илонакопления в Собакинском системе озер // Труды Карельского научного центра РАН. 2016. № 5. С. 53–61. DOI: 10.17076/lim330.
11. Шакирова Ф.М., Анохина О.К. Оценка вклада основных видов рыб Куйбышевского водохранилища в формирование их промысловых запасов // Сурский вестник. 2024. № 1 (26). С. 17–23. DOI: 10.36461/2619-1202_2024_01_003.
12. Шакирова Ф.М., Северов Ю.А., Латыпова В.З. Современный состав чужеродных видов рыб Куйбышевского водохранилища и возможности проникновения новых представителей в экосистему водоема // Российский журнал биологических инвазий. 2015. Т. 8, № 3. С. 77–98.
13. Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Бортникова Н.В., Рыков Р.А. Гидрографическая система Собакинских озер Предволжья Республики Татарстан // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 9–2 (72). С. 47–50. DOI: 10.24412/2500-1000-2022-9-2-47-50.
14. Красная книга Республики Татарстан: животные, растения, грибы. 3-е изд. Казань: Идел-Пресс, 2016. 760 с.
15. Иванов Д.В., Осмелкин Е.В., Зиганшин И.И. Исследование современного и исторического осадконакопления в водоемах Приволжской возвышенности и Низменного Заволжья // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2018. № 9. С. 31–43. DOI: 10.17076/lim844.
16. Гараева Т.В. Природная гидрогеологическая модель Свияжского месторождения подземных вод Республики Татарстан // Разведка и охрана недр. 2014. № 5. С. 40–46.
17. Алексеева Е.И., Арефьева Е.В. Оценка подверженности объектов культурного наследия Республики Татарстан к опасным экзогенным геологическим процессам // Вестник НЦБЖД. 2021. № 3 (49). С. 73–80.
18. Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Бортникова Н.В., Павлова О.В., Каримова А.И. Природные факторы формирования стока на территории Предволжья Республики Татарстан // Российский журнал прикладной экологии. 2015. № 4 (4). С. 16–24.
19. Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Шагидуллин Р.Р., Бортникова Н.В., Валетдинов А.Р., Горбунова Ю.В. Изменение характера интенсивности подземного питания рек Предволжья Республики Татарстан за последние пятьдесят лет // Российский журнал прикладной экологии. 2017. № 3 (11). С. 19–21.
20. Мингазова Н.М. Экологическая реабилитация и восстановление озер: принципы, методы, типовые ошибки и достижения // Озера Евразии: проблемы и пути их решения: Материалы II Международной конференции (Казань, 19–24 мая 2019 г.). Казань: Академия наук Республики Татарстан, 2019. С. 116–120.