

551.464.38:551.352(261.6)

## К ГЕОХИМИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДОННЫХ ОСАДКАХ ЮГО-ЗАПАДНОЙ АТЛАНТИКИ

Л. А. Захаров

Органическое вещество является одним из основных геохимических компонентов донных отложений. Оно играет важную роль в осадкообразовании, оказывает заметное влияние на всю геохимию осадков, во многом обуславливает аутигенное минералообразование. Изучение распределения и состава органического вещества донных осадков представляет большой интерес для органической геохимии, литологии и учения о полезных ископаемых «осадочного происхождения, особенно таких ценных, как нефть и газ» (Вассоевич, 1971).

За последнее время большое внимание уделяется геохимии органического вещества в современных осадках Южной Атлантики. Основные материалы характеризуют особенности накопления органического вещества в районах, прилегающих к Юго-Западной Африке, и его связей с условиями, определяющими повышенную биопродуктивность. Менее изучены в этом отношении районы в западной части Южной Атлантики. Если не считать данных, приводимых К. W. Sogrens (1936) для небольшого количества проб, материалы по содержанию  $C_{орг}$  в осадках отдельных участков шельфа можно найти в работах D. I. G. Nota (1958), Н. М. Вихренко (1966), И. К. Авилова и Л. А. Захарова (1972), Д. Е. Гершановича и др. (1972).

Исследование состава и распределения органического вещества в донных осадках шельфа представляет несомненный интерес как с точки зрения изучения влияния климата на его состав и распределение, так и с точки зрения уточнения мест взаимодействия водных масс различного происхождения и в связи с этим уточнения положения зон повышенной биомассы планктона. В настоящее время мы располагаем некоторыми новыми данными о содержании  $C_{орг}^1$  (рис. 1, 2), которые позволяют более полно судить об основных особенностях распределения его в осадках шельфа. Как известно, районы Южной Атлантики, примыкающие к Южной Америке между  $10^\circ$  с. ш. и  $55^\circ$  ю. ш., охватывают экваториальную, тропическую, умеренную и субантарктическую климатические зоны. Ширина шельфа, составляющего основу этих районов, колеблется от 50—60 миль против дельты Ориноко до 180 миль у устья Амазонки. Между  $1—2$  и  $23^\circ$  ю. ш. ширина шельфа весьма незначительна и составляет в среднем 15—20 миль, южнее она постепенно возрастает до 45—60 миль и на  $37^\circ$  ю. ш. достигает 90 миль. К югу от  $37^\circ$  ю. ш. располагается один из самых обширных шельфов южного полушария — шельф Фолклендско-Патагонского района. Ширина его увеличивается с севера на юг и у Фолклендских островов составляет почти 440 миль.

<sup>1</sup> Анализы по определению концентраций  $C_{орг}$  в донных осадках выполнены в Центральной лаборатории Северо-Кавказского геологического управления (г. Ессентуки).



Основываясь на геоморфологических, климатических, океанологических различиях и особенностях распределения донных осадков, здесь можно выделить 4 района: I — от 10° с. ш. до 1—2° ю. ш., II — от 1—2 до 23° ю. ш.; III — от 23 до 37° ю. ш.; IV — от 37 до 55° ю. ш.

Значительная часть I, IV и отчасти III районов характеризуется преобладанием терригенных песков и алевритов. Терригенные илстые отложения распространены в I, III, IV районах, главным образом на внутренней части шельфа и предустьевых участках крупных рек (Амазонка, Ла-Плата, Ориноко, Эссеквибо). В районе между 1—2 и 23° ю. ш. наблюдается почти полное отсутствие процессов терригенной седиментации, доминируют современные органогенно-обломочные и хемогенные известковые осадки. Биогенные карбонатные осадки встречены также в III и IV (на самом юге) районах.

Широкое распространение терригенных илстых осадков обусловлено тем, что современные реки выносят в океан осадочный материал преимущественно алевритово-пелитовой размерности. Что касается более грубых осадков, встречаемых в I, IV и отчасти III районах, то они связаны с активным гидродинамическим режимом, ослабляющим современную аккумуляцию и, видимо, являются реликтовыми не только на участке к северу от экватора (Emeru, 1968), но и в других (IV и III) районах.

Основными источниками органического вещества в донных осадках служат, как известно, планктонные организмы и материковый сток. Точными данными о выносе органических веществ реками с южноамериканского континента мы не располагаем. Если судить по косвенным признакам, количество их должно быть большим, особенно для рек экваториальной и тропической зон. Однако главное значение для органического вещества в осадках имеют остатки отмершего планктона.

Положение фронтальных зон водных масс различного происхождения и связанных с ними зон повышенной биологической продуктивности зависит от постоянных течений — Гвианского, Бразильского и Фолклендского. Кроме того, заметное влияние, особенно в период дождей, оказывает сток крупных рек (Амазонка, Ла-Плата, Ориноко). Так, влияние стока Амазонки ощущается на расстоянии до 125 км от устья (Gibbs, 1970). Сказываются также приливо-отливные течения, скорость которых в некоторых районах Патагонского шельфа достигает 200 см/с (Захаров, 1970).

Гвианское течение, которое начинается у мыса Сан-Роки и следует на северо-запад параллельно берегу до о-вов Тобаго и Тринидад, отличается высокими скоростями — как на поверхности (до 100 см/с), так и у дна (до 50 см/с). К северу от устья Амазонки воды реки не только контактируют с водами течения, но и проникают в зону материкового склона и абиссальных глубин Гвианской котловины (Gibbs, 1970).

Бразильское течение, направляющееся от мыса Сан-Роки на юго-запад, отличается несколько меньшими скоростями — в среднем немногим более 25 см/с. Основная масса вод этого течения в районе 35—37° ю. ш. отходит от шельфа и на 40—45° ю. ш. поворачивает на восток, сливаясь с течением Западных ветров. Лишь слабая струя бразильских вод, прижимаясь к берегу и постепенно трансформируясь, продолжает идти на юг и иногда прослеживается даже у входа в Магелланов пролив.

Воды Фолклендского течения занимают значительную часть Фолклендско-Патагонского района. Оно начинается в районе мыса Горн и следует на север почти параллельно береговой черте. Основная масса вод этого течения постепенно смещается к внешнему краю шельфа и примерно на 40—45° ю. ш. поворачивает на восток. Меньшая часть вод продолжает движение на север — северо-восток и в районе 35° ю. ш., мористее залива Рио-де-Ла-Плата, встречается с водами Бразильского

течения. Здесь фолклендские воды погружаются на глубину, но продолжают движение в северном направлении, проследиваясь под водами Бразильского течения вплоть до мыса Кабу-Фриу. Об этом, в частности, свидетельствует распространение в донных осадках в районе 23° ю. ш. фораминифер и минералов, присущих исключительно зоне влияния Фолклендского течения (Etchichury, Remigo, 1963).

Для вод экваториальных и тропических районов у побережья Южной Америки характерно большое разнообразие планктонных организмов. В фитопланктоне, как обычно, преобладают диатомовые и сине-зеленые водоросли. Видовой состав планктона вод Фолклендского течения довольно беден. На участках, находящихся под влиянием вод теплого Бразильского течения, встречаются также перидиней и кокколитофориды. Массовое развитие диатомовых и кокколитофорид в летние периоды вызывает местами (в зоне контакта бразильских и фолклендских вод у Аргентины) цветение моря. Фронтальная зона между Бразильским и Фолклендским течениями является границей распространения холодноводных и тропических форм планктона.

Количественное распределение планктона в водах шельфа неравномерно. Высокие биомассы планктона наблюдаются в водах Фолклендского течения (IV район), на стыке теплых и холодных вод (III и IV районы) и в зоне влияния стока крупных рек (I и III районы) (Богоров, Канаева и др., 1968; Viaje de estudio., 1970; Планктон., 1971). Так к северу от устья Амазонки обнаружены участки с биомассой планктона 6 г/м<sup>3</sup> (Viaje de estudio., 1970). Наиболее низкая (100—250 мг/м<sup>3</sup>) биомасса планктона наблюдается в водах шельфа между I и 23° ю. ш. (Планктон., 1971).

Исследования последних лет показали, что содержание органического углерода в донных осадках прилежащих к Южной Америке районов колеблется от следов до 5,17%, составляя в среднем около 1,15% (здесь и далее — на сухой натуральный осадок). Об особенностях распределения органического углерода в зависимости от гранулометрического типа осадков и от района можно судить по данным таблицы, а также по рис. 1, 2.

Распределение  $S_{орг}$  в осадках в основном совпадает с общей картиной распределения биомассы планктона. Повышенные (более 2%) концентрации  $S_{орг}$  проследиваются в зоне воздействия вод Фолклендского течения и на участках, где заметное влияние оказывает сток Амазонки и Ла-Платы. Максимальная (5,17%) концентрация органического углерода обнаружена на участке к северу от залива Рио-де-Ла-Плата, где встречаются воды Фолклендского и Бразильского течений и речные воды, поступающие из залива. Осадки с большим содержанием углерода (до 3,75%) встречены также в районе подъема глубинных вод, обогащенных биогенными соединениями (Авилов, Захаров, 1972). Наиболее бедны органическим углеродом мелководные карбонатные осадки между I и 23° ю. ш. Это вызвано как невысокой биомассой планктона вод Бразильского течения, так и отсутствием или слабостью других источников  $S_{орг}$ .

Положение участков, обогащенных органическим углеродом, зависит от местных особенностей динамики вод. Так, участок, расположенный к северу от экватора, находится в зоне контакта Гвианского течения и речных вод Амазонки, где скорость потока незначительна (Viaje de estudio., 1970). Два южных участка (IV район) располагаются в зоне нахождения квазистационарных меандр Фолклендского течения, где скорости течения также понижены.

Одной из особенностей распределения  $S_{орг}$  в донных отложениях различных водоемов является увеличение содержания его с уменьшением размера частиц, слагающих осадок и с возрастанием содержания

Связь содержания  $S_{орг}$  с гранулометрическими типами осадков

Типы осадков	Количество проб	$S_{орг}$ , % (на натуральный осадок)					Пределы колебаний	Среднее значение
		<0,5	0,5-1,0	1,0-1,5	1,5-2,0	>2,0		
10° с. ш. — 1° ю. ш.								
Терригенные								
Пески . . . . .	10	6	—	1	—	3	0,04—3,35	0,90
Илистые пески . . . . .	4	3	—	—	—	1	0,34—3,35	0,90
Песчанистые илы . . . . .	4	1	2	—	—	1	0,22—2,08	0,92
Илы . . . . .	4	1	—	1	—	2	0,43—2,92	2,05
Глинистые илы . . . . .	2	2	—	—	—	—	0,40—0,89	0,57
Карбонатные								
Слабоизвестковистые . . . . .	4	1	1	2	—	—	0,26—1,34	0,87
Известковистые . . . . .	8	4	3	—	1	—	0,10—1,74	0,57
Известковые . . . . .	1	1	—	—	—	—	0,18	0,18
1° ю. ш. — 23° ю. ш.								
Карбонатные								
Слабоизвестковистые . . . . .	1	—	—	—	1	—	1,51	1,51
Известковистые . . . . .	2	2	—	—	—	—	0,26—0,33	0,30
Известковые . . . . .	5	3	2	—	—	—	0,04—0,58	0,30
23° ю. ш. — 37° ю. ш.								
Терригенные								
Пески . . . . .	15	6	2	2	—	5	0,10—3,51	1,25
Илистые пески . . . . .	2	—	—	—	—	2	3,33—3,75	3,54
Песчанистые илы . . . . .	3	—	—	2	—	1	1,10—5,17	2,52
Илы . . . . .	6	—	—	4	1	1	1,03—2,57	1,45
Глинистые илы . . . . .	1	—	—	—	—	1	3,30	3,30
Карбонатные								
Слабоизвестковистые . . . . .	12	2	3	1	1	5	0,23—2,71	1,58
Известковистые . . . . .	1	1	—	—	—	—	0,15	0,15
Известковые . . . . .	5	3	1	1	—	—	0,29—1,08	0,51
37° ю. ш. — 55° ю. ш.								
Терригенные								
Пески . . . . .	33	6	4	7	6	10	0,18—3,35	1,83
Илистые пески . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
Песчанистые илы . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
Илы . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
Глинистые илы . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
Карбонатные								
Слабоизвестковистые . . . . .	1	1	—	—	—	—	0,05	0,05
Известковистые . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
Известковые . . . . .	2	—	1	1	—	—	0,73—1,30	1,00

пелитовых фракций (Бордовский, 1964; Гершанович и др., 1972). Характерной чертой распределения  $S_{орг}$  в донных осадках шельфа Южной Америки является то, что высокие ( $>2\%$ ) концентрации  $S_{орг}$  обнаружены не только в илистых осадках, но и в терригенных хорошо сортированных ( $S_0=1,5-2,0$ ) песках и алевритах, содержание пелитовых фракций в которых невелико — в среднем немногим более 5% в песках и около 16% в алевритах. Зависимость между концентрацией  $S_{орг}$ , величиной содержания фракций менее 0,01 мм и крупностью частиц, слагающих осадок (рис. 3), не выражена.

Обогащение органическим углеродом сравнительно крупнозернистых отложений шельфа обусловлено как особенностями образования

донных осадков, так и генезисом органического вещества. Как уже указывалось, большая часть поверхности дна в районах I, IV и отчасти III покрыта реликтовыми песчаными отложениями. Благодаря высокой биомассе планктона и особенностям динамики вод на многих участках, расположенных вне зоны влияния стока рек, происходит обо-

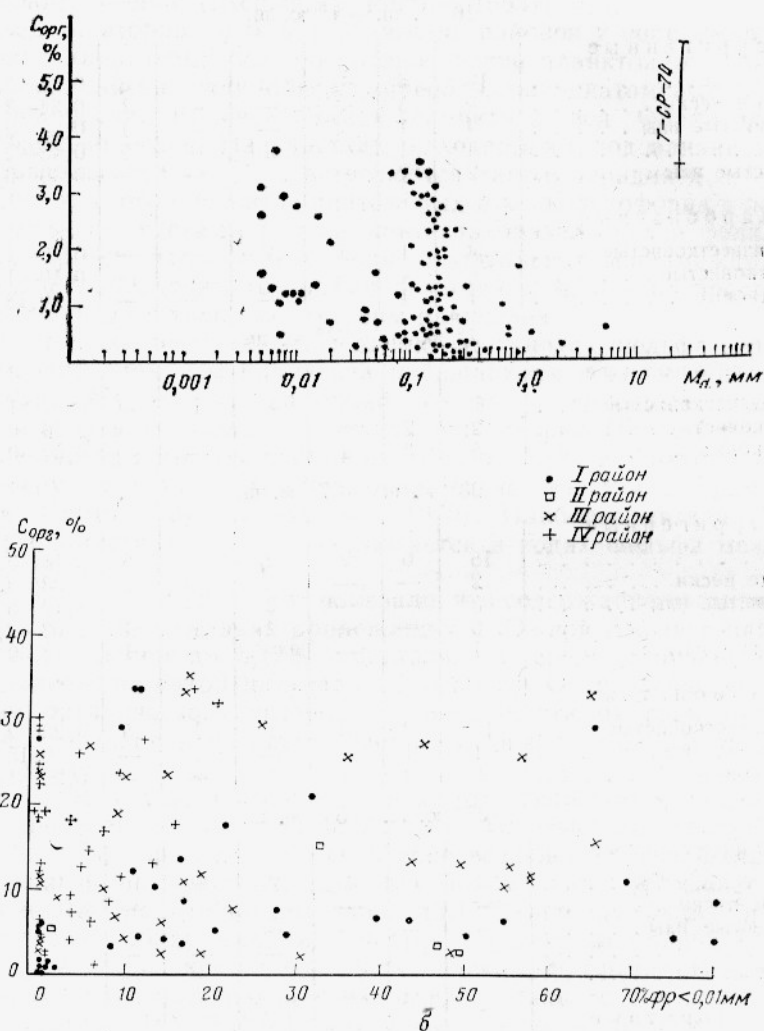


Рис. 3. Концентрация  $C_{орг}$  в зависимости:  
 а — от  $M_d$  осадков шельфа; б — от содержания пелитовых фракций в осадках.

гащение реликтовых осадков современным органическим веществом. Только на участках, подверженных хотя бы периодическому влиянию речных вод, выносящих большое количество илистого материала, органическим веществом обогащены тонкозернистые осадки.

Так как относительно крупнозернистые осадки с высокой концентрацией  $C_{орг}$  обнаружены также в районе Юго-Западной Африки (Сенин, 1970), можно предположить, что подобное явление встречается значительно чаще, чем это считалось до недавнего времени, тем более, что крупнозернистые осадки, унаследованные от более ранних геологических эпох, распространены вдоль континентов довольно широко (Emery, 1968).

## Выводы

1. Распределение органического углерода в осадках районов, прилежащих к Южной Америке, связано с широтной климатической зональностью.

2. Особенности распределения  $C_{орг}$  на отдельных участках зависят от океанологических условий.

3. Основным источником органического углерода в донных осадках является фитопланктон. Органическое вещество, доставляемое речным стоком, сказывается на распределении  $C_{орг}$  лишь на сравнительно небольших предустьевых участках.

4. Благодаря существующим условиям осадконакопления происходит обогащение органическим углеродом не только современных илистых осадков, но и реликтовых отложений. В связи с этим высокие ( $> 2\%$ ) концентрации  $C_{орг}$  обнаружены почти во всех гранулометрических типах осадков — от глинистого ила до песка.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Авилов И. К., Захаров Л. А. Шельф и материковый склон Патагонского района. — «Труды ВНИРО», 1972, т. 75, вып. 1, с. 227—239.

Бордовский О. К. Накопление и преобразование органического вещества в морских осадках. М., «Недра», 1964, 128 с.

Вассоевич Н. Б. Значение изучения органического вещества в современных и ископаемых осадках. — В кн.: Органическое вещество современных и ископаемых осадков. М., 1971, с. 5—12.

Вихренко Н. М. Распределение и состав органического вещества в поверхностном слое осадков Атлантического океана. — В кн.: Химические процессы в морях и океанах. М., 1966, с. 59—65.

Гершанович Д. Е., Авиллов И. К., Зарихин И. П. Донные осадки подводных окраин материков в Южной Атлантике. — «Труды ВНИРО», 1972, т. 75, вып. 1, с. 166—190.

Захаров Л. А., Особенности распределения донных отложений шельфов Уругвая и Аргентины. — В кн.: Атлантический океан. Рыбохозяйственные исследования. Калининград, 1970, вып. 3, с. 188—202.

Марти Ю. Ю., Мартинсен Г. В. Проблемы формирования и использования биологической продукции Атлантического океана. М., «Пищевая промышленность», 1969, 267 с.

Планктон и биологическая продуктивность тропической Атлантики. Киев, «Наукова думка», 1971, 278 с.

Распределение биомассы зоопланктона в поверхностном слое Мирового океана. — «Доклады АН СССР», 1968, т. 182, № 5, с. 1202—1205. Авт.: В. Г. Богоров, М. Е. Виноградов, Н. М. Воронина, И. П. Канаева, И. А. Суетова.

Сенин Ю. М. Об особенностях распределения биогенных компонентов в донных осадках шельфа Северо-Западной Африки. — «Труды АтлантНИРО», 1970, вып. 27, с. 247—263.

Correns K. W. Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse nach Stationen geordnet. Die Sedimente des Äquatorialen Atlantischen oceans. "Meteor" 1925/1927. 1936, Bd. III, T. 3, S. 135—248.

Demerara Coastal Investigation. Report on Siltation of Demerara Bar Channel Coastal Erosion in British Guiana. Hydraulics Laboratory Delft the Netherlands, 1962, 300 p.

Emery K. O. Relict sediments on continental shelves of World. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. 1968, v. 52, N 2, p. 446—461.

Etchichury M. C., Remiro I. R. La Corriente de Malvinas y los Sedimentos Pampeano-Patagonicos. Ciencias Geologicas. 1963, T. 1, N 20, Buenos Aires.

Cibbs R. I. Circulation in the Amazon Estuary and Adjacent Atlantic Ocean. J. Marine Research. 1970, v. 28, N 2.

Nota D. I. G. Sediments of the Western Guiana shelf. Wageningen, Veenmann, 1958, v. 2, 98 p.

Viaje de estudio sobre biología pesquera y oceanografía a bordo del "Academic Knipovich". Crucero en el mar Caribe 21 junio—28 julio 1969. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación № 2888. Roma, 1970. 141 p.

# To geochemistry of organic matter in sediments of the Southwest Atlantic

L. A. Zakharov

## SUMMARY

The content of organic carbon was studied in 120 samples of sediments taken in the Southwest Atlantic from 10° N to 55° S. The main sources of organic matter are plankton and organic particles brought with river runoff. The latter is most pronounced in the Brazil—Guiana area. The concentration of organic carbon varies from traces to 5.17%. A relationship between the distribution of organic carbon in modern sediments and climatic zones as well as hydrological conditions in certain areas is ascertained. Many coarse sediments including relict sediments are enriched with organic matter, which complicates the relation between the granulometry of sediments and content of organic carbon in them.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Авлянов Н. К., Захаров Л. А., Шельф в южноатлантическом секторе Патагонского района — Труды ВНИРО 1972, т. 75, вып. 1, с. 227—239.

Бордавелли О. К. Нависание и преобразование органического вещества в морских осадках. М.: Недра, 1964, 128 с.

Васильев Н. П. Значение изучения органического вещества в современных и ископаемых осадках. — В кн.: Органическое вещество современных и ископаемых осадков. М., 1971, с. 5—12.

Визреник Н. М. Распределение и состав органического вещества в покровном слое осадков Атлантического океана. — В кн.: Химический процесс в море и осадках. М., 1966, с. 50—52.

Гершанович Д. Е., Авлянов Н. К., Звонич Н. П. Новые осадки подводных органических материков в Южной Атлантике. — Труды ВНИРО, 1972, т. 75, вып. 1, с. 166—190.

Захаров Л. А. Особенности распределения донных отложений шельфов Уганды в Атлантике. — В кн.: Атлантический океан. Рыбохозяйственные исследования. Калининград, 1970, вып. 3, с. 152—202.

Мартин Ю. Ю., Мачтиссен Т. Е. Проблемы формирования и сохранения биологической продукции Атлантического океана. М.: Институт проблем развития биологической продукции Атлантического океана, 1971, 207 с.

Планктон и биологическая продуктивность тропической Атлантики. Киев. «Наукова думка», 1974, 278 с.

Распределение биомассы зоопланктона в покровном слое Мирового океана. — Доклады АН СССР, 1968, т. 182, № 5, с. 1202—1205. Авт.: В. Т. Ботопол, М. Е. Винюков, Н. М. Виноград, Н. П. Кавказ, Н. А. Цветов.

Сеня Ю. М. Особенности распределения биогенных компонентов в донных осадках шельфа Западно-Заводной Африки. — Труды Академии Наук СССР, 1970, вып. 27, с. 247—263.

Cottars K. W. Zusammenstellung der Untersuchungsstationen nach Stationen geordnet. Die Sedimente des Atlantischen Ozeans. Meteor, 1923, 1924, 1936, Bd. III, T. 3, S. 135—248.

Demetera Coastal Investigation. Report on Siltation of Demetera Bar Channel. Coastal Erosion in British Guiana. Hydrological Laboratory, Dept. the Netherlands, 1962, 300 p.

Emery K. O. Relict sediments on continental shelves of World. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1968, v. 52, N. 2, p. 446—461.

Eichkury M. G., Ramalho I. R., La Courte de Malvinas y los Sedimentos Pampeano-Patagónicos. Ciencias Geológicas, 1963, T. 1, N. 20, Buenos Aires.

Gibb R. J. Circulation in the Amazon Estuary and Adjacent Atlantic Ocean. I. Marine Research, 1970, v. 28, N. 2.

Nota D. I. GI Sediments of the Western Guiana shelf. Wageningen, Verminaan, 1958, v. 2, 98 p.

Vizje de estudio sobre biología pesquera y oceanografía a bordo del "Académico Krupovich". Cruce en el mar Caribe 21 junio—25 julio 1969. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 1970, 141 p.